



Masterarbeit

Auswirkungen einer Einzelkorn- oder Drillsaat bei Winterweizen und Sommergerste auf ausgewählte Parameter während der Vegetation, die Ausprägung der Ähre und den Ertrag

Name, Vorname:



Studiengang:

Rannenberg, Ina



Agrarmanagement - Master of Business Administration

1. Gutachter:

Prof. Dr. Heiko Scholz

2. Gutachter:

Dr. Michael Schenk

Magdeburg, den 18. Februar 2025

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung.....	1
2 Literatur	2
2.1 Getreideanbau in Deutschland.....	2
2.2 Ertragsbildung bei den Kulturpflanzen	3
2.3 Allgemeine Anforderungen an die Getreideaussaat	5
2.3.1 Bodenbearbeitung und Saatbett	5
2.3.2 Saatgutablage	7
2.3.3 Anforderungen von Winterweizen und Sommergerste	8
2.4 Entwicklung der Aussaattechnik.....	9
2.4.1 Geschichte der Aussaattechnik	9
2.4.2 Allgemeiner Aufbau einer Einzelkornsämaschine	10
2.4.3 Aktueller Stand der Einzelkornsätechnik im Getreide	11
2.4.4 Spezialgebiet Feldversuchswesen	12
2.5 Versuche zur Einzelkornablage bei Getreide	14
3 Zielstellung.....	19
4 Material und Methoden	20
4.1 Versuchsaufbau und -anlage	20
4.2 Pflanzenschutz und Düngung	22
4.3 Wetterdaten	24
4.4 Erhobene Parameter am Bestand	24
4.4.1 Aufgelaufene Pflanzen pro Parzelle (Keimpflanzenzahl)	25
4.4.2 Pflanzenlänge, Bestandesdichte, Bestockungskoeffizient	25
4.4.3 Messungen, Zählungen sowie Berechnungen an den Ähren	25
4.5 Erhobene Parameter am Erntegut.....	27
4.5.1 Ertrag, Feuchte- und Rohproteingehalt und Sedimentationswert	28
4.5.2 Tausendkornmasse	29
4.6 Varianzanalyse	30
5 Ergebnisse.....	31
5.1 Keimpflanzenzahl.....	31
5.2 Pflanzenlänge	32
5.3 Bestandesdichte	33
5.4 Bestockungskoeffizient	34

5.5 Messungen und Zählungen an den Ähren.....	35
5.5.1 Winterweizen	35
5.5.2 Sommergerste	37
5.6 Ährendichte	38
5.7 Ertrag, Feuchte- und Rohproteingehalt und Sedimentationswert	40
5.8 Tausendkornmasse	42
6 Diskussion	44
7 Schlussfolgerung.....	52
8 Zusammenfassung	53
Literaturverzeichnis	VI
Selbstständigkeitserklärung.....	X
Tabellenverzeichnis des Anhangs	XI
Anhang	XII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anbaufläche (links), Durchschnittsertrag (Mitte) und Erntemenge (rechts) für Winterweizen und Sommergerste in den Jahren 2023 und 2024 in Deutschland; (STATISTISCHES BUNDESAMT 2024a, 2024b; BMEL 2024).	2
Abbildung 2: Wachstumskurve von Pflanzen über den Vegetationsverlauf (links); (KAUL et al. 2022). Schema über das Zusammenwirken von Komponenten des Flächenertrags (rechts); (verändert nach (BECKER 2019).	3
Abbildung 3: Schema des idealen Saatbetts für Weizen und Gerste (links); (KAUL et al. 2022). Allgemeiner Aufbau des Saatbetts (rechts); (KÖLLER UND HENSEL 2019).	6
Abbildung 4: Systematiken der Saatverfahren nach Kornverteilung; (KÖLLER UND HENSEL 2019).	7
Abbildung 5: Kornabstände in der Reihe bei Drillsaat (links) und Einzelkornsaat (rechts); (KÖLLER UND HENSEL 2019).	8
Abbildung 6: Drei verschiedene Vereinzlungssysteme: mechanisch (links), mit Unterdruck (Mitte) und mit Überdruck (rechts); (BISCHOFF et al. 2018; KÖLLER UND HENSEL 2019).	11
Abbildung 7: Einzelkornsämaschine „Proceed“ der Firma Väderstad (links); (VÄDERSTAD 2023). Einzelkornsämaschine „Solus“ der Firma Horsch (rechts); (HORSCH 2024).	12
Abbildung 8: Ergebnisse der Keimpflanzenzahl von Roggen (links) und Weizen (rechts) in den Jahren 2013 bis 2015; (VON DER OHE et al. 2016).	17
Abbildung 9: Ergebnisse des Kornertrags von Roggen (links) und Weizen (rechts) in den Jahren 2013 bis 2015; (VON DER OHE et al. 2016).	17
Abbildung 10: Parzellensämaschine für die Drillsaat der Firma Inotec, Arbeitsbreite: 1,35 m (links); (Eigene Aufnahme 2024). Parzellensämaschine für die Einzelkornablage der Firma Haldrup, Arbeitsbreite: 1,35 m (rechts); (Eigene Aufnahme 2024).	21
Abbildung 11: Wetterdaten von November 2023 bis Juli 2024 der Prüfstelle Magdeburg im Vergleich mit langjährig erhobenen Daten; (DWD 2010; Eigene Darstellung 2024).	24
Abbildung 12: Messung der Ährenlänge (oben links), Messung der Spelzenspitzenlänge (oben rechts), Zählung der Stufenzahl (unten) beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).	26
Abbildung 13: Messung der Ährenlänge (oben links), Messung der Grannenlänge (oben rechts), Zählung der Stufenzahl (unten) bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	27
Abbildung 14: Parzellenmähdrescher der Firma Haldrup; Arbeitsbreite: 1,50 m (links), Erntesack wird seitlich am Mähdrescher gesammelt (rechts); (Eigene Aufnahme 2024).	28
Abbildung 15: Erfassung des Ertrags mit einer Waage der Firma Mettler Toledo; (Eigene Aufnahme 2024).	28
Abbildung 16: Erfassung des Feuchtegehalts mit dem Granomaten; (Eigene Aufnahme 2024).	29
Abbildung 17: Kornzählgerät „Contador“ der Firma Pfeuffer (links), Waage der Firma Sartorius zur Ermittlung der TKM (rechts); (Eigene Aufnahme 2024).	29
Abbildung 18: Bestandesdichte [Ähren·m ⁻²] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).	34
Abbildung 19: Bestandesdichte [Ähren·m ⁻²] bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	34
Abbildung 20: Darstellung der Messungen bei der Ährenlänge [mm] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).	36
Abbildung 21: Darstellung der Zählungen bei der Stufenzahl beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).	36
Abbildung 22: Darstellung der Messungen der Ährenlänge [mm] bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	37
Abbildung 23: Darstellung der Zählungen der Stufenzahl bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	38
Abbildung 24: Darstellung der Ährendichte beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).	39
Abbildung 25: Darstellung der Ährendichte bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Optimale Ertragsstrukturen bei Winterweizen und Sommergerste; (KAUL et al. 2022).....	5
Tabelle 2: Einfluss des Saatverfahrens und der Saatstärke auf den Ertrag, die Bestandesdichte, die Ähren pro Pflanze und Körner pro Ähre bei Winterweizen; (ANONYMUS 2017).....	15
Tabelle 3: Einfluss der Saattechnik und Saatstärke auf den Ertrag von Roggen im Mittel der Jahre 2010 bis 2012; (BAUMECKER 2015).	16
Tabelle 4: Ausgewählte Sorten bei Winterweizen (links) und Sommergerste (rechts); (BUNDESSORTENAMT 2024, o.J.).	22
Tabelle 5: Pflanzenschutzmaßnahmen und Düngergabe bei Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).	22
Tabelle 6: Pflanzenschutzmaßnahmen bei Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	23
Tabelle 7: Ergebnisse der Bodenproben bei Winterweizen und Sommergerste (Bodenproben genommen am: 20.02.2024); (Eigene Darstellung 2024).....	23
Tabelle 8: Ermittelte Anzahl an Keimpflanzen bei den Einzelpflanzenparzellen beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).	31
Tabelle 9: Ermittelte Anzahl an Keimpflanzen bei den Einzelpflanzenparzellen bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	32
Tabelle 10: Ergebnisse der Messungen der Pflanzenlänge [cm] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).	32
Tabelle 11: Ergebnisse der Messungen der Pflanzenlänge [cm] bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	33
Tabelle 12: Bestockungskoeffizienten für Einzelpflanzen und Drillparzellen bei Winterweizen und Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	35
Tabelle 13: Ertrag pro Parzelle und Feuchtegehalt beim Winterweizen, Ertrag in dt·ha ⁻¹ auf 14 % Feuchte berechnet; (Eigene Darstellung 2024).	40
Tabelle 14: Rohproteingehalt [% TS] und Sedimentationswert [ml TS] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).	41
Tabelle 15: Ertrag pro Parzelle und Feuchtegehalt bei der Sommergerste, Ertrag in dt·ha ⁻¹ auf 14 % Feuchte berechnet; (Eigene Darstellung 2024).	42
Tabelle 16: Ergebnisse der Tausendkornmasse [g] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024). ...	42
Tabelle 17: Ergebnisse der Tausendkornmasse [g] bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	43

Abkürzungsverzeichnis

A	Qualitätsgruppe A = Qualitätsweizen
B	Qualitätsgruppe B = Brotweizen
C	Qualitätsgruppe C = Futterweizen
C _K	Qualitätsgruppe C _K = Kekswweizen
DS	Drillsaat
E	Qualitätsgruppe E = Eliteweizen
EKS	Einzelkornsaat
k.A.	keine Angabe
Max	Maximum
Min	Minimum
MW	Mittelwert
n	Anzahl
TKM	Tausendkornmasse
TS	Trockensubstanz
s	Standardabweichung

1 Einleitung

Seitdem die Menschen um 10.000 v. Chr. sesshaft geworden sind, sichert der Anbau von Kulturarten ihr Überleben. Der Ackerbau prägt seitdem die Landwirtschaft. Neben der Verwendung als Nahrungsmittel kann die Ernte als Futter für die Nutztiere dienen oder als Rohstoffe weiterverarbeitet werden. Mit zunehmendem Wachstum der Bevölkerung wird die Erzielung von hohen und beständigen Erträgen wichtiger. Die Anfänge des Ackerbaus liegen in etwa vor 7.000 Jahren in Mesopotamien, wo erste ackerbauliche Tätigkeiten zu verzeichnen sind. Zunächst wurde ausschließlich Getreide angebaut. Um 800 n. Chr. wurde mit der Dreifelderwirtschaft ein Ackerbausystem geschaffen, das ungefähr 1.000 Jahre seine Gültigkeit behielt. Auch Ereignisse mit sprunghaftem Bevölkerungswachstum, wie z.B. nach dem dreißigjährigen Krieg, machten schnelle Anpassungen beim Ackerbau notwendig, um Hungersnöte zu vermeiden (KAUL et al. 2022; MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT 2024). Um 1800 wurde der Ackerbau als Wissenschaft erkannt und reformiert. Bedeutende Persönlichkeiten wie Albrecht Daniel Thaer, Carl Philipp Sprengel und Justus von Liebig prägten die Weiterentwicklung des Ackerbaus. Sie legten die Grundlage für das Verständnis der Pflanzenernährung und der Vorgänge im Boden. Zusätzlich zu diesen Grundlagen spielte die Entwicklung der Technik ab Anfang des 19. Jahrhunderts eine große Rolle. Ab Mitte des 20. Jahrhunderts wurden auf diesem Gebiet rasche Fortschritte erzielt, die den Anbau von Kulturarten erleichterten und wirtschaftlicher machten (KAUL et al. 2022).

Heute wird der Anbau auf den Äckern noch unter weiteren Gesichtspunkten betrachtet. Der Klimawandel macht eine Anpassung der Anbausysteme notwendig. Monokulturen können die Fruchtbarkeit der Böden beeinflussen. Krankheiten und Schädlinge können zum Problem werden, da sie sich über die Jahre immer stärker ausbreiten. Die Fruchtfolge und die Bodenbearbeitung haben Einfluss auf die erzielten Erträge. Die Wetterbedingungen mit starken Niederschlagsereignissen oder langanhaltenden Trockenphasen machen ein Umdenken in der Landwirtschaft notwendig, um die Ernte auch in schwierigen Phasen zu sichern. Auch politische Vorgaben wirken auf die Landwirtschaft ein.

Mit neuen Ideen beim Anbau von Kulturarten kann sowohl meteorologischen Ereignissen als auch politischen Restriktionen begegnet werden. Seit Jahren wird am Anbau von Getreide in Einzelkornsaat anstatt in der praxisüblichen Drillsaat geforscht. Vor allem die Entwicklung von Maschinen, die in der Praxis eingesetzt werden können, eine gute Ablage liefern und eine ausreichende Flächenleistung bringen, stellt eine große Herausforderung dar. Die Hoffnung bei der Einzelkornsaat von Getreide auf einen gesünderen Bestand, einen geringeren Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln bei einem gleichzeitig hohen Ertrag könnte politische Ziele erfüllen und eine Reaktion auf den Klimawandel darstellen.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Einzelkornsaat bei Getreide. Dazu wurden beim Bundessortenamt in Magdeburg Parzellen in Einzelkornsaat und Drillsaat angelegt, Parameter erfasst und die Parzellen geerntet. Es wurde Winterweizen und Sommergerste angebaut, an denen die Erfassungen vollzogen werden, um Einzelkornablage und Drillsaat miteinander zu vergleichen.

2 Literatur

2.1 Getreideanbau in Deutschland

Die landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland beträgt 16,6 Mio. ha und nimmt seit Jahren kontinuierlich ab. Davon werden 11,7 Mio. ha als Ackerland genutzt (STATISTISCHES BUNDESAMT 2024a). Von diesem Ackerland wurden für das Erntejahr 2024 2,6 Mio. ha für den Anbau von Winterweizen verwendet (siehe Abbildung 1). Dieses entsprach einem Rückgang von 8,3 % im Vergleich zum Erntejahr 2023 (STATISTISCHES BUNDESAMT 2024b). Aus den Bedingungen im Herbst 2023 kann dieser Rückgang erklärt werden. Die hohen Herbstniederschläge erschwerte auf vielen Flächen eine Aussaat von Wintergetreide ab Oktober 2023, machte sie sogar teilweise unmöglich. Hinzu kamen Umbrüche, Neu- und Nachsaaten aufgrund von mangelhaftem Aufgang. Dieses erklärt auch den gleichzeitigen Zuwachs der Anbaufläche von Sommergetreide (BMEL 2024). Für Sommergerste erhöhte sich die Anbaufläche um 13 % im Vergleich zu 2023 und ergab insgesamt 363.000 ha für das Erntejahr 2024 (siehe Abbildung 1) (STATISTISCHES BUNDESAMT 2024b).

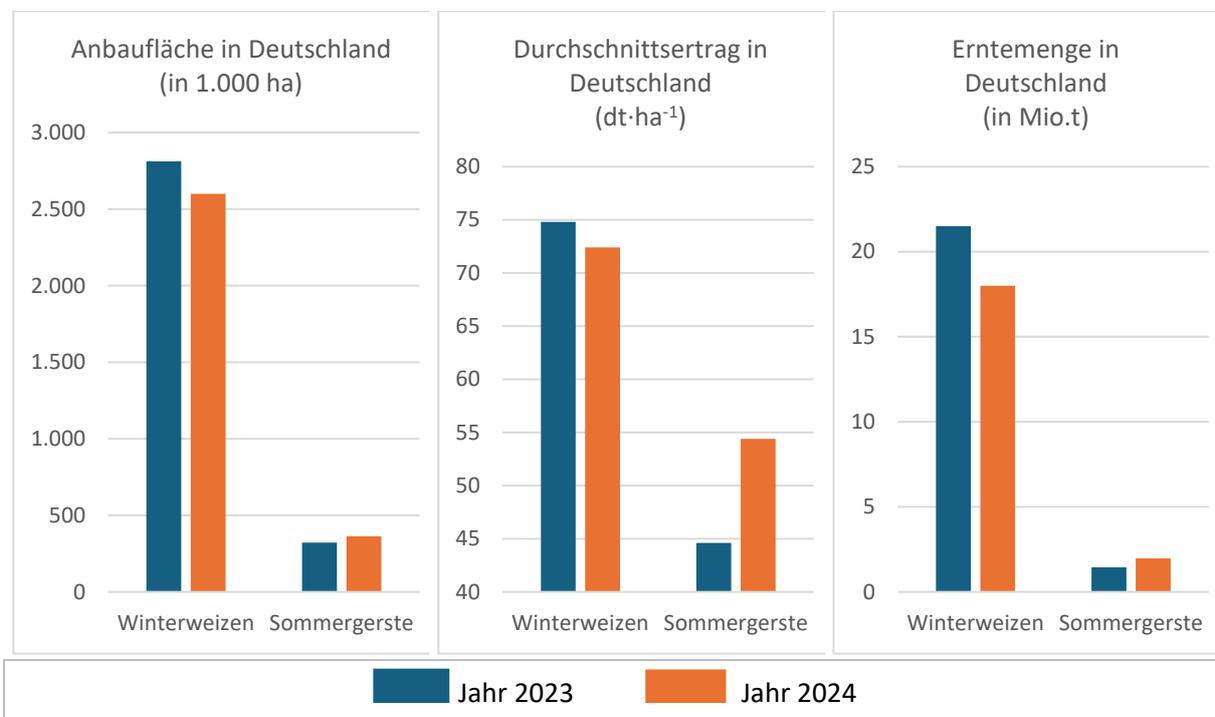


Abbildung 1: Anbaufläche (links), Durchschnittsertrag (Mitte) und Erntemenge (rechts) für Winterweizen und Sommergerste in den Jahren 2023 und 2024 in Deutschland; (STATISTISCHES BUNDESAMT 2024a, 2024b; BMEL 2024).

Die Erträge für 2024 wurden für Winterweizen im Durchschnitt mit 72,4 dt·ha⁻¹ angegeben. Dieses entsprach einem Rückgang von 3,4 % im Vergleich zum Erntejahr 2023. Insgesamt wurden somit 18 Mio. t Winterweizen in Deutschland geerntet (siehe Abbildung 1). Die Qualitäten zeigten einen Rohproteingehalt von durchschnittlich 11,5 % und einen Sedimentationswert von 37 ml. Damit lag zumindest der Rohproteingehalt unter den Ergebnissen von 2023. Für die Sommergerste ergaben sich im Mittel 54,4 dt·ha⁻¹, was einem Anstieg von 23,6 % im Vergleich zu 2023 entsprach. Damit wurden 2024 1,97 Mio. t Sommergerste geerntet, etwa ein Drittel mehr als 2023 (siehe Abbildung 1). Die höheren absoluten Erntemengen spiegeln die Änderungen bei der Anbaufläche wider (BMEL 2024).

2.2 Ertragsbildung bei den Kulturpflanzen

Die Produktionsleistung eines Pflanzenbestandes besteht in der Speicherung der Sonnenenergie in organischen Verbindungen und der Verwendung dieser für Stoffwechselprozesse in der Pflanze. Die Ertragsbildung bei Kulturpflanzen wird durch die Anlage bestimmter Pflanzenorgane verwirklicht, die im Vegetationsverlauf entwickelt und deren Wachstum gefördert werden. Bei den Kulturarten, deren Ertrag aus der Bildung von Körnern besteht, werden in diesen Pflanzenorganen Kohlenhydrate und Proteine eingelagert. Das Wurzelsystem und die Blattfläche sind dabei wichtig, um die Ertragsziele zu erreichen (KAUL et al. 2022).

Das Wachstum der Pflanze wird als irreversible Substanzzunahme der ganzen Pflanze bzw. ihrer einzelnen Organe bezeichnet. Dieser Verlauf von der Keimung bis zur Reifung stellt sich in einer s-förmigen Kurve dar (siehe Abbildung 2). Die Trockensubstanz nimmt mit der Vegetationszeit zu. Zu Beginn ist diese Zunahme begrenzt, da zuerst die Gewebe und Organe der Pflanze entwickelt und das Wachstum gefördert werden müssen. Zum Ende ist der Aufbau der Trockensubstanz bis zur abschließenden Reife stark zunehmend. Diese Trockenmasse zeigt sich dabei vor allem in den Ertragsorganen, z.B. den Körnern (KAUL et al. 2022).

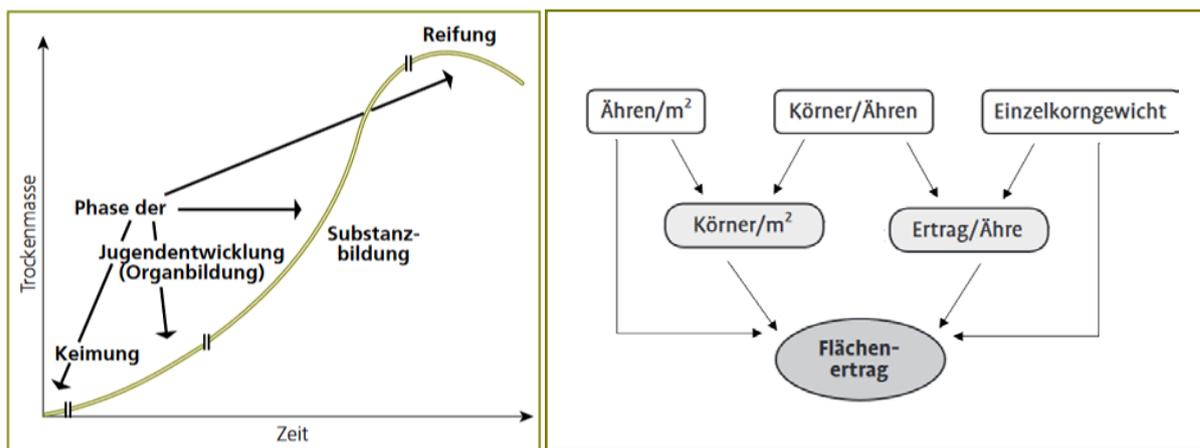


Abbildung 2: Wachstumskurve von Pflanzen über den Vegetationsverlauf (links); (KAUL et al. 2022). Schema über das Zusammenwirken von Komponenten des Flächenertrags (rechts); (verändert nach BECKER 2019).

Das Wurzelsystem als unterirdisches Organ ist für die Wasseraufnahme und Nährstoffaneignung verantwortlich und kann nur bei einer guten Ausbildung dabei helfen das volle Ertragspotenzial der Pflanze auszuschöpfen. Die Effizienz des Wurzelsystems ist abhängig von der gleichmäßigen Verteilung der Wurzeln im Bodenraum und der Dichte der Durchwurzelung. Tiefreichende Wurzeln versorgen die Pflanzen vor allem während Trockenphasen mit ausreichend Wasser. Die Wurzelhaaroberfläche beeinflusst maßgeblich das Nährstoffanreicherungsvermögen. Je größer diese ist, desto besser kann die Pflanze Nährstoffe aufnehmen (KAUL et al. 2022).

Die oberirdischen Organe stellen durch die Photosynthese die Energieversorgung der Pflanze für ihre Stoffwechselprozesse sicher. Dieses geschieht durch die Absorption von Strahlungsenergie und Festlegung dieser in einer chemischen Bindung (NULTSCH 2001). Der Kulturpflanzenbestand hat dabei eine geringe Nutzungseffizienz des auftreffenden Lichts. Die Gesamtstrahlung wird zu ca. 2 % durch die Photosynthese absorbiert. Die Photosyntheseleistung im Bestand unterliegt komplexen Zusammenhängen. Es treten zahlreiche Wechselwirkungen auf. Dabei spielen die Überdeckung von

Blattflächen, der vertikale Aufbau des Blattapparates der Pflanze, das physiologische Alter der Blätter, die Lichtintensität, die den einzelnen Blättern zur Verfügung steht und die Kohlenstoffdioxidkonzentration der Umgebungsluft eine Rolle (KAUL et al. 2022). Bei begrannten Sorten kann auch in den Grannen durch das eingelagerte Chlorophyll Photosynthese betrieben werden (SANCHEZ-BRAGADO et al. 2023).

Wachstumsfaktoren unterliegen einer Limitierung. Konkurrenzeffekte innerhalb eines Bestandes entstehen mit zunehmender Pflanzenentwicklung und -wachstum. Dabei wirken vor allem die Faktoren Wasser, Nährstoffe und Licht schnell begrenzend für das Wachstum der Pflanzen. Im Keimpflanzenstadium besteht keine Konkurrenz, die gebildete Trockenmasse ist abhängig von der Anzahl der Pflanzen auf der Fläche. Während des weiteren Wachstums nimmt die intraspezifische Konkurrenz zu und die je Flächeneinheit gebildete Trockenmasse wird unabhängig von der Pflanzenanzahl. Bei vollkommener Konkurrenz ist die Trockenmassebildung ausgeschöpft und nimmt bis zur Ernte nicht weiter zu. Durch pflanzenbauliche Maßnahmen sollten die Konkurrenzverhältnisse im Bestand so gestaltet werden, dass die für den Ertrag zuständigen Komponenten in ihrer Ausbildung gefördert werden (KAUL et al. 2022).

Die Ertragsbildung hängt unter anderem von den genetischen Informationen in der Pflanze ab und kann somit züchterisch bearbeitet werden. Nach BECKER (2019) setzt sich der Flächenertrag bei Getreide aus den Ertragskomponenten Ähren pro m², Körner pro Ähre und Gewicht pro Korn zusammen (siehe Abbildung 2). Züchterisch kann auf diese einzelnen Ertragskomponenten selektiert werden, um letztendlich das Merkmal Ertrag zu bearbeiten (BECKER 2019). Obwohl Weizen und Gerste beides Getreidearten sind, gibt es genetisch bei der Festlegung der Ährenlänge bzw. Stufenzahl entscheidende Unterschiede. Während bei der Gerste das Apikalmeristem an der Ährenspitze über die gesamte Vegetation hinweg teilungsfähig bleibt, bildet sich beim Weizen ein endständiges Ährchen aus. Damit ist die Ährenlänge beim Weizen früh festgelegt und kann nicht mehr geändert werden (ZHONG et al. 2021).

Die optimalen Ertragsstrukturen für Winterweizen und Sommergerste sind in Tabelle 1 dargestellt. Diese Angaben sind abhängig von Standort, Sortentyp und Ertragszielen (KAUL et al. 2022). Zu den unterschiedlichen Sortentypen beim Winterweizen gehört z.B. der Einzelährentyp. Diese Sorten generieren den Ertrag durch eine hohe Kornzahl und eine hohe Tausendkornmasse. Der Haupthalm wird dabei bevorzugt mit Wasser und Nährstoffen versorgt. Beim Bestandestyp wird der Ertrag hauptsächlich durch eine hohe Bestandesdichte hervorgebracht. Der Kompensationstyp kann ein unterentwickeltes Merkmal durch ein anderes, besser entwickeltes ausgleichen. So können z.B. niedrige Bestandesdichten durch besser ausgebildete Ähren kompensiert werden. Der Korndichtetyp zielt auf die Ernte von möglichst vielen Körnern pro m² ab. Das kann zum einen durch eine hohe Kornzahl pro Ähre, zum anderen durch hohe Bestandesdichten erreicht werden (ANONYMUS 2015). Die Sorten bei der Sommergerste haben einen ähnlichen Ertragsaufbau mit hohen Bestandesdichten, einer mittleren Kornzahl pro Ähre und mittleren Tausendkornmassen. Sortentypen lassen sich nicht differenzieren (ROSCHER 2021).

Tabelle 1: Optimale Ertragsstrukturen bei Winterweizen und Sommergerste; (KAUL et al. 2022)

Parameter	Winterweizen	Sommergerste
Keimpflanzen·m ⁻²	200 – 500	320
Ähren·m ⁻²	350 – 700	700 – 1.000
Körner·Ähre ⁻¹	24 – 42	15 – 22
Tausendkornmasse [g]	40 – 50	45 – 55

Die Ertragskomponenten unterliegen zusätzlich Umwelteinflüssen, die die Ausschöpfung des vollen Ertragspotenzials begrenzen können (KAUL et al. 2022). Dabei werden die einzelnen Komponenten durch Witterungseinflüsse zu unterschiedlichen Zeitpunkten während der Vegetationszeit beeinflusst. So kann im Mai durch starke Hitze während der Blüte die Kornzahl pro Ähre reduziert werden. Im Juni bzw. Juli kann es Auswirkungen auf die Ährendichte und die Tausendkornmasse geben, wenn z.B. Niederschläge während der Kornfüllungsphase auftreten (CHMIELEWSKI UND KÖHN 1999; SABIR et al. 2023). Nach CHMIELEWSKI UND KÖHN (1999) werden bis zu 60 % der Ertragsvariabilität durch die Witterung beeinflusst.

2.3 Allgemeine Anforderungen an die Getreideaussaat

Die Vorbereitungen für die Aussaat von Getreide legen den Grundstein für die Erzielung eines hohen Ertrags. Ein optimal vorbereiteter Acker fördert das schnelle Auflaufen der Pflanzen und begünstigt das Wachstum über die Vegetationszeit. Die Ablage des Saatguts hat einen Einfluss auf die anschließende Entwicklung der einzelnen Pflanzen. Dabei werden verschiedene Verfahren der Kornverteilung unterschieden, die Vor- und Nachteile für die Pflanzenentwicklung bieten. Außerdem stellt auch jede Kulturart andere Ansprüche an den Standort, die Ablagetiefe und die Aussaatmenge. Diese Anforderungen müssen berücksichtigt werden, um einen hohen Ertrag mit guter Qualität zu erzeugen.

2.3.1 Bodenbearbeitung und Saatbett

Die Bodenbearbeitung definieren KÖLLER UND HENSEL (2019) als „Folge aufeinander abgestimmter mechanischer Eingriffe in den Bodenhorizont“. Dadurch werden für die künftigen Kulturpflanzen, die auf diesem Boden wachsen sollen, optimale Bedingungen geschaffen, um sich entwickeln zu können. Ziele dieser Bearbeitung sind die Erhaltung und Verbesserung des Bodens, die Erzeugung günstiger Keimungs- und Wachstumsbedingungen für die Pflanze und die Kontrolle von unerwünschter Vegetation auf der Fläche (BISCHOFF et al. 2018; KÖLLER UND HENSEL 2019). Der Aufwand einer Bodenbearbeitung soll dabei so gering wie möglich sein und Überfahrten sollen eingespart werden. Dabei ist immer auch die Beschaffenheit des Bodens zu berücksichtigen (KÖLLER UND HENSEL 2019). Die physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Bodens müssen langfristig in einem Bereich gehalten werden, dass sie förderlich für den Pflanzenbau sind. Sie müssen bei der Bearbeitung berücksichtigt werden (BISCHOFF et al. 2018). Die Korngrößenzusammensetzung des Bodens kann diese Eigenschaften beeinflussen. Ein Boden mit hohem Sandanteil weist eine gute Wasserführung auf, da Wasser schnell nach unten abfließen kann. Dadurch hat er aber auch ein geringes Wasserhaltungsvermögen in den oberen Schichten. Die Sorptionsfähigkeit von Nährstoffen ist eingeschränkt, der Boden kann aber gut durchwurzelt werden. Eine Befahrbarkeit ist auch nach stärkeren Niederschlägen in der Regel zeitnah möglich, was die Bearbeitung erleichtert. Im Gegensatz dazu steht ein Boden mit hohem Tonanteil. Wasser kann schlecht abgeleitet werden, wird gut im Boden gehalten. Die Befahrbarkeit ist dadurch nur erschwert möglich. Dieser Boden hat ein hohes Sorptionsvermögen, allerdings können die Pflanzen ihn schlecht durchwurzeln. Eine Bearbeitung ist oft erschwert (KÖLLER UND HENSEL 2019). Hinzu kommt, dass die Bodenbearbeitung immer ein Eingriff

ins Bodensystem mit sich bringt und daher immer auch negative Folgen haben kann, wie Bodenverdichtungen, -erosion oder Nährstoffverlagerungen (KAUL et al. 2022).

Die Grundbodenbearbeitung als Vorbereitung auf die eigentliche Saatbettbereitung soll die Ackerkrume in 20 bis 30 cm Tiefe auflockern und mögliche Verdichtungen beseitigen. Je nach Boden- und Klimabedingungen und der Fruchtfolge sollte die Art und Intensität der Bodenbearbeitung angepasst werden. Unterschieden wird in vier grundsätzliche Systeme, wie die Grundbodenbearbeitung durchgeführt werden kann. Die wendende Lockerung wird mit dem Pflug durchgeführt. Der Grubber wird bei der mischenden Lockerung benutzt. Außerdem gibt es die nicht wendende Lockerung mit dem Schichtengrubber und die Direktsaat ohne Bearbeitung. Die Grundbodenbearbeitung kann auch in Kombination mit der Saatbettbereitung durchgeführt werden (KÖLLER UND HENSEL 2019).

Die Saatbettbereitung ist der nachfolgende Arbeitsschritt und soll ein optimales Saatbett vorbereiten. Ziel ist es eine gleichmäßige Ablage des Saatguts sicherzustellen und die Keimung und das Auflaufen der Saat zu unterstützen. Dafür ist es notwendig die Keimwasser- und Sauerstoffversorgung sowie die Bodenerwärmung zu begünstigen (BISCHOFF et al. 2018). Das ideale Saatbett ist in Abbildung 3 dargestellt. Die lockere Oberschicht besteht aus Feinboden, der die Einbettung des Saatguts ermöglicht und beinhaltet gröbere Aggregate für Wasserinfiltration und Gasaustausch (ALSING 2014). Wichtig ist, dass die Keimwurzel Wasser und Nährstoffe erschließen und der Keimling die Bodenoberfläche, ohne auf Verkrustungen zu stoßen, durchbrechen kann (KAUL et al. 2022). Darunter befindet sich ein feines Aggregatgemisch, das rückverfestigt ist. Dieses bietet den Bodenkontakt für das Saatgut, um eine rasche Keimung zu gewährleisten. Unter diesen beiden Schichten kommt die unbearbeitete Ackerkrume, die den Aufstieg von Bodenwasser über das Kapillarsystem ermöglichen soll, sodass immer Wasser in die oberen Bodenschichten nachgeliefert werden kann (ALSING 2014; KÖLLER UND HENSEL 2019; KAUL et al. 2022).

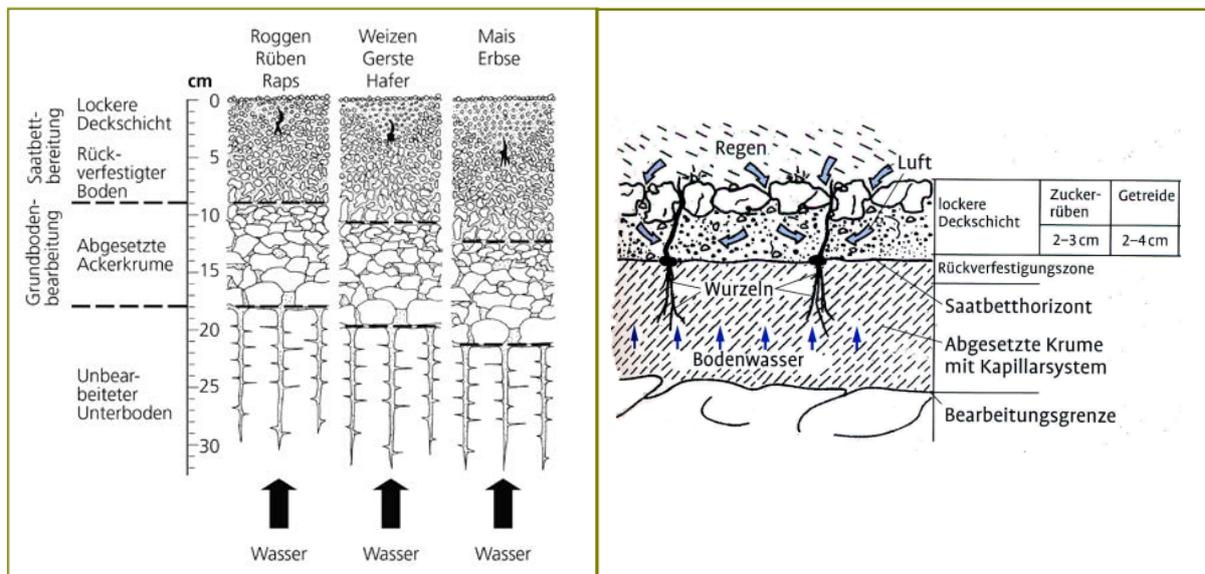


Abbildung 3: Schema des idealen Saatbetts für Weizen und Gerste (links); (KAUL et al. 2022). Allgemeiner Aufbau des Saatbetts (rechts); (KÖLLER UND HENSEL 2019).

2.3.2 Saatgutablage

Die Ablage des Saatguts erfolgt nach KAUL et al. (2022) in drei Dimensionen. Neben der Saattiefe benennt er die Verteilung des Saatguts auf der Ablagefläche, d.h. in der Reihe sowie in Bezug zu den Nachbarreihen, als wesentliches Argument für eine gelungene Aussaat.

Die Tiefenablage sollte möglichst gleichmäßig erfolgen, um allen Pflanzen günstige und gleiche Wachstumsbedingungen zu bieten. Unterschiede, die schon durch die Saattiefe entstanden sind, können während der Vegetation noch größer werden. Die Tiefe ist so zu wählen, dass das Saatkorn Kontakt zum Bodenwasser bekommt, damit eine rasche Keimung gewährleistet werden kann. Da, je nach Boden und Bedingungen, das Wasser unterschiedlich verfügbar ist, sollte die Tiefe den Bedingungen angepasst werden (KAUL et al. 2022). Für Getreide gilt eine Ablagetiefe von 2 bis 3 bzw. 2 bis 4 cm als optimal (siehe Abbildung 3 und Kapitel 2.3.3).

Die Verteilung des Saatguts auf der Fläche wird durch das Saatverfahren bestimmt (KAUL et al. 2022). Die Streifensaart kann in Drill- und Bandsaat unterteilt werden. Außerdem gibt es die Breit- und Einzelkornsaat. Alle diese Saatverfahren sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Breitsaat findet vor allem bei der Kombination von Aussaat und Bodenbearbeitung Anwendung. Das Saatgut wird gleichmäßig auf der Fläche verteilt. Dafür kann das Saatgut entweder mit der Sämaschine in den Bearbeitungshorizont eingebracht oder in ein rotierendes Bearbeitungsgerät eingemischt werden. Nachteil dieses Verfahrens ist die ungleichmäßige Tiefenablage. Der Saatgutaufwand ist zudem hoch und die Bestandesführung wird wegen fehlender Fahrgassen erschwert. Aus diesem Grund hat sie in der Praxis nur eine untergeordnete Bedeutung (KÖLLER UND HENSEL 2019; KAUL et al. 2022).

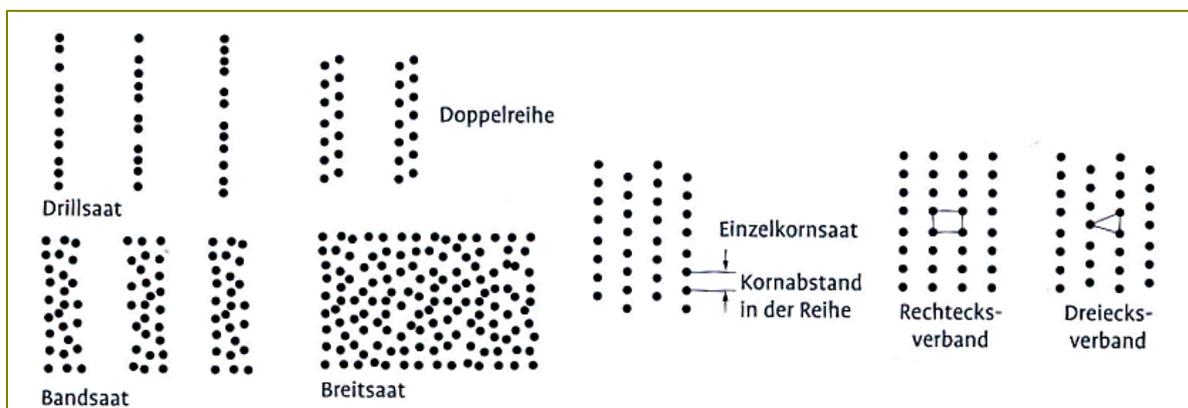


Abbildung 4: Systematiken der Saatverfahren nach Kornverteilung; (KÖLLER UND HENSEL 2019).

Die Bandsaat verteilt das Saatgut in Streifen mit einer Breite von 4 bis 8 cm. Dahingegen ist bei der Drillsaat die Furchenbreite deutlich geringer (KÖLLER UND HENSEL 2019). Die Drillsaat ist das in der Praxis am häufigsten angewandte Verfahren. Bei diesen beiden Verfahren der Streifensaart wird die Kapillarität durch Andrücken des Saatguts erzeugt. Durch den lockeren Boden auf den Reihen kann die Verdunstung an der Bodenoberfläche minimiert werden. Die Tiefenführung ist sehr gleichmäßig und durch die Anlage von Fahrgassen kann eine Bestandesführung während der Vegetation optimal umgesetzt werden (KAUL et al. 2022). Bei der Streifensaart werden die Körner zufällig in Längsrichtung der Reihen verteilt. Die Verteilung ist anhand einer Exponentialkurve in Abbildung 5 grafisch dargestellt. Der Anteil an Körnern, die einen kleinen Kornabstand haben, ist höher. Der Variationskoeffizient liegt bei 90 bis 120 % (KÖLLER UND HENSEL 2019).

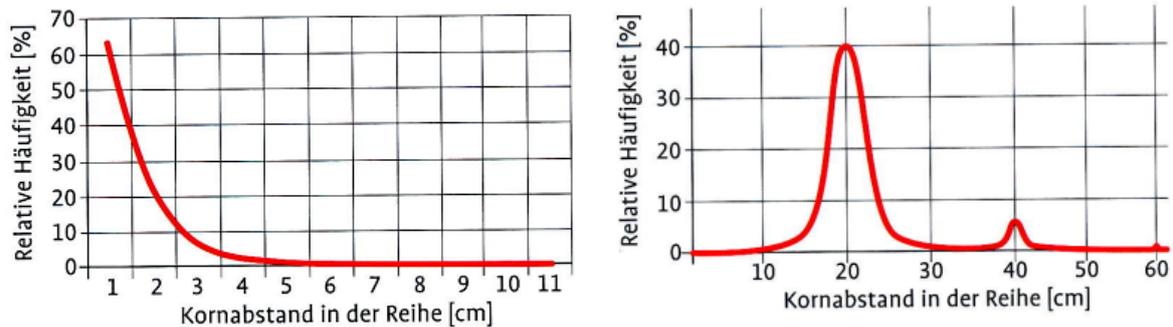


Abbildung 5: Kornabstände in der Reihe bei Drillsaat (links) und Einzelkornsaat (rechts); (KÖLLER UND HENSEL 2019).

Das optimale und anzustrebende Aussaatmuster zeichnet sich durch gleichmäßige Abstände zwischen den Pflanzen aus (KOTTMANN et al. 2019). Bei dieser sogenannten Gleichstandsaat werden die Körner sowohl in einem bestimmten Abstand in der Reihe abgelegt als auch mit gleichem Abstand zu den Körnern in den benachbarten Reihen. Die Pflanzen haben so in alle Richtungen den gleichen Abstand (DEMMELE et al. 2000). In Abbildung 4 ist dieses als Rechteck- oder Dreieckverband dargestellt. Diese bessere Standraumaussnutzung der einzelnen Pflanze reduziert die intraspezifische Konkurrenz und kann Vorteile für die Erträge bringen. Die Ressourcennutzung ist verbessert, das Unkrautunterdrückungsvermögen ist erhöht und Stress im Bestand wird gesenkt. Die Gleichstandsaat kann bis heute technisch nicht umgesetzt werden (KOTTMANN et al. 2019).

Die Einzelkornsaat kommt mit ihrer gleichmäßigeren Verteilung der Körner im Vergleich zur Drillsaat der Gleichstandsaat am nächsten (KOTTMANN et al. 2019). Dabei werden die Körner mit einem definierten Abstand in die Reihe gelegt. Daraus ergeben sich normalverteilte Kornabstände wie die Abbildung 5 darstellt. Es zeigt sich eine Kurve, die einen höheren Pik bei 20 cm aufweist, welches im vorliegenden Fall der definierte Kornabstand ist. Der zweite kleinere Pik ergibt sich beim doppelten Kornabstand durch eventuelle Fehlstellen bei der Aussaat (KÖLLER UND HENSEL 2019). Bei einigen Kulturarten ist dieses Saatverfahren bereits Standard, z.B. bei Zuckerrüben. Voraussetzung für dieses Saatverfahren ist gleichmäßiges Saatgut, um eine exakte Ablage zu ermöglichen. Aufgrund der Pillierung bei Zuckerrüben ist das Saatgut sehr gleichmäßig und kann durch das Verfahren genau ausgebracht werden. Je mehr Standraum die einzelne Pflanze zur Verfügung hat, desto besser kann der Bestand einen hohen Ertrag generieren. Grund dafür ist die geringere Konkurrenz um Wasser, Licht und Nährstoffe (KAUL et al. 2022).

2.3.3 Anforderungen von Winterweizen und Sommergerste

Der Winterweizen stellt hohe Ansprüche an den Standort. Neben einem ausgeglichenen Wasser- und Lufthaushalt benötigt der Weizen auch einen Boden, der eine hohe Nährstoffnachlieferung gewährleisten kann (FARACK et al. 2011; KAUL et al. 2022). Die Vegetationszeit ist im Gegensatz zu Sommerkulturen lang (FARACK et al. 2011). Winterweizen hat die geringsten Ansprüche an die Aussaatzeit. Idealerweise sollte die Aussaat im September oder Oktober erfolgen. Eine frühe Aussaat kann Krankheiten im Bestand fördern, eine späte Aussaat verhindert eine optimale Bestockung der Pflanzen (FARACK et al. 2011; AGRARHEUTE 2016; KAUL et al. 2022). Winterweizen kann auch mit schlechten Aussaatbedingungen wie grobem Boden, Staunässe und ungleichmäßiger Ablage gute Erträge liefern (KAUL et al. 2022). In der Literatur wird die Aussaattiefe mit 2 bis 3 cm angegeben (AGRARHEUTE 2016; KAUL et al. 2022), bei GUDDAT et al. (2015) und STEPHAN (o.J.) wird die Ablage sogar mit bis zu 4 cm bemessen. Die Saatmenge kann je nach Standort, Sorte und Aussaatzeit variieren

und wird zwischen 220 bis 500 Körnern pro m² beschrieben (STEPHAN o.J.; KAUL et al. 2022). Die Frosthärte beträgt zwischen -15 °C und -20 °C. Wachstumsbeginn ist im Frühjahr bei 5 °C bis 6 °C. Während der Schossphase benötigt der Weizen vor allem Wasser, da dann die Hauptwachstumszeit ist. Plötzlicher Kälteeintritt während der Blüte kann zu partieller Sterilität führen und damit den Kornansatz negativ beeinflussen. Während der Reife sind hohe Temperaturen und Trockenheit von Vorteil, damit die Ernte bei optimalen Bedingungen stattfinden kann. Die Stickstoffdüngung kann die Ertragskomponenten und die Qualität der Ernte beeinflussen. Während der Bestockungsphase fördert Stickstoff diese, die Ährenbildung der Nebentriebe und die Anlage der Ährchen werden begünstigt. Stickstoff während der Schossphase verhindert die Reduktion der Triebe, Ährchen und Blüten und fördert die Fertilität. Die Spätgabe zum Ährenschieben kann ebenfalls positiv auf die Fertilität wirken und beeinflusst die Kornmasse und den Rohproteingehalt (KAUL et al. 2022).

Bei der Sommergerste unterliegt der Ertrag starken Jahresschwankungen. Sommergerste zeichnet sich durch eine höhere Trockenheitstoleranz im Vergleich zu Weizen aus (KAUL et al. 2022). Auch die Standortansprüche sind geringer als beim Weizen (FARACK et al. 2011; AGRARHEUTE 2017). Für die Produktion von Braugerste wird ein Boden mit geringer Stickstoffnachlieferung und kontinuierlicher Wasserführung bevorzugt, um die benötigte Qualität erreichen zu können (FARACK et al. 2011; AGRARHEUTE 2017; KAUL et al. 2022). Je Spindelstufe wird bei der zweizeiligen Sommergerste nur ein Korn ausgebildet, die äußeren Ährchenansätze sind steril (KAUL et al. 2022). Laut Literatur sollte die Aussaat der Sommergerste so früh wie möglich erfolgen, im günstigsten Fall Ende Februar (AGRARHEUTE 2017; KAUL et al. 2022). Die kurze Vegetationszeit von 110 bis 130 Tagen sollte optimal ausgenutzt werden. Eine möglichst frühe Aussaat fördert bei Braugerste den Ertrag sowie die Qualität (FARACK et al. 2011; AGRARHEUTE 2017). Die Saatmenge liegt dabei, je nach Zeitpunkt und Standort, zwischen 280 bis 400 Körnern pro m². Die Saattiefe wird mit 2 bis 4 cm angegeben (AGRARHEUTE 2017; KAUL et al. 2022). Während der Bestockungsphase fördert eine kühle und nasse Witterung diese und erhöht die Bestandesdichte. Eine warme und sonnige Witterung in der letzten Schossphase und beim Ährenschieben kann zu weniger Lager führen und hat einen positiven Effekt auf die Ausbildung der Körner. Wassermangel kurz vor der Ernte beeinflusst die Qualität negativ und lässt den Bestand notreif werden (FARACK et al. 2011; AGRARHEUTE 2017). Ährenknicken zur Ernte kann diese erschweren (KAUL et al. 2022).

2.4 Entwicklung der Aussaattechnik

Die Landwirtschaft stellt verschiedene Ansprüche an die Aussaattechnik für die verschiedenen Kulturarten. Bestimmte Faktoren beeinflussen Innovationen in allen Bereichen und stellen oft eine Entwicklung dar. Die Entwicklung der Einzelkornsämaschinen bis hin zu praxistauglichen Maschinen hat eine lange Spanne in Anspruch genommen. Besondere Voraussetzungen sind auch beim Feldversuchswesen gegeben, bei dem die Einzelkornsämaschinen notwendig ist.

2.4.1 Geschichte der Aussaattechnik

Die Entwicklung der Sämaschinen wurde vor allem durch den zunehmenden Arbeitskräftemangel in der Landwirtschaft in Verbindung mit der Industrialisierung und dem steigenden Bevölkerungswachstum vorangetrieben. Es wurde notwendig höhere Erträge zu erzielen bei gleichzeitig weniger Einsatz von Arbeitskräften. Bereits im 17. Jahrhundert wurde die Drillsaat entwickelt, die diese Anforderungen erfüllte. Es konnte mit weniger Aufwand ausgesät werden und gleichzeitig wurden den Pflanzen bessere Wachstumsbedingungen geboten, sodass höhere Erträge erzielt werden konnten (BENNINGER 2016). Dabei entwickelte James Cooke 1782 in England die erste

Drillmaschine, auf deren Prinzip noch heute die mechanischen Drillmaschinen beruhen. Um 1800 wurden praxisreife Drillmaschinen auch über die Grenzen von England hinaus bekannt (ACHILLES 1993). Die Idee, einzelne Samenkörner mit einem definierten Abstand in den Boden einzubringen, entwickelte sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Dazu wurden zunächst die Samenkörner auf große Bahnen aus Stoff oder Papier aufgebracht und durch Abwickeln in den Boden abgelegt. Diese Aussaat erfolgte maschinell. Es handelte sich um eine Einzelkornablage, die sehr genau und ohne Fehlstellen und Dopplungen erfolgen konnte. Sie setzte sich nicht in der Praxis durch, da die Infrastruktur für die Herstellung und den Transport der Samenbänder nicht gegeben war und das Papier im Boden schlecht verrottete. Ebenfalls um 1900 wurde eine zweite Variante der Einzelkornablage entwickelt, die pneumatisch arbeitete. Ein Unterdruck saugte dabei die Körner an eine Trommel an, ein Überdruck sorgte für die Abgabe an eine Saatleitung. Um 1920 kam es zur Weiterentwicklung des Systems, bei der die Körner an eine rotierende Lochscheibe angesaugt wurden und durch Luftstöße wieder abgegeben wurden. Den Durchbruch und damit die Praxistauglichkeit kam in den 1950er Jahren mit der Erfindung des Abstreifers, der eine exakte einzelne Saatgutablage ermöglichte. Einsatzgebiete waren vor allem die Aussaat von Zuckerrüben und Mais. Bis heute hat sich eine große Anzahl an pneumatischen Systemen am Markt etabliert (BENNINGER 2016).

2.4.2 Allgemeiner Aufbau einer Einzelkornsämaschine

Sämaschinen sind komplexe Maschinen, deren Aufgabe es ist das Saatgut genau definiert im Boden abzulegen (BISCHOFF et al. 2018). Das Ziel ist es mit der Sämaschine das Saatgut mit optimaler Kornverteilung und -einbettung in den Boden einzubringen und so eine gute Entwicklung der Pflanzen zu fördern (KÖLLER UND HENSEL 2019). Dabei wird die Anwendung des Saatverfahrens vor allem von der Kulturart beeinflusst. Getreide wird somit bevorzugt in Drillsaat ausgebracht, während Kulturarten wie Zuckerrübe, Mais oder auch Ackerbohnen hauptsächlich in Einzelkornsaat abgelegt werden (BISCHOFF et al. 2018).

Der Versuch, Getreide auch in Einzelkornsaat abzulegen, ist keine neue Idee. Mitte der 1980er Jahre kam dieses Thema auf, wurde aber aufgrund der mangelhaften technischen Umsetzbarkeit wieder verworfen. Seit einigen Jahren rückt es durch verschärfte Vorgaben bei den Themen Dünger und Pflanzenschutz erneut in den Fokus. Durch eine Einzelkornablage wird sich eine höhere Effizienz auf dem Acker versprochen und Ertragsausfälle durch Wetterextreme sollen reduziert werden. Mittlerweile konnte die Technik auch dahingehend angepasst werden (BAUMECKER 2015).

Im Gegensatz zu Drillmaschinen arbeiten Einzelkornsämaschinen sehr exakt bei der Kornablage und der anschließenden Einbettung des Saatguts. Bei diesen Sämaschinen wird das Saatgut meist dezentral vorgehalten, d.h. jede Reihe besitzt einen eigenen Behälter für die Zuführung von Saatgut. Nur sehr große Maschinen für die Maisaussaat mit mindestens zwölf Reihen können zentrale Saatgutbehälter aufweisen. Für die Vereinzlungssysteme werden wegabhängige Antriebe benötigt, die entweder mechanisch oder mit Gleichstrommotor arbeiten. Die mechanischen Systeme sind sehr einfach aufgebaut, preisgünstig und wenig wartungsanfällig. Allerdings ist die Einstellung der Kornablage erschwert. Seit den 1990er Jahren haben sich deshalb vor allem Systeme mit Gleichstrommotor durchgesetzt (KÖLLER UND HENSEL 2019).

Die Saatgutvereinzlung an den Säelementen kann mechanisch oder pneumatisch erfolgen. Für die mechanische Vereinzlung wird sehr einheitliches Saatgut benötigt, wie es z.B. durch die Pillierung des Zuckerrübensaatguts gegeben ist. Auch Rapssaatgut kann mechanisch vereinzelt werden. Das Kornvereinzlungsorgan besteht aus senkrechten Zellenrädern oder -scheiben (siehe Abbildung 6). Der

Aufbau ist einfach und die Ablagegenauigkeit sehr hoch. Die Säscheiben sind exakt an die Form des Saatguts angepasst und transportieren das Saatgut nur durch dessen Form mit. Die Ablage erfolgt am Abwurfpunkt durch freien Fall des Saatguts in die Saatfurche. Durch den kurzen Weg wird eine hohe Ablagegenauigkeit erreicht. Da das Saatgut für diese Art der Vereinzelnung sehr gleichmäßig sein muss, ist es für die Aussaat von Getreide nicht geeignet (KÖLLER UND HENSEL 2019).

Bei der pneumatischen Vereinzelnung kann auch ungleichmäßiges Saatgut verwendet werden. Die Vereinzelnung erfolgt über Unter- oder Überdruck (siehe Abbildung 6). Verwendet werden Loch- oder Schlitzscheiben, um die Körner zu vereinzeln. Beim Prinzip des Unterdrucks werden die Körner durch diesen an die Scheiben angesogen und durch Abstreifer anschließend vereinzelt. Beim Überdruck kann die Vereinzelnung ebenfalls durch Anhaften der Körner an die Scheiben erzeugt werden oder durch Wegdrücken von überflüssigen Körnern von den Löchern. Beide Prinzipien finden in der Praxis Anwendung. Wenn die Körner an der Scheibe haften, werden sie durch Drehen der Scheibe an den Abwurfpunkt transportiert und im freien Fall in die Saatfurche abgelegt. Die Fallhöhe ist größer als bei der mechanischen Ablage, da so ein Ansaugen von Schmutz ausgeschlossen werden kann. Mit einem pneumatischen Vereinzelnungssystem kann bei gezielter Führung des Saatguts in die Furche auch mit höherer Geschwindigkeit gefahren werden, ohne dass sich dieses negativ auf die Ablagegenauigkeit auswirkt (KÖLLER UND HENSEL 2019; FIEDLER 2021).

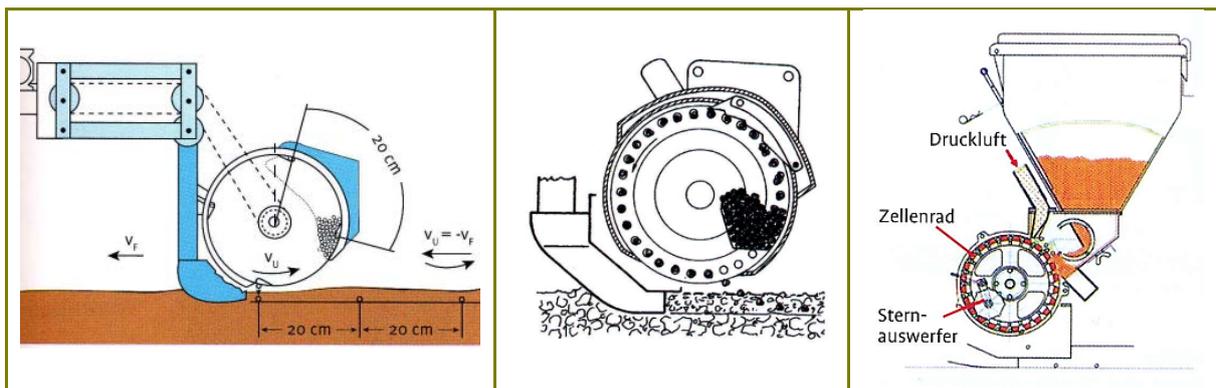


Abbildung 6: Drei verschiedene Vereinzelnungssysteme: mechanisch (links), mit Unterdruck (Mitte) und mit Überdruck (rechts); (BISCHOFF et al. 2018; KÖLLER UND HENSEL 2019).

Die Saatfurchen bei der Einzelkornsaat werden durch Keil- oder Scheibenschare geformt und unterscheiden sich je nach vorheriger Bodenbearbeitung. Ablagetiefe und Bedeckungshöhe können durch Druckrollen und Zustreicher separat eingestellt werden. Wichtig für eine Einzelkornsämaschine ist die exakte Tiefenführung. Hierfür sind vier unterschiedliche Systeme auf dem Markt vertreten. Die Tiefenführung kann mit vorlaufenden Rollen erfolgen, die bereits vor der Kornablage für eine Rückverfestigung sorgen. Seitliche Druckrollen sind vor allem bei mulchsaattauglichen Maschinen vertreten. Nachlaufende Druckrollen sorgen für ein Andrücken des Saatguts nach der Ablage und kommen vor allem bei Mais zum Einsatz. Tandemwagen ermöglichen eine Rückverfestigung vor und nach der Ablage des Saatguts und finden bei Rüben und Sonderkulturen Anwendung (KÖLLER UND HENSEL 2019).

2.4.3 Aktueller Stand der Einzelkornsätechnik im Getreide

Die Firma Horsch arbeitet seit längerem an der Einführung einer Einzelkornsämaschine, die möglichst viele Kulturarten aussäen kann. Das Modell Solus (siehe Abbildung 7) kann Reihenabstände von 225 bzw. 250 mm verwirklichen. Durch Abstellen von Säeinheiten können somit auch Reihenabstände von 450 bzw. 500 mm für die Aussaat von Zuckerrüben realisiert werden. Auch eine Aussaat von Mais mit

750 mm Reihenabstand ist möglich. Die Einzelkornsäaggregate laufen in zwei Reihen hintereinander als Parallelogramm angeordnet. Das Saatgut wird über einen Säwagen zugeführt, der direkt hinter dem Schlepper läuft. Doppelscheibenschare bringen das Saatgut in den Boden, die Tiefenführung erfolgt seitlich und Andruckrollen sorgen für den Bodenschluss. Die Markteinführung dieser Maschine ist noch nicht absehbar (FEUERBORN 2023).

Die Firma Väderstad hat sich intensiv mit der Einzelkornsätechnik bei Getreide auseinandergesetzt und dafür eine Einzelkornsämaschine entwickelt. Das Modell Proceed (siehe Abbildung 7) kann unterschiedliche Kulturarten in Einzelkornablage aussäen. Die Ablage auch von kleinen Saatkörnern in der gewünschten Tiefe erfolgt mit einer hohen Genauigkeit. Die Säeinheiten verlaufen auf zwei Säschiene hintereinander. Das Gerät verfügt sowohl über einen Zentraltank als auch einen Fronttank für das Saatgut. Die Einzelreihen können zu- und abgeschaltet und die Saatgutmenge gesteuert werden. Vorgesehen ist diese Maschine für die Aussaat von Getreide, Zuckerrübe, Raps, Mais und Sonnenblume. Dafür kann der Reihenabstand von 225 bis 750 mm variiert werden. Die Säeinheiten können unterschiedlich kombiniert werden. Bei der Getreideaussaat sind alle Einheiten angeschaltet, bei der Aussaat von Zuckerrüben hingegen bestimmte Säeinheiten abgeschaltet, sodass der gewünschte Reihenabstand erreicht wird. Die Lochscheiben werden entsprechend der Kulturart und dem Abstand innerhalb der Reihe gewechselt. Die Rückverfestigung erfolgt über Druckrollen, die vor der Kornablage in jeder Reihe mitlaufen. Die Regulation der Ablagetiefe wird über zwei Tiefenführungsräder gesteuert. Für diese Sämaschine kann herkömmliches Saatgut verwendet werden. Auch eine Aussaat von Getreide kann mit entsprechenden Lochscheiben mit nicht kalibriertem Saatgut, d.h. nicht nach Korngröße sortiert, realisiert werden (DÄNZER 2022; SCHULZ 2022). Die Produktion und der Praxiseinsatz dieser Maschine soll ab 2025 erfolgen (AGRARHEUTE 2023).



Abbildung 7: Einzelkornsämaschine „Proceed“ der Firma Väderstad (links); (VÄDERSTAD 2023). Einzelkornsämaschine „Solus“ der Firma Horsch (rechts); (HORSCH 2024).

2.4.4 Spezialgebiet Feldversuchswesen

Die Pflanzenzüchtung und die Landwirtschaft sind eng miteinander verknüpft. Durch die Pflanzenzüchtung werden Pflanzen an die Bedürfnisse der Menschen angepasst. Auch die Bedingungen für den Anbau können dadurch verbessert werden. Die Züchtung von Sorten kann dabei auf unterschiedlichen Methoden beruhen. Liniensorten von Selbstbefruchtern wie Getreide basieren auf der Kreuzung von zwei Eltern. Die entstandenen Nachkommen können entweder sofort selektiert werden oder erst über einige Generationen zu reinerbigen (homozygoten) Linien vermehrt und anschließend selektiert werden. In beiden Fällen findet die Selektion anhand von Einzelpflanzen statt, bevor Parzellen angebaut werden können (BECKER 2019). Für diese Anlage werden Sämaschinen benötigt, die eine Einzelkornablage ohne Fehlstellen oder Doppelbelegungen durchführen können.

Das Feldversuchswesen stellt dabei besondere Ansprüche an die Aussaat. Nach THOMAS (2006) werden alle Formen von Versuchen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen als Feldversuche bezeichnet. Ein Parzellenversuch untersucht ein festgelegtes Produktionsverfahren in Pflanzenbeständen eines Versuchsobjekts auf kleinen Flächen. Dabei wird ein Faktor variiert, um die Wirkung auf die Versuchsobjekte zu erkennen. Wichtig ist, dass eine hohe Genauigkeit bei der Durchführung des Versuchs vorliegt. Die Repräsentativität des Versuchs kann die Aussagekraft eines Ergebnisses beeinflussen (THOMAS 2006). Daher ist eine exakte Ablage des Saatguts bei der Aussaat von Drill- und Einzelpflanzenparzellen entscheidend, um die Saatverfahren vergleichen zu können.

Wenige Anbieter haben sich auf die Technik für die Anlage von Parzellenversuchen spezialisiert. Hier soll beispielhaft die Firma Haldrup GmbH aufgeführt werden. Die Einzelkornsämaschine dieser Firma arbeitet pneumatisch. Um auf individuelle Kundenwünsche eingehen zu können, ist die Sämaschine modular aufgebaut. Die Grundbestandteile sind von der Firma Monosem, die Einzelkornsämaschinen für die Landwirtschaft herstellt. Möglich ist eine Aussaat von Mais, Karotte, Sonnenblume, Getreide und Erbse. Wichtig ist die exakte und vermischungsfreie Kornablage, da die teilweise kurzen Parzellen mit unterschiedlichen Sorten ausgesät werden. Die Einzelkornsämaschine kann mit verschiedenen Arbeitsbreiten und Reihenanzahlen geliefert werden. Je nach Kundenwunsch kann die Saatgutzufuhr auf unterschiedliche Weise erfolgen. Es gibt die Möglichkeit jede Reihe unabhängig voneinander mit Saatgut zu befüllen, mit Hilfe von Einzeltrichtern pro Saelement oder einem Kammer-Magazinsystem zu arbeiten. Es kann auch eine Befüllung aller Reihen zur selben Zeit mit einem Zentraltrichter erfolgen. Für verschiedene Kulturarten und Saatgutmengen können die passenden Trichter oder Magazine gewählt werden. Die Körner fallen vom Einfüllpunkt auf die Zufuhrklappen des Saelements. Beim Saatgutwechsel wird das Restsaatgut in Einzelbehälter pro Reihe abgesaugt, die Zufuhrklappe geöffnet und das neue Saatgut, das dort bereit liegt, an die Scheiben befördert. Nach dem Schließen der Klappe rutscht vom Verteiler das neue Saatgut an die Zufuhrklappen. Die Saelemente führen das Saatgut in den Boden ein. Dafür wird es an Lochscheiben mit Hilfe eines Abstreifers vereinzelt und beim Umdrehen am untersten Punkt abgegeben. Am Saelement befinden sich Sensoren, die das Öffnen und Schließen der Klappen regeln und so die Kornzufuhr und das Absaugen der Restkörner vermischungsfrei durchführen. Der Kornabstand in der Reihe kann in Abhängigkeit der Scheibe eingestellt werden. Es können unterschiedliche Scheiben je nach Saatgutgröße und gewünschtem Kornabstand eingebaut werden. Dafür wird der entsprechende Wert aus der Referenztabelle ermittelt und das Sägetriebe mit diesem Wert stufenlos eingestellt. Die Tiefeneinstellung erfolgt über eine Hebelbedienung. Das Tandemführungssystem mit vorderer und hinterer Rolle garantiert die exakte Tiefenablage. Es können sowohl die Andruckrollen als auch die Tiefenführungsrollen verstellt werden. Für die Säschare sind verschiedene Typen lieferbar. Ein Hangausgleich, der elektrisch oder manuell betrieben wird, sorgt für eine waagerechte Ausrichtung der Sämaschine. Der Strom für die Bedienung der Sämaschine kommt vom Schlepper (HALDRUP 2012).

Nicht nur bei der Pflanzenzüchtung wird die Einzelkornaussaat benötigt, um den Züchtungsprozess durchführen zu können. Auch bei der anschließenden Sortenzulassung kommt die Einzelkornsätechnik zum Einsatz. Laut Richtlinie zur Prüfung der Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit wird ein Teil der Zulassungsprüfung über Einzelpflanzen realisiert. Bestimmte Merkmale werden an einzelnen Pflanzen beurteilt, um sicher zu gehen, dass verschiedene Pflanzen zur Bestimmung der Merkmalsausprägung herangezogen werden. Nach der Richtlinie muss der Kornabstand bei der Aussaat in der Reihe 5 cm betragen (BUNDESSORTENAMT 2020a, 2020b).

2.5 Versuche zur Einzelkornablage bei Getreide

Unter Experten herrscht Einigkeit, dass die Drillsaat bei Getreide, die sich seit mehr als 100 Jahren durchgesetzt hat, nicht das pflanzenbauliche Optimum bei der Aussaat darstellt. Eine Einzelkornablage könnte daher 3 bis 7 % mehr Ertrag liefern, wenn die Kornablage in der Reihe den exakt gleichen Abstand realisiert und die Tiefenführung genau ist. Dazu wurden verschiedene Versuche durchgeführt, um die Weiterentwicklung dieser Technik auch für Getreide voranzubringen (HACHMEISTER 2016; GROßE HOKAMP 2017).

Die Universität in Neubrandenburg beschäftigte sich mit den Fragen zur Kornablage innerhalb der Reihe und in der Tiefe bei der Einzelkornablage im Vergleich zur Drillsaat. Die Versuche wurden auf 16 Flächen in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Polen ausgeführt. Die vorherige Bodenbearbeitung auf den Flächen wurde unterschiedlich durchgeführt. Für die Auswertung der Ablagequalität wurden Variationskoeffizienten errechnet, die miteinander verglichen wurden. Dabei gibt ein niedriger Wert eine genauere Ablage des Saatguts an als ein höherer Wert. Die Drilltechnik hatte im Vergleich zur Einzelkornsätechnik einen deutlich höheren Variationskoeffizienten bei der Ablage innerhalb der Reihe und der Tiefenführung. Die Schwankungen in der Tiefenführung, die relativ groß waren, konnten auf die Unterschiede bei der vorherigen Bodenbearbeitung zurückgeführt werden. Die Qualität des Saatbetts ist bei der genauen Ablage ein wichtiger Faktor. Vorteile bei der Einsatz des Pflugs mit anschließender Rückverfestigung, wie die Versuche zeigten. Ein gutes Strohmanagement mit gleichmäßiger Verteilung war ebenfalls entscheidend (GROßE HOKAMP 2017).

Im zweiten Jahr untersuchte die Universität Neubrandenburg die Qualität der Kornablage bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten bei allen Techniken. Durchgeführt wurde der Versuch auf zwölf Schlägen. Die teilnehmenden Landwirte fuhren einmal das Standardtempo, das sie bei der Aussaat normalerweise anwandten (8 bis $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-2}$) und fuhren außerdem jeweils $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-2}$ schneller und langsamer. Die Längsverteilung innerhalb der Reihe wurde durch eine erhöhte Fahrgeschwindigkeit kaum beeinflusst. Auch die Tiefenablage blieb gleich. Es zeigte sich, dass die Steuerungselemente der Aussaattechnik präzise arbeiten und eine exakte Ablage ermöglichen. Einen größeren Einfluss hatte das optimale Saatbett (GROßE HOKAMP 2017).

Außerdem befasste sich die Universität Neubrandenburg mit dem optimalen Drillreihenabstand. Die gängige Empfehlung sind 10 bis 15 cm von Reihe zu Reihe. Verschiedene Versuche zeigten, dass eine intraspezifische Konkurrenz zwischen den Pflanzen in der Drillreihe Vorteile für die Entwicklung der Pflanzen bringt. Der ideale Reihenabstand kann je nach Saatstärke variieren (GROßE HOKAMP 2017).

Das Julius-Kühn-Institut führte einige Versuche zum Thema Gleichstandsamt im Getreide durch und beschäftigte sich dabei mit dem Ertrag, der Ressourcennutzung, Unkrautunterdrückung, Mikroklima und Stresstoleranz der Bestände. 2017/2018 wurde in Braunschweig ein Versuch mit einer Gleichstandsamt bei Weizen durchgeführt. Die Parzellen wurden mit einer Aussaatstärke von $150 \text{ Körnern}\cdot\text{m}^{-2}$ von Hand angelegt. Außerdem wurden Parzellen mit $150 \text{ Körnern}\cdot\text{m}^{-2}$ und $350 \text{ Körnern}\cdot\text{m}^{-2}$ mit einer praxisüblichen Drillsaat ausgesät. Es wurden die Winterweizensorten Kopernikus und Faustus genutzt. Als Ergebnis zeigte sich, dass sich die Bestände der Gleichstandsamt homogener entwickelten. Die Bodenbedeckung war bei diesen Parzellen früher gegeben als bei den Drillsaaten. Der Blattflächenindex war höher. Auch ertraglich lag die Gleichstandsamt vor den Drillsaaten, allerdings waren diese Unterschiede nicht signifikant. Auffallend war auch die Entwicklung der Ertragskomponenten der beiden Sorten bei der Gleichstandsamt. Beide Sorten sind genetisch bedingt Korndichtetypen. Während es bei den Drillvarianten bei beiden Sorten keinen Unterschied bei

den Ertragskomponenten gab, zeigte Faustus in der Gleichstandsart eine signifikant höhere Anzahl von Ähren pro m². Bei Kopernikus wurden mehr Körner je Ähre ausgebildet und so die geringere Ährenzahl kompensiert (KOTTMANN et al. 2019).

Nach KOTTMANN et al. (2019) bietet die Gleichstandsart zahlreiche Vorteile und ist das Optimum, das bei der Aussaat von Getreide erreicht werden kann. Diese ist technisch noch nicht umsetzbar. Einzelkornsämaschinen können die Ablagegenauigkeit nur bei niedriger Fahrgeschwindigkeit realisieren. Je höher die Fahrgeschwindigkeit ist, desto schlechter wird die Ablagequalität (KOTTMANN et al. 2019).

Der Einfluss von Einzelkorn- und Drillsaat bei Weizen auf den Ertrag und die Ertragskomponenten wurde bei der Winterweizensorte Tobak im Jahr 2016/2017 vom Institut für Bodenkultur und Pflanzenbau e.V. in einem Feldversuch ermittelt. Dafür wurde ein Streifenversuch mit unterschiedlichen Saatstärken (120, 180 und 240 Körner·m⁻²) für beide Saatverfahren mit einer Horsch-Sämaschine, die auf Drill- oder Einzelkornsart eingestellt werden konnte, angelegt. Auffallend war der bessere Feldaufgang bei allen Saatstärken der Einzelkornsart mit mindestens 93 %. Generell konnte in allen Fällen eine bessere Standraumverteilung bei der Einzelkornsart ermittelt werden. Auch ertraglich gab es signifikante Unterschiede (siehe Tabelle 2). So lag die Einzelkornsart im Mittel über alle Varianten mit 3,3 dt·ha⁻¹ über dem Ertrag der Drillsart. Diese Ertragsunterschiede lagen vor allem an einer geringeren Kornzahl je Ähre bei der Drillsart (40,4 Körner im Mittel). Bei der Einzelkornsart nahm die Anzahl Körner je Ähre zu, je höher die Saatstärke war (von 46,2 bis 48,4 Körner). Der Einzelährenertrag war bei der Einzelkornsart signifikant höher als bei der Drillsart. Es wurden deutlich kräftigere Haupt- und Nebentriebe erster Ordnung ausgebildet als bei der Drillsart. Die Anzahl Ähren pro m² lag bei der Drillsart höher als bei der Einzelkornsart. Die Anzahl an Ähren pro Pflanze konnte bei der Drillsart bis zu einer Saatstärke von 180 Körnern·m⁻² mit einem höheren Wert ermittelt werden, ab einer Saatstärke von 180 Körnern·m⁻² wurde ein gleicher Bestockungskoeffizient errechnet (ANONYMUS 2017).

Tabelle 2: Einfluss des Saatverfahrens und der Saatstärke auf den Ertrag, die Bestandesdichte, die Ähren pro Pflanze und Körner pro Ähre bei Winterweizen; (ANONYMUS 2017).

Saatstärke	Ertrag [dt·ha ⁻¹]			Ähren·m ⁻² [n]		Ähren·Pflanze ⁻¹ [n]		Kornzahl·Ähre ⁻¹ [n]	
	DS	EKS	Diff	DS	EKS	DS	EKS	DS	EKS
120 Kö·m ⁻²	91,7	93,6	1,8	490	456	4,5	3,8	41,2	46,2
180 Kö·m ⁻²	91,8	95,4	3,6	483	460	4,5	2,6	41,4	46,2
240 Kö·m ⁻²	90,2	94,6	4,4	503	439	2,1	2,1	38,7	48,4
Mittel	91,2	94,5	3,3	492	451	3,8	2,9	40,4	46,8

DS = Drillsart; EKS= Einzelkornsart

Die Humboldt-Universität zu Berlin forscht seit 2010 an der Frage, wie Erträge auch unter extremen Wetterbedingungen abgesichert werden können. Dabei wurden auch Versuche zur Einzelkornsart bei Getreide angelegt. Ausgewählt wurde dafür ein Versuchsstandort in Thyrow (Brandenburg), der sich durch eine geringe Bodenfruchtbarkeit mit 25 Bodenpunkten, wenig Jahresniederschlägen und einer ungünstigen Verteilung dieser kennzeichnet. Über die Jahre 2010 bis 2012 wurde ein Modellversuch mit Einzelkornablage per Hand (1,5 m²) und Drillsart mit der Maschine (2,25 m²) mit Hybridroggen angelegt. Es wurden die Erträge bei den fünf Saatstärken von 50, 100, 150, 200 und 250 Körnern·m⁻² verglichen. In allen drei Jahren kam es zwischen April bis Juni zu einer längeren Trockenperiode (BAUMECKER 2015).

Der dreijährige Versuch ergab deutliche Ertragsvorteile durch die Einzelkornablage (siehe Tabelle 3). Bei jeder Saatstärke zeigten sich Unterschiede zwischen der Drillsaat und Einzelkornablage. Der Ertrag nahm mit zunehmender Saatstärke bei beiden Varianten zu. Im Durchschnitt lag der Ertrag der Drillsaat um 30 % unter dem Ertrag der Einzelkornsaat. Dieser Unterschied ist durch den gleichmäßigen Abstand der Körner in der Reihe bei der Einzelkornsaat zu erklären. Laut BAUMECKER (2015) konnten mehr Ähren mit Wasser und Nährstoffen versorgt werden als bei der Drillsaat. Daraus resultiert die höhere Anzahl an Ähren pro m². Es konnten in keinem Versuchsjahr höhere Kornzahlen je Ähre oder eine höhere Tausendkornmasse bei der Einzelkornablage festgestellt werden (BAUMECKER 2015).

Tabelle 3: Einfluss der Saatechnik und Saatstärke auf den Ertrag von Roggen im Mittel der Jahre 2010 bis 2012; (BAUMECKER 2015).

Saatstärke	Kornertrag [kg·m ⁻²]		Ertrag [dt·ha ⁻²]		Ähren·m ⁻² [n]	
	DS	EKS	DS	EKS	DS	EKS
50 Kö·m ⁻²	0,54	0,83	54,0	83,0	230	427
100 Kö·m ⁻²	0,68	1,00	68,0	100,0	261	501
150 Kö·m ⁻²	0,68	1,10	68,0	110,0	282	547
200 Kö·m ⁻²	0,72	1,08	72,0	108,0	309	564
250 Kö·m ⁻²	0,74	1,12	74,0	112,0	344	629
Mittel	0,67	1,03	67,2	102,6	285	533

DS = Drillsaat; EKS = Einzelkornsaat

Im Jahr 2014 wurde ein Versuch mit unterschiedlichen Sämaschinen am selben Standort gestartet. Dabei wurden eine pneumatische Einzelkornsämaschine der Firma Horsch, eine Einzelkornsämaschine der Firma Kverneland, eine mechanische Drillmaschine von Amazone und eine Parzellendrillmaschine von Wintersteiger verwendet. Es wurde Weizen mit einer Saatstärke von 160 Körnern·m⁻² gesät und die Verteilung der Pflanzen nach Auflaufen auf einer Länge von zwei Metern durch Zählung bonitiert. Es ergaben sich gleichmäßige Abstände zwischen den Einzelpflanzen bei den Sämaschinen von Kverneland und Horsch. Ungleichmäßige Abstände zeigten die Drillmaschinen von Amazone und Wintersteiger. Eine Auswertung des Ertrags konnte aufgrund der Trockenheit nicht erfolgen (BAUMECKER 2015).

Das Saatzuchtunternehmen KWS hat zusammen mit der Humboldt-Universität Berlin, der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, der Kverneland Group und der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern einen dreijährigen Parzellenversuch in den Jahren 2013 bis 2015 angelegt. Dabei wurden Winterroggen und -weizen in Einzelkorn- und Drillsaat an mehreren Standorten verglichen. Die Drillsaat wurde mit der am Standort vorhandenen Technik (Drillmaschine mit Bandkopfverteiler und Scheiben- oder Schleppscharen von Wintersteiger, Hege oder Deppe) mit Reihenabständen von 12 bis 15 cm ausgedrillt. Die Einzelkornsaat erfolgte mit der MiniAir-Nova von Kverneland an allen Standorten. Es handelt sich um eine pneumatische Drillmaschine für die Gemüseausaat, die mit einem Reihenabstand von 12 cm arbeitet. Die Fahrgeschwindigkeit wurde mit 2 bis 4 km·h⁻¹ angepasst, um eine gute Ablage zu gewährleisten. Diese geringe Geschwindigkeit ist für die Praxis allerdings unüblich. Für die Aussaat von Roggen wurde an allen neun Standorten die Sorte Palazzo verwendet. Bei Weizen kam die Sorte Julius an allen fünf Standorten zur Anwendung. Die Standorte verteilten sich über Nord- und Ostdeutschland mit Bodenpunkten von 25 bis 93. Die Parzellengrößen variierten zwischen 4,5 m² und 17 m². Durch die Witterungsbedingungen im Jahr 2013 und 2014 konnten überdurchschnittliche bis durchschnittliche Erträge erreicht werden. Durch

ausbleibende Niederschläge im Jahr 2015 waren die Erträge unterdurchschnittlich (VON DER OHE et al. 2016).

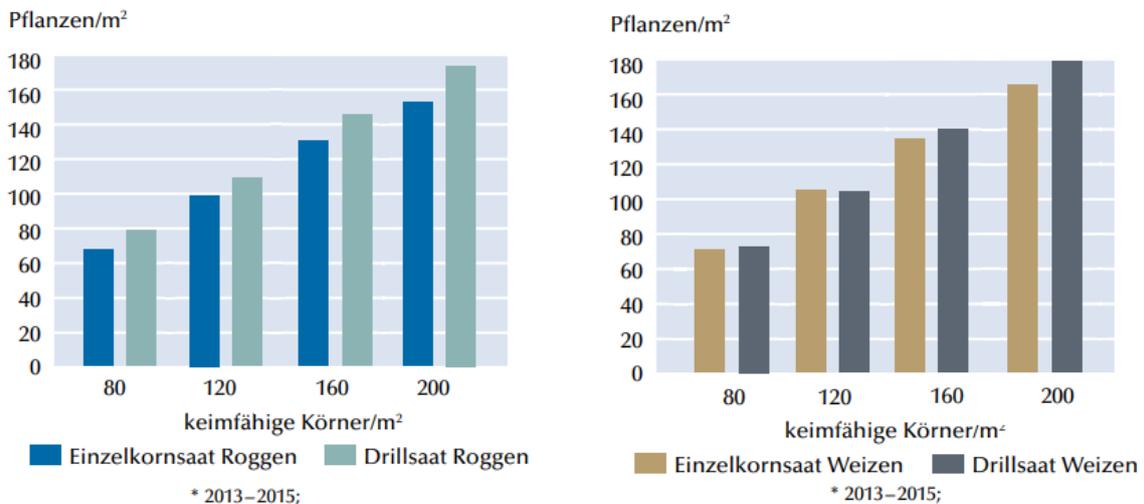


Abbildung 8: Ergebnisse der Keimpflanzenzahl von Roggen (links) und Weizen (rechts) in den Jahren 2013 bis 2015; (VON DER OHE et al. 2016).

Es wurde bei beiden Kulturarten die Keimpflanzenzahl nach Richtlinie des Bundessortenamtes (BUNDESSORTENAMT 2014) gezählt. Bei Roggen und Weizen konnten die Zielpflanzenzahlen weder bei der Drillsaat noch bei der Einzelkornablage erreicht werden. Beim Roggen wurden bei der Einzelkornsaat durchgängig geringere Keimpflanzenzahlen als bei der Drillsaat erfasst (siehe Abbildung 8). Grund dafür war eine nicht optimale Belegung der Lochscheiben aufgrund der länglichen Kornform. Wenn die Spitzen der Roggenkörner angesaugt wurden, fielen die Körner vor der Ablage wieder ab und es kam zu Fehlstellen. Auch eine Berücksichtigung der Keimfähigkeit wie bei der Drillsaat kann bei der Einzelkornablage nicht vorgenommen werden. Der Weizen zeigte bei allen Aussaatstärken eine ähnliche Keimpflanzenzahl in Drillsaat wie in der Einzelkornablage (siehe Abbildung 8). Durch die rundere Kornform konnten die Körner besser an der Lochscheibe angesaugt werden und Fehlstellen waren somit weniger vorhanden (VON DER OHE et al. 2016).

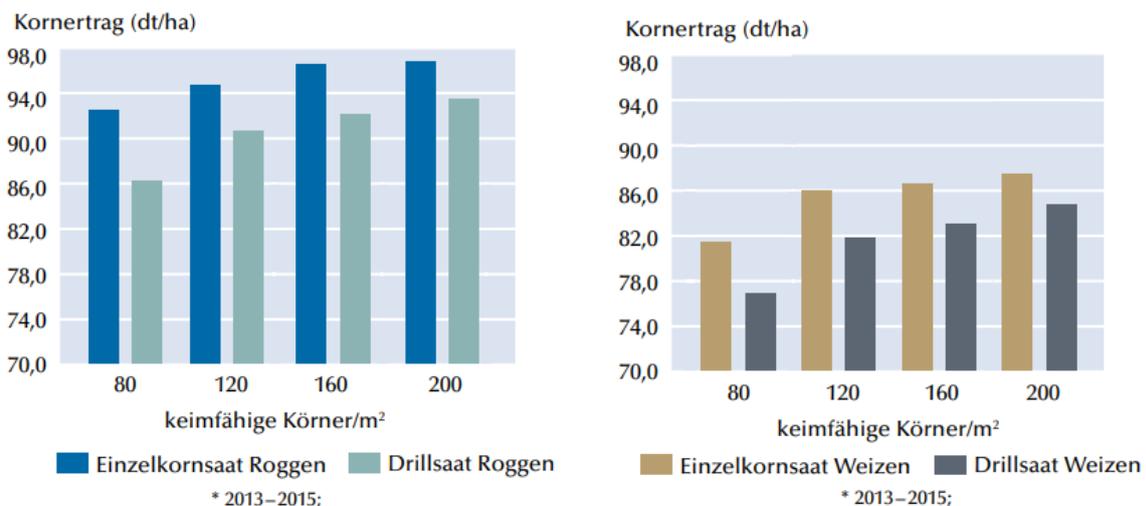


Abbildung 9: Ergebnisse des Kornertrags von Roggen (links) und Weizen (rechts) in den Jahren 2013 bis 2015; (VON DER OHE et al. 2016).

Die ährentragenden Halme zeigten bei beiden Kulturarten geringe Unterschiede zwischen Einzelkorn- und Drillsaat. Mit steigender Saatstärke nahm die Anzahl ährentragender Halme zu. Bei Roggen zeigte sich ein minimal höherer Bestockungskoeffizient in der Einzelkornsaat als bei der Drillsaat. Im Weizen unterschied sich der Bestockungskoeffizient in keiner Saatstärke zwischen den Varianten (VON DER OHE et al. 2016).

Im Ertrag zeigte sich in allen Jahren und an allen Orten, dass die Einzelkornsaat der Drillsaat überlegen war (siehe Abbildung 9). Beim Vergleich der praxisüblichen Saatstärken zeigte der Roggen bei 120 bis 200 Körnern·m⁻² einen Ertragsvorteil von 4 %. Der Weizen zeigte bei 200 Körnern·m⁻² einen um 3 % höheren Ertrag bei der Einzelkorn- als bei der Drillsaat. Der höhere Ertrag resultierte aus einer höheren Kornzahl je Ähre, die bei allen Varianten festgestellt werden konnte. Beim Vergleich der Einzeljahre untereinander wurde der Ertragseffekt in den Jahren mit höheren Erträgen stärker festgestellt (VON DER OHE et al. 2016).

3 Zielstellung

In der vorliegenden Arbeit sollen die beiden Saatverfahren der Einzelkornsaat und der Drillsaat beim Getreide unter den Bedingungen der Magdeburger Börde überprüft werden. Es wurden ausgewählte Kennzahlen der Pflanzenentwicklung, ertragsbestimmende Parameter und der Ertrag untersucht. Dazu wurden im Bundessortenamt bei Magdeburg verschiedene Sorten von Winterweizen und Sommergerste angebaut. Diese wurden während der Vegetation und zum Zeitpunkt der Ernte begleitet. Dabei stehen folgende Fragestellungen im Fokus der Analysen:

1. Wie viele Keimpflanzen stehen auf den Einzelpflanzenparzellen als Maß für eine funktionierende Einzelkornablage?
2. Welche Reaktionen zeigen die Pflanzen in der Pflanzenlänge und der Bestandesdichte bei den Saatverfahren?
3. Wie unterscheidet sich die Ährenentwicklung zwischen Drill- und Einzelkornsaat und welchen Einfluss zeigen dabei die jeweiligen Sorten?
4. Wie beeinflusst das Saatverfahren den Ertrag und die Qualitätsparameter?
5. Unter welchen Bedingungen kann die Einzelkornsaat eine sinnvolle Alternative für die praktische Landwirtschaft darstellen?

Aus den Ergebnissen und Erfahrungen sollen weitere Anhaltspunkte für die Umsetzung der verschiedenen Saatverfahren abgeleitet werden und für die Diskussion zur Verfügung stehen.

4 Material und Methoden

Der Versuch wurde im Jahr 2024 an der Prüfstelle Magdeburg des Bundessortenamtes durchgeführt. Der Standort zeichnet sich durch eine Löß-Schwarzerde aus. Die Bodenart ist Lehm mit 90 Bodenpunkten. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 8,7 °C und der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 509 mm. Als Vorfrucht der Prüfungen wird Ölrettich angebaut und die Fläche wird vor Anlage der Prüfungen gepflügt. Anschließend erfolgt eine Saatbettbereitung in 90° zur Aussaatrichtung, damit mögliche Bearbeitungsmängel gleichmäßig über die Prüfung verteilt sind.

Die Registerprüfung, die für die Untersuchung neuer Sorten auf Homogenität, Unterscheidbarkeit und Beständigkeit angelegt wird und somit einen Teil für die Sortenzulassung von neuen Getreidesorten liefert, besteht aus Drill- und Einzelpflanzenparzellen. Jede Sorte wird dabei sowohl in Drillsaat als auch in Einzelkornablage auf dem Feld ausgesät. Aus dieser Prüfung wurden bestimmte Sorten ausgewählt und jeweils die Drillparzellen sowie die Einzelpflanzenparzellen geerntet und auf unterschiedliche Parameter untersucht. Im Folgenden wird das genaue Vorgehen erläutert.

4.1 Versuchsaufbau und -anlage

Für die Erfassung der verschiedenen Parameter wurden Parzellen aus der Registerprüfung Getreide verwendet. Dabei wurden sowohl Parzellen aus der Registerprüfung Winterweizen als auch aus der Registerprüfung Sommergerste geerntet. Da es bei der Registerprüfung nicht primär um Ertragsparameter geht, sondern um die Beschreibung der Sorten, sind diese Parzellen vergleichsweise klein. Die Parzellen sind 1,35 m breit und 3,25 m lang und umfassen somit eine Fläche von 4,39 m². Jede Parzelle weist sechs Reihen auf.

Die Drillparzellen wurden mit einer Drillmaschine der Firma Inotec gedrillt (siehe Abbildung 10). Die Fahrgeschwindigkeit beträgt ca. 2 km·h⁻². Die Arbeitsbreite liegt bei 1,50 m. Dabei wird das Saatgut jeder Parzelle in einen Trichter gegeben. Durch Anheben des Trichters gelangt das Saatgut in einen Bandkopfverteiler, der sich dreht, während die Parzelle abgefahren wird. Diese Drehung ist auf die Parzellenlänge angepasst, sodass das gesamte Saatgut nach einer kompletten 360° Drehung aus dem Bandkopfverteiler ausgeführt worden ist. Eine Öffnung im Verteiler gibt das Saatgut aus, es wird auf alle Reihen aufgeteilt. Über Schläuche wird es an die Schare weitergeleitet und in den Reihen abgelegt. Die Scheibenschare sorgen für eine optimal vorbereitete Reihe, Druckrollen drücken die Körner anschließend an und Striegel streichen die Reihen zu. Die Parzellenlänge wird durch die Getriebeeinstellung der Maschine vorgegeben, d.h. die Geschwindigkeit, mit der sich der Bandkopfverteiler dreht, regelt sich über diese Einstellung. Die Aussaatstärke bei den Drillparzellen beträgt 200 Körner·m⁻².

Für die Einzelpflanzenparzellen wurde eine Einzelkornsämaschine der Firma Haldrup verwendet (siehe Abbildung 10). Diese Maschine fährt mit ca. 2 km·h⁻² und legt die Parzellen mit einer Arbeitsbreite von 1,50 m an. Für eine Einzelkornablage benötigt diese Maschine Säscheiben mit Löchern (Anzahl = 36). Das Saatgut wird mit Unterdruck an die Löcher angesaugt und beim Drehen an den Boden abgegeben. In den Trichter wird Saatgut für eine Parzelle hineingegeben. Durch Ausheben des Trichters verteilt sich das Saatgut auf die darunterliegenden Schläuche, die die Vorkammern der Säscharre füllen. Wenn sich die Zufuhrklappe, die die Vorkammer vom Schar abtrennt, öffnet, gelangt das Saatgut an das Schar. Durch Unterdruck können die einzelnen Körner an die Löcher der Säscheibe angesaugt werden. Abstreifer vereinzeln die Körner bei doppeltem Ansaugen pro Loch. Nach einer kompletten Umdrehung der Scheibe erfolgt die Ablage in den Boden auf den gewünschten Abstand. In

diesem Fall beträgt dieser 5 cm. Das restliche Saatgut, das für die Parzelle nicht mehr benötigt wird, wird in einen Sammelbehälter je Schar abgesaugt. Sobald die Absaugung erfolgt ist, öffnet sich die Zufuhrklappe erneut und das Schar wird mit dem Saatgut für die nächste Parzelle bestückt. Nach Schließen der Klappe gelangt neues Saatgut vom Trichter in die Vorkammer. Die Getriebeeinstellung der Maschine ergibt sich aus dem gewünschten Kornabstand in der Reihe sowie der Anzahl der Löcher der Säscheibe. Bei den Einzelpflanzenparzellen werden $100 \text{ Körner} \cdot \text{m}^{-2}$ ausgebracht.



Abbildung 10: Parzellensämaschine für die Drillsaat der Firma Inotec, Arbeitsbreite: 1,35 m (links); (Eigene Aufnahme 2024). Parzellensämaschine für die Einzelkornablage der Firma Haldrup, Arbeitsbreite: 1,35 m (rechts); (Eigene Aufnahme 2024).

Beide Maschinen arbeiten mit GPS-Technik, d.h. das Ausheben des Trichters wird durch ein GPS-Signal ausgelöst. Die Parzellen sind am PC vorgeplant. Der Plan wird auf den Schlepper übertragen. Durch das Satelliten-Signal erkennt die Maschine automatisch die Parzelle. Die Auslösung erfolgt anhand des Signals. Am Parzellenende wird der Vorgang durch ein weiteres Signal beendet.

Die Aussaat des Winterweizens erfolgte am 07. November 2023, die Sommergerste wurde am 13. März 2024 gedrillt. Für die Untersuchungen wurden bestimmte Sorten für Winterweizen ausgewählt. Dabei wurden alle Qualitätsgruppen für Winterweizen berücksichtigt, um ein ganzheitliches Bild zu erschaffen. Es wurden die Sorten Ponticus, Boss, LG Mocca, LG Lunar, Jubilo, KWS Donovan, Sinatra, Attribut, KWS Elementary, KWS Extase, RGT Kreation, Spectral, SU Tammo, LG Artman und Materius ausgewählt (siehe Tabelle 4).

Bei der Sommergerste wurden einige bekannte Sorten ausgewählt, an denen die Untersuchungen vorgenommen wurden (siehe Tabelle 4). Dabei handelt es sich um die Sorten KWS Abbie, LG Rumba, Schiwago, KWS Chrissie, LG Tosca, Fairway, Valérian, Applaus, Yoda, Gingko und RGT Planet. Diese sind alles neuere Sorten. RGT Planet wurde hinzugenommen, da diese Sorte die zurzeit bedeutendste Sommergerstensorte ist.

Tabelle 4: Ausgewählte Sorten bei Winterweizen (links) und Sommergerste (rechts); (BUNDESSORTENAMT 2024, o.J.).

Winterweizen				Sommergerste		
Sorten- bezeichnung	Zulassung Seit	Züchter	Qualitäts- gruppe	Sorten- bezeichnung	Zulassung seit	Züchter
Ponticus	2015	Strube	E	KWS Abbie	2019 ¹⁾	Lochow
Boss	2017	Secobra	B	LG Rumba	2021	Limagrain
LG Mocca	2018	Limagrain	C _k	Schiwago	2020	Nordsaat
LG Lunarix	2020	Limagrain	C	KWS Chrissie	2019 ¹⁾	Lochow
Jubilo	2020	Streng	A ³⁾	LG Tosca	2019	Limagrain
KWS Donovan	2020	Lochow	A	Fairway	2019 ¹⁾	Nordic Seed
Sinatra	2020	Secobra	A ⁴⁾	Valérian	2020 ¹⁾	Sejet
Attribut	2021	DSV	A	Applaus	2019	Nordsaat
KWS Elementary	2019 ¹⁾	Lochow	k.A.	Yoda	2020	Breun
KWS Extase	2022 ¹⁾	Lochow	B ²⁾	Gingko	2022 ¹⁾	Nordsaat
RGT Kreation	2023	RAGT	A	RGT Planet	2014	RAGT
Spectral	2023	Sejet	B			
SU Tammo	2023	Eckendorf	B			
LG Artman	2023 ¹⁾	Limagrain	B			
Materius	2020 ¹⁾	Strube	k.A.			

¹⁾EU-Schutz erteilt
²⁾Angabe von der Homepage der KWS (KWS 2024).
³⁾Angabe aus der Beschreibenden Sortenliste von 2022 (BUNDESSORTENAMT 2022).
⁴⁾Angabe von der Homepage der Secobra (SECOBRA SAATZUCHT GMBH 2024).
k.A. = keine Angabe

4.2 Pflanzenschutz und Düngung

Für die Beurteilung der erfassten Parameter sind die Pflanzenschutzmittelanwendungen und die Düngung der Parzellen von Bedeutung. In den folgenden Tabellen (Tabelle 5 und Tabelle 6) sind die Pflanzenschutzmaßnahmen und Düngermengen, die während der Saison vorgenommen bzw. ausgebracht wurden, aufgelistet.

Tabelle 5: Pflanzenschutzmaßnahmen und Düngergabe bei Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Datum	Produktbezeichnung	Aufwandmenge	Kategorie
06.03.2024	Kalkammonsalpeter (KAS, 27 % N)	30 kg·ha ⁻¹	Stickstoffdüngung
08.04.2024	Pointer Plus	0,05 l·ha ⁻¹	Herbizid
11.04.2024	Balaya +	0,80 l·ha ⁻¹	Fungizid
	Ascra Xpro	0,80 l·ha ⁻¹	Fungizid
21.05.2024	Azbany +	0,75 l·ha ⁻¹	Fungizid
	Revytrex	0,90 l·ha ⁻¹	Fungizid
23.05.2024	Nexide	0,08 l·ha ⁻¹	Insektizid

Für Winterweizen wurden die Parzellen mit 30 kg Kalkammonsalpeter pro ha gedüngt (siehe Tabelle 5). Diese Aufwandmenge entspricht nicht der üblichen Menge für die Düngung von Winterweizen. Da es sich um die Prüfung der Registermerkmale handelt, wird diese mit reduzierter Stickstoffgabe gedüngt,

um Lager in der Prüfung zu vermeiden. Die Fungizid-, Herbizid- und Insektizidbehandlungen entsprechen den Empfehlungen der praktischen Landwirtschaft. Behandlungen mit Wachstumsreglern dürfen laut Registerrichtlinie nicht durchgeführt werden, damit das Merkmal Pflanzenlänge erfasst werden kann (BUNDESSORTENAMT 2020a, 2020b).

Da bei der Sommergerste die Lagerneigung zur Ernte sehr hoch ist und ein stehender Bestand für die Betrachtung der Registermerkmale notwendig ist, wurde auf eine Stickstoffdüngung vollständig verzichtet. Der Boden liefert genug Stickstoff nach. Die Fungizid-, Herbizid- und Insektizidbehandlungen wurden praxisnah durchgeführt. Auf eine Behandlung mit Wachstumsreglern wurde verzichtet, da die Pflanzenlänge sonst nicht bestimmt werden kann. Die Maßnahmen wurden in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6: Pflanzenschutzmaßnahmen bei Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Datum	Produktbezeichnung	Aufwandmenge	Kategorie
08.04.2024	Pointer Plus +	0,05 l·ha ⁻¹	Herbizid
	Nexide	0,08 l·ha ⁻¹	Insektizid
02.05.2024	Omnera LQM	1,00 l·ha ⁻¹	Herbizid
07.05.2024	Balaya +	0,80 l·ha ⁻¹	Fungizid
	Ascra Xpro	0,80 l·ha ⁻¹	Fungizid
23.05.2024	Karate Zeon	0,08 l·ha ⁻¹	Insektizid

Zusätzlich wurden im Februar 2024 Bodenproben gezogen. Bei den Bodenproben der 0 bis 30 cm Schicht wurden der Nmin-Gehalt und die Grundnährstoffe analysiert. Bei den Schichten 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm wurde nur der Nmin-Gehalt ermittelt. In Tabelle 7 sind diese Werte aufgelistet. Für die Fläche des Winterweizens wurden 77 kg N in 0 bis 90 cm Tiefe festgestellt. Für die Sommergerste ergab sich ein Nmin-Wert von 84 kg N in allen drei Schichten.

Tabelle 7: Ergebnisse der Bodenproben bei Winterweizen und Sommergerste (Bodenproben genommen am: 20.02.2024); (Eigene Darstellung 2024).

Bodenprobe		Winterweizen	Sommergerste
Nmin [kg]	0 - 30 cm	17	27
	30 - 60 cm	22	23
	60 - 90 cm	38	34
	Gesamt	77	84
Grundnährstoffe	P ₂ O ₅ [mg·100 g ⁻¹]	6,50	5,70
	K ₂ O [mg·100 g ⁻¹]	8,70	12,80
	Mg [mg·100 g ⁻¹]	12,90	10,50
	Cu [mg·1.000 g ⁻¹]	10,20	10,80
	Mn [mg·1.000 g ⁻¹]	74,60	84,40
	B [mg·1.000 g ⁻¹]	0,43	0,31
	Na [mg·1.000 g ⁻¹]	27,10	40,60
	pH-Wert	6,50	6,10

4.3 Wetterdaten

Im folgenden Diagramm sind die Wetterdaten von November 2023 bis Juli 2024 aufgezeigt (siehe Abbildung 11). Diese Daten wurden mit der Wetterstation an der Prüfstelle Magdeburg erfasst. Von der Aussaat des Winterweizens im November 2023 über die Aussaat der Sommergerste im März 2024 bis zur Ernte beider Kulturarten im Juli 2024 wurde der Temperaturverlauf sowie die Niederschlagsmengen dargestellt. Außerdem wurden die langjährig erhobenen Daten für die Temperaturen und die Niederschlagsmengen in Magdeburg gegenübergestellt.

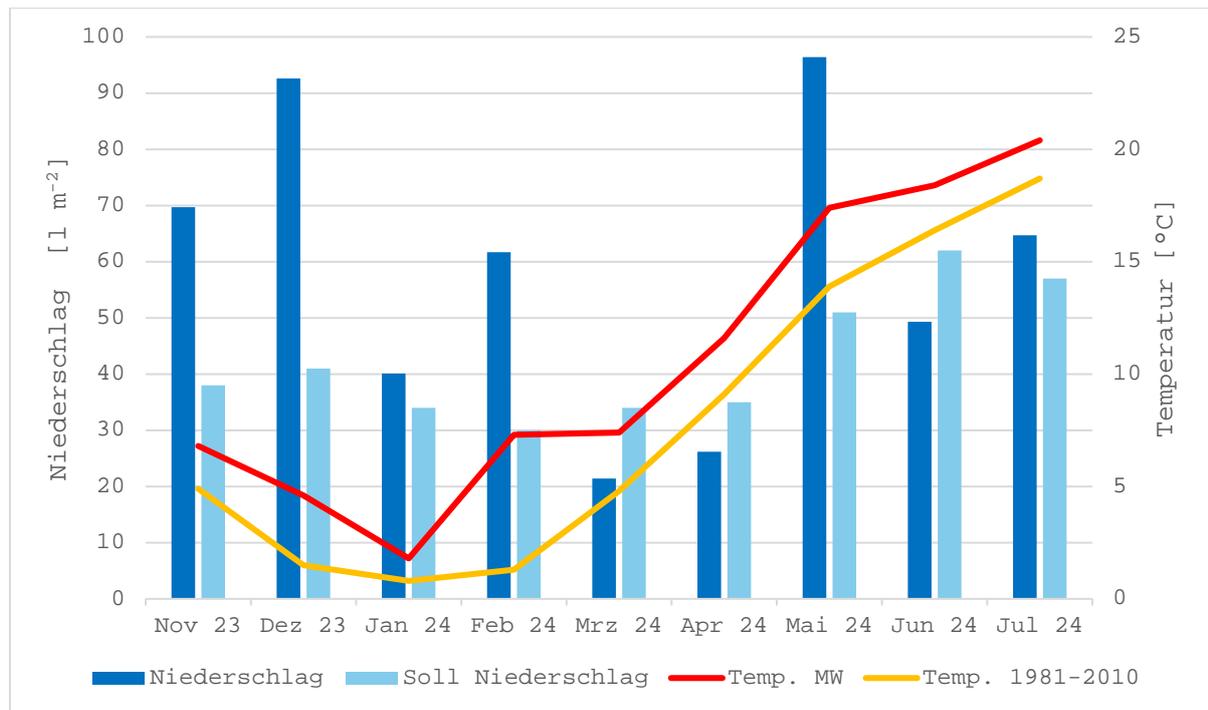


Abbildung 11: Wetterdaten von November 2023 bis Juli 2024 der Prüfstelle Magdeburg im Vergleich mit langjährig erhobenen Daten; (DWD 2010; Eigene Darstellung 2024).

Die Monatsniederschläge der vorliegenden Wetterdaten zeigen, dass in sechs von neun Monaten die langjährigen Niederschläge erreicht wurden. Im März, April und Juni 2024 gab es ein Defizit an Niederschlägen im Vergleich zu den langjährig erhobenen Daten. Die Monate November, Dezember, Februar und Mai zeigten einen deutlichen Überschuss an gefallenen Niederschlägen mit 183 bis 225 % über dem langjährigen Mittel.

Der Temperaturverlauf zeigt, dass die Daten für das Jahr 2023/2024 in jedem Monat über den langjährig erhobenen Daten für die Temperatur lagen. Die höchste Durchschnittstemperatur wurde für den Juli mit 20,4 °C ermittelt. Die tiefste Temperatur verzeichnete der Januar mit durchschnittlich 1,8 °C. Die größte Differenz zum langjährigen Mittel zeigte der Februar. Hier ist deutlich zu erkennen, dass die Temperatur im Jahr 2024 stark über dem Mittel aus den Jahren 1981 bis 2010 lag (DWD 2010).

4.4 Erhobene Parameter am Bestand

Während der Vegetation wurden verschiedene Parameter am Pflanzenbestand ermittelt. Dazu gehörte im Frühjahr die aufgelaufenen Pflanzen als Keimpflanzen auf der Einzelpflanzenparzelle. Außerdem wurden die Pflanzenlänge und die ährentragenden Halme als Bestandesdichte ermittelt. Zusätzlich wurden an geschnittenen Ähren die Parameter Ährenlänge, Grannen- bzw. Spelzenspitzenlänge und Stufenzahl gemessen bzw. gezählt. Eine Berechnung der Ährendichte erfolgte mit diesen Parametern.

4.4.1 Aufgelaufene Pflanzen pro Parzelle (Keimpflanzenzahl)

Die Erfassung der aufgelaufenen Pflanzen der Parzelle wurde durch eine Zählung an den Einzelpflanzenparzellen bestimmt. Die Zahlen wurden jeweils pro Reihe notiert. Diese Zählung wurde nur an den Einzelpflanzenparzellen durchgeführt, da eine Zählung an den Drillparzellen nicht möglich war. In den Drillparzellen stehen die Pflanzen bedingt durch die Ablage so eng, dass eine exakte Trennung der einzelnen Pflanzen nicht möglich war, ohne diese aus dem Boden zu ziehen. Bei der Registerprüfung Getreide sind die Drillparzellen so angelegt, dass immer 1.000 Pflanzen auf den sechs Reihen und der Länge von 3,25 m stehen, weil sich die Erfassungen auf diese Zahl beziehen (BUNDESSORTENAMT 2020b, 2020a). Die geernteten Drillparzellen stammen aus der Registerprüfung, weshalb von einer Pflanzenzahl nach Aufgang von 1.000 Pflanzen auszugehen ist.

4.4.2 Pflanzenlänge, Bestandesdichte, Bestockungskoeffizient

Für die Bestimmung der Pflanzenlänge wurden in jeder Parzelle fünf Messungen vorgenommen. Dafür wurden die Stirnseiten der Parzellen wegen eventueller Randeffekte ausgelassen. Die Messlatte wurde in die Parzelle gestellt und die Pflanzen an ihr entlang aufgerichtet. Die Pflanzen wurden bei der Sommergerste mit Grannen gemessen. Abweichende Pflanzen, falls diese ersichtlich in der Parzelle vorhanden waren, wurden bei den Messungen nicht berücksichtigt. Die ermittelten Werte wurden in Zentimeter notiert und mit diesen ein Mittelwert pro Sorte berechnet (Vorgehen siehe BUNDESSORTENAMT 2016).

Die Ermittlung der Bestandesdichte erfolgte an einer repräsentativen Stelle in der Parzelle. Dafür wurde jeweils die zweite und fünfte Reihe in der Parzelle herangezogen. Für die Zählung wurde als Maß ein Bambusstab verwendet, der einen Meter lang war. Dieser wurde an die Reihen gehalten und jeweils alle ährentragenden Halme entlang dieses Bambusstabes gezählt. Die Zahlen wurden notiert (Vorgehen siehe BUNDESSORTENAMT 2016).

Aus der ermittelten Keimpflanzenzahl pro Parzelle und den gezählten ährentragenden Halmen wurde ein Bestockungskoeffizient für die Einzelpflanzenparzellen errechnet. Die Zielpflanzenzahl für die Drillparzellen ist mit 1.000 Keimpflanzen festgelegt. Diese Zahl wurde für die Berechnung des Bestockungskoeffizienten bei den Drillparzellen zu Grunde gelegt. Der Bestockungskoeffizient wurde mit folgender Formel ermittelt:

$$\text{Bestockungskoeffizient} = \frac{\text{ährentragende Halme pro Parzelle}}{\text{Keimpflanzenzahl pro Parzelle}}$$

4.4.3 Messungen, Zählungen sowie Berechnungen an den Ähren

Die Messungen beim Winterweizen und der Sommergerste umfassen die Ährenlänge und die Grannen- bzw. Spelzenspitzenlänge. Alle Messungen werden in Millimetern vorgenommen. Die Stufenzahl wird durch Zählen ermittelt.

Die Messungen werden an zehn Ähren einer Parzelle durchgeführt. Es wurden dafür zehn Ähren von zehn verschiedenen Pflanzen geschnitten. An der Pflanze wurde die Haupthalmähre abgetrennt. Ähren von Nebentrieben sind nicht zu verwenden, da diese weniger stark entwickelt sind und so zu Verfälschungen des Ergebnisses führen. Für die Messungen wird Millimeterpapier verwendet.



Abbildung 12: Messung der Ährenlänge (oben links), Messung der Spelzenspitzenlänge (oben rechts), Zählung der Stufenzahl (unten) beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Für die Messungen der Ährenlänge beim Winterweizen wird die Ährenansatzstelle am Halm als Nullpunkt und als Endpunkt die Ährenspitze genommen. Die Werte werden notiert. Die in diesem Versuch verwendeten Weizensorten sind alle unbegrannt, weshalb keine Grannenlänge gemessen werden kann. Beim Weizen werden entsprechend die Spelzenspitzen, die bei unbegrannten Weizen auftreten, gemessen. Der erste Punkt wird dort angelegt, wo die Ährenlänge endet. Der zweite Punkt ist definiert als Punkt, wo die längste Spelzenspitze endet. Diese Zahl wird notiert. Die Ermittlung der Stufenzahl der Spindel erfolgt durch Zählen. Dabei ist die Anzahl der Körner je Spindelstufe nicht entscheidend, da diese variieren kann. Es geht um die reine Anzahl der Spindelstufen. Die Ähre wird dafür so gedreht, dass seitlich auf die Kornreihen geblickt werden kann und so die Spindelstufen von unten nach oben ermittelt werden können. Der Wert wird notiert. Beim Winterweizen werden alle Werte zu jeder Ähre aufgeschrieben und am Ende die Ährendichte ermittelt. Das Vorgehen bei den Messungen und der Zählung ist in Abbildung 12 dargestellt.

Für die Messung der Sommergerste wird als erstes die Ährenlänge gemessen. Sie beginnt an der Ährenansatzstelle am Halm und endet oben mit der Ährenspitze. Diese Länge wird notiert. Zusätzlich werden die Grannen gemessen. Dafür wird das Ende der Ährenlänge als erster Punkt angenommen. Das Ende der Grannen ist dort, wo die meisten Grannen enden. Die Werte werden zu jeder Ähre notiert. Die Stufenzahl wird bei der zweizeiligen Gerste ermittelt, indem alle Ährchen von unten nach oben gezählt werden. Daraus ergibt sich die Anzahl der Spindelstufen. Jede dieser drei Messungen wird an allen zehn Ähren durchgeführt. Die Ergebnisse sind jeweils zur Ähre zu notieren, damit am Ende die Ährendichte bestimmt werden kann. Die Messungen und die Zählung sind in Abbildung 13 abgebildet.

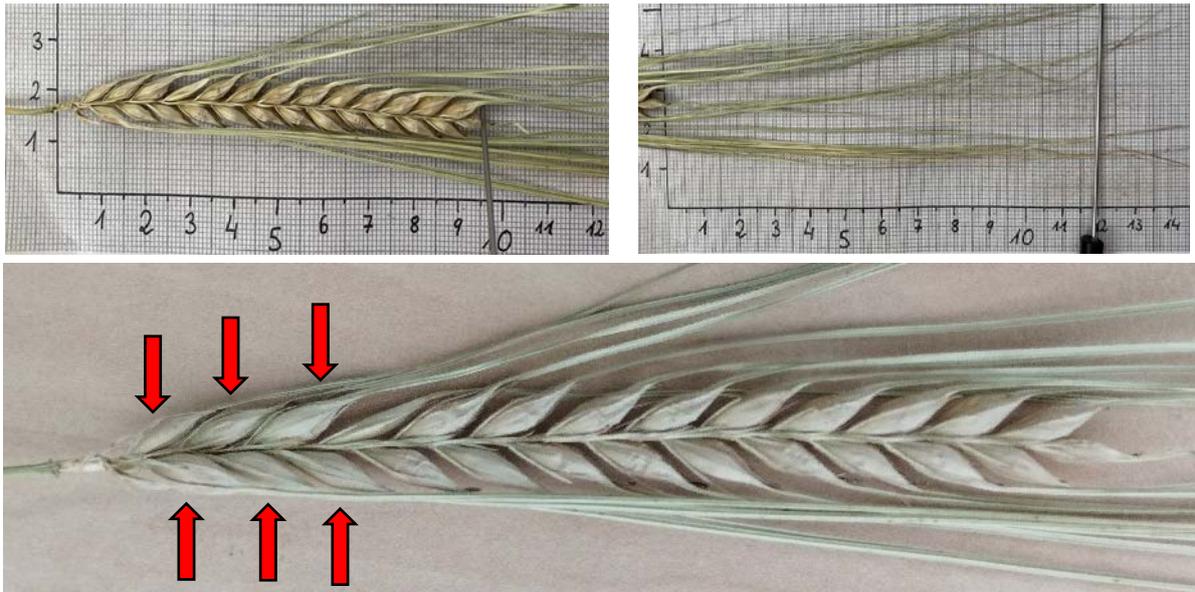


Abbildung 13: Messung der Ährenlänge (oben links), Messung der Grannenlänge (oben rechts), Zählung der Stufenzahl (unten) bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Die Ährendichte wurde bei Winterweizen und Sommergerste errechnet. Dabei werden die Größen Ährenlänge und Stufenzahl benötigt. Die Berechnung wird je Ähre vorgenommen. Deshalb müssen die erfassten Werte zur zugehörigen Ähre notiert werden. Die Formel lautet:

$$\text{Ährendichte} = \frac{\text{Stufenzahl}}{\text{Ährenlänge [mm]}} \cdot 100$$

4.5 Erhobene Parameter am Erntegut

Die Ernte der einzelnen Parzellen erfolgte mit einem Parzellenmähdrescher der Firma Haldrup (siehe Abbildung 14). Das Schneidwerk des Mähdreschers weist eine Arbeitsbreite von 1,50 m auf. Da die Parzellen schmaler waren, musste bei der Ernte sehr genau gearbeitet werden, damit keine Pflanzen von der Nachbarparzelle mit geerntet wurden. Dafür wurden die Parzellen der Sommergerste gescheitelt, d.h. die äußeren Reihen nach Innen geschlagen, um eine exakte Trennung bei der Ernte zu ermöglichen. Dieses war vor allem bei den Drillparzellen notwendig, da Niederschläge am 31. Mai 2024 mit $60 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}$ zu Lager in der Prüfung geführt hatten und durch die Abreife der Bestand zusätzlich von Halmknicken stark betroffen war. Der Winterweizen zeigte zur Ernte weder in den Drillparzellen noch in den Einzelpflanzenparzellen Lager, sodass ein stehender Bestand ohne Scheiteln geerntet werden konnte.

Die Ernte der Sommergerste erfolgte am 23. Juli 2024, der Winterweizen wurde am 31. Juli 2024 geerntet.



Abbildung 14: Parzellenmähdrescher der Firma Haldrup; Arbeitsbreite: 1,50 m (links), Erntesack wird seitlich am Mähdrescher gesammelt (rechts); (Eigene Aufnahme 2024).

Nach der Ernte wurden die Parameter Parzellenertrag, Feuchtegehalt und Tausendkornmasse (TKM) erfasst sowie beim Winterweizen die Parameter Rohproteingehalt und Sedimentationswert gemessen.

4.5.1 Ertrag, Feuchte- und Rohproteingehalt und Sedimentationswert

Der gesamte Kornertrag der Parzellen wird in der Kabine des Mähdreschers in einen Sack abgenommen, etikettiert und verschlossen. Die Erntesäcke wurden gesammelt und vom Feld abtransportiert. Auf dem Gelände der Prüfstelle wurde anschließend mit einer Waage (Firma Mettler Toledo, Modell Spider 3S) das Gewicht des Erntesacks ermittelt (siehe Abbildung 15).

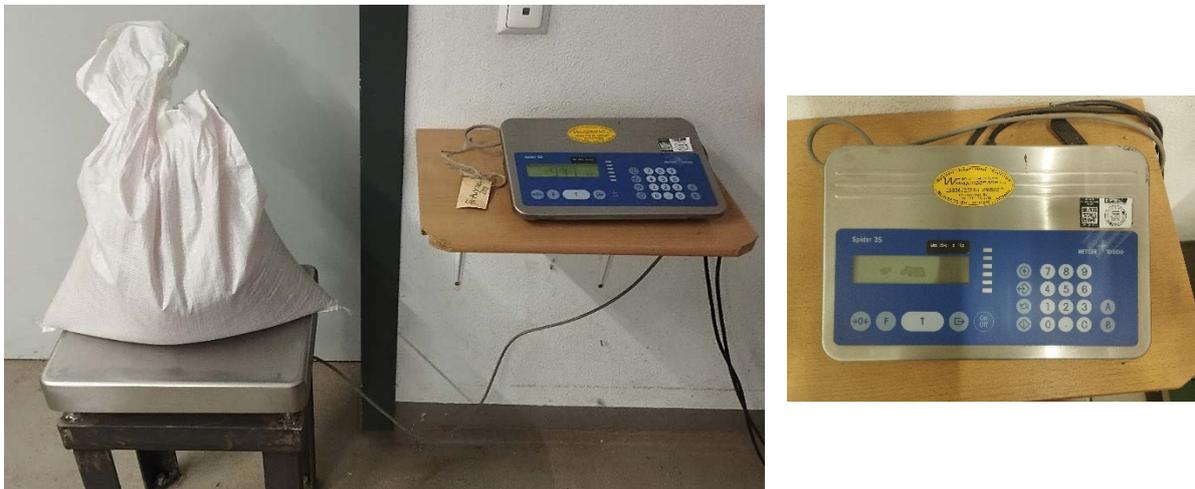


Abbildung 15: Erfassung des Ertrags mit einer Waage der Firma Mettler Toledo; (Eigene Aufnahme 2024).

Danach wurde aus diesem Sack eine Probe für die Feuchtigkeitsmessung mit dem Granomat (Firma Pfeuffer) genommen (siehe Abbildung 16). Die Einstellung am Granomat ist nach der Kulturart zu wählen, da die Werte anhand der hinterlegten Eichkurve ermittelt werden. Nach Einfüllen der Probe ermittelte das Gerät den Feuchtegehalt. Der Wert wurde notiert. Zeitgleich wurde eine Probe aus jedem Sack für weitere Untersuchungen entnommen.



Abbildung 16: Erfassung des Feuchtegehalts mit dem Granomaten; (Eigene Aufnahme 2024).

Da der Granomat lediglich die Feuchte bestimmen kann, wurden die Proben für den Winterweizen bei der Magdeburger Getreide GmbH in Wanzleben auf Rohproteingehalt und Sedimentationswert untersucht. Dafür wurden die Proben in den Granolizer (Firma Pfeuffer) eingefüllt. Die Messung erfolgt anhand der Nahinfrarot-Technologie. Bei den Einstellungen des Geräts wird die Kulturart ausgewählt, um exakte Werte zu erhalten. Anschließend erfolgte die Messung der Probe.

4.5.2 Tausendkornmasse

Für die Bestimmung der Tausendkornmasse wurden die Proben per Hand gereinigt und Bruchkörner herausgesucht. Der gereinigte Teil wurde in das Kornzählgerät „Contador“ der Firma Pfeuffer gegeben und 500 Körner abgezählt. Diese Körner wurden mit einer Waage der Firma Sartorius gewogen und das Gewicht notiert. Das Vorgehen wird in Abbildung 17 aufgezeigt. Für jede Sorte und jedes Saatverfahren wurde diese Untersuchung dreimal durchgeführt. Aus den erhaltenen Gewichten für 500 Körner wurde die Tausendkornmasse errechnet.

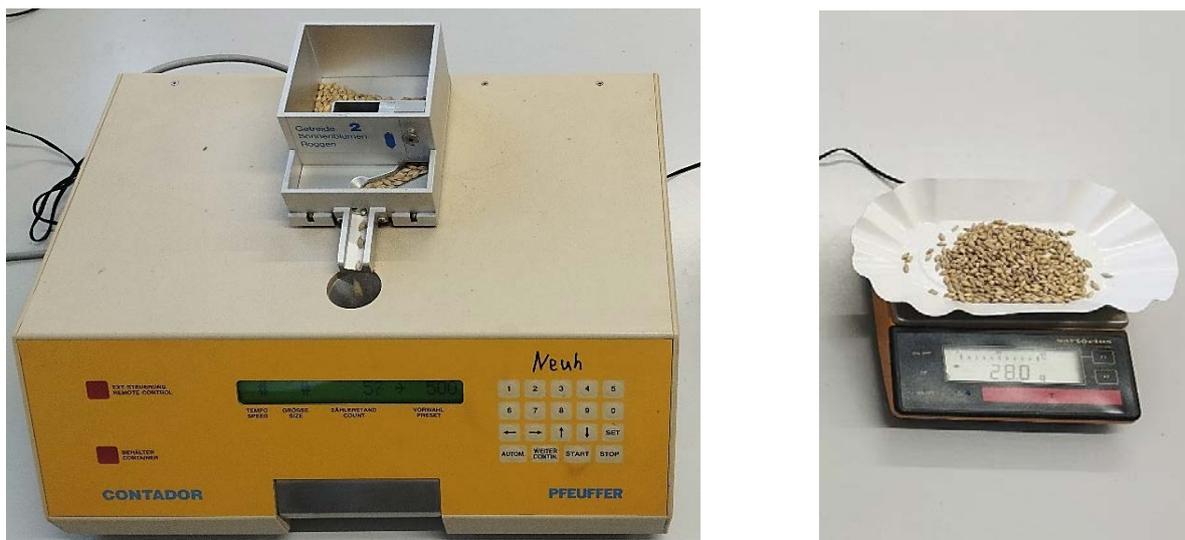


Abbildung 17: Kornzählgerät „Contador“ der Firma Pfeuffer (links), Waage der Firma Sartorius zur Ermittlung der TKM (rechts); (Eigene Aufnahme 2024).

4.6 Varianzanalyse

Die statistischen Auswertungen wurden mit dem statistischen Verfahren der Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Die Varianzanalyse ermöglicht den Vergleich von Mittelwerten mehrerer Gruppen und kann feststellen, ob signifikante Unterschiede zwischen diesen Gruppen vorliegen. Dabei wurde je nach Datenlage eine einfaktorielle oder zweifaktorielle ANOVA verwendet. Die Berechnungen wurden mit dem Microsoft-Programm Excel durchgeführt und die ausgegebenen Ergebnisse anschließend interpretiert. Es wurde so ermittelt, ob bei den verschiedenen Parametern signifikante, d.h. nicht zufällige, Unterschiede vorliegen.

Die einfaktorielle Varianzanalyse wurde bei den Parametern Ertrag, Rohproteingehalt und Sedimentationswert vorgenommen. Dabei wurde statistisch ausgewertet, ob es Unterschiede zwischen den Saatverfahren Drillparzelle und Einzelpflanzenparzelle gibt.

Die zweifaktorielle Varianzanalyse wurde bei den Messungen und Zählungen (Pflanzenlänge, Ähren-, Grannen- und Spelzenspitzenlänge, Stufenzahl, Ährendichte und Tausendkornmasse) durchgeführt. Dabei wurden sowohl Unterschiede zwischen den Sorten untersucht als auch zwischen den Saatverfahren. Außerdem wurden Wechselwirkungen zwischen den Sorten und den Saatverfahren betrachtet.

Für die Varianzanalysen wurde ein P-Wert von 0,05 angenommen, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass ein beobachteter Unterschied zwischen den Gruppen doch zufällig ist, beträgt 5 %. Der errechnete F-Wert wurde mit dem kritischen F-Wert verglichen. Ergab sich ein größerer errechneter F-Wert als der F-Wert aus der Tabelle, wurde die Nullhypothese („Es gibt keine signifikanten Unterschiede“) verworfen. Es traten somit signifikante Unterschiede auf. Im entgegengesetzten Fall wurde die Nullhypothese angenommen und so nicht signifikante Unterschiede ermittelt. In den Ergebnistabellen wurden die Signifikanzen für die Auswertung der Saatverfahren mit Buchstaben gekennzeichnet. Dabei ergeben gleiche Buchstaben keine signifikanten Unterschiede $p = 0,05$. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanzen für $p = 0,05$.

5 Ergebnisse

5.1 Keimpflanzenzahl

Die Keimpflanzenzahl wurde an den Einzelpflanzenparzellen bei Winterweizen und Sommergerste erfasst. Beim Winterweizen konnten im Mittel 46,7 Pflanzen pro Reihe bei einer Spanne von 29 bis 59 Pflanzen ermittelt werden. Auf der Parzelle wurden Werte zwischen 227 bis 321 Pflanzen gezählt. Dabei wies die Sorte Sinatra die geringste Anzahl an Pflanzen pro Parzelle auf, die Sorte Boss zeigte die meisten Keimpflanzen pro Parzelle. Aus den Auszählungen ergaben sich damit im Durchschnitt $280,1 \pm 39,91$ Pflanzen pro Parzelle (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Ermittelte Anzahl an Keimpflanzen bei den Einzelpflanzenparzellen beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen		
	MW \pm s [pro Reihe]	Min - Max [pro Reihe]	Pflanzen pro Parzelle
Ponticus	52,2 \pm 3,76	48 - 59	313
Boss	53,5 \pm 3,51	48 - 59	321
LG Mocca	53,0 \pm 1,67	51 - 55	318
LG Lunaris	43,8 \pm 2,64	39 - 46	263
Jubilo	44,2 \pm 3,76	37 - 47	265
KWS Donovan	46,7 \pm 6,31	40 - 55	280
Sinatra	37,8 \pm 5,91	29 - 45	227
Attribut	51,5 \pm 1,87	49 - 54	309
KWS Elementary	48,5 \pm 4,14	42 - 52	291
KWS Extase	47,5 \pm 6,02	38 - 56	285
RGT Kreation	48,0 \pm 6,36	36 - 53	288
Spectral	46,0 \pm 4,94	40 - 52	276
SU Tammo	51,0 \pm 8,44	36 - 59	306
LG Artman	50,2 \pm 3,19	47 - 55	301
Materius	46,2 \pm 5,85	37 - 53	277
Gesamt	46,7 \pm 4,69	29 - 59	280,1 \pm 39,91

Für die Sommergerste zeigten sich im Mittel 52,5 Pflanzen pro Reihe mit einer Spanne von 30 bis 63 Pflanzen je nach Sorte. Die Keimpflanzenzahl lag zwischen 224 und 350 Pflanzen pro Parzelle der Einzelpflanzen. Dabei wuchsen bei der Sorte LG Rumba die wenigsten Pflanzen pro Parzelle und bei der Sorte KWS Chrissie die meisten Pflanzen pro Parzelle. Im Durchschnitt wurden $314,8 \pm 33,78$ Pflanzen pro Einzelpflanzenparzelle ermittelt (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Ermittelte Anzahl an Keimpflanzen bei den Einzelpflanzenparzellen bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen		
	MW \pm s [pro Reihe]	Min - Max [pro Reihe]	Pflanzen pro Parzelle
KWS Abbie	55,7 \pm 2,80	52 - 59	334
LG Rumba	37,3 \pm 4,89	30 - 44	224
Schiwago	52,8 \pm 3,49	48 - 57	317
KWS Chrissie	58,3 \pm 2,94	54 - 63	350
LG Tosca	53,0 \pm 2,10	51 - 56	318
Fairway	50,7 \pm 3,50	45 - 56	304
Valérian	54,5 \pm 2,51	51 - 57	327
Applaus	56,2 \pm 2,86	52 - 60	337
Yoda	56,0 \pm 3,29	51 - 60	336
Gingko	53,2 \pm 4,83	46 - 60	319
RGT Planet	49,5 \pm 3,21	44 - 53	297
Gesamt	52,5 \pm 3,31	30 - 63	314,8 \pm 33,78

Für die Drillparzellen kann eine Keimpflanzenzahl von 1.000 pro Parzelle angenommen werden.

5.2 Pflanzenlänge

In Tabelle 10 werden die Ergebnisse der Pflanzenlänge vom Winterweizen dargestellt.

Tabelle 10: Ergebnisse der Messungen der Pflanzenlänge [cm] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Sortenbezeichnung	Einzelpflanzen		Drillparzelle	
	MW \pm s	Min - Max	MW \pm s	Min - Max
Ponticus	88,2 \pm 0,84	87 - 89	85,0 \pm 1,22	83 - 86
Boss	87,2 \pm 1,92	85 - 90	84,2 \pm 2,28	81 - 87
LG Mocca	88,0 \pm 2,12	85 - 90	87,0 \pm 2,83	82 - 89
LG Lunaris	88,2 \pm 1,30	86 - 89	92,6 \pm 2,07	90 - 95
Jubilo	91,6 \pm 1,52	90 - 94	96,0 \pm 1,41	94 - 98
KWS Donovan	88,2 \pm 2,17	85 - 91	95,2 \pm 0,84	94 - 96
Sinatra	84,2 \pm 2,17	81 - 87	94,6 \pm 0,89	94 - 96
Attribut	94,6 \pm 1,52	93 - 96	100,4 \pm 1,67	98 - 102
KWS Elementary	89,2 \pm 2,77	86 - 93	92,4 \pm 1,52	90 - 94
KWS Extase	80,8 \pm 2,17	78 - 84	87,4 \pm 1,14	86 - 89
RGT Kreation	87,6 \pm 2,88	84 - 92	92,2 \pm 2,59	89 - 96
Spectral	86,6 \pm 1,82	85 - 89	90,8 \pm 1,30	89 - 92
SU Tammo	97,0 \pm 2,12	94 - 100	101,1 \pm 1,87	99 - 103
LG Artman	80,6 \pm 1,52	79 - 83	85,0 \pm 1,58	83 - 87
Materius	96,4 \pm 1,52	95 - 99	106,2 \pm 1,92	104 - 109
Gesamt	88,8 \pm 4,80 ^a	78 - 100	92,8 \pm 6,29 ^b	81 - 109

Es ergab sich für die Pflanzenlänge bei den Einzelpflanzen eine mittlere Höhe von $88,8 \text{ cm} \pm 4,80 \text{ cm}$. Im Gegensatz dazu zeigte sich bei den Drillparzellen ein Durchschnittswert bei der Pflanzenlänge von $92,8 \text{ cm} \pm 6,29 \text{ cm}$. Die statistische Untersuchung mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse ergab einen signifikanten Unterschied zwischen Einzelpflanzen- und Drillparzellen ($p = 0,05$). Außerdem ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Winterweizensorten ($p = 0,05$). Die Interaktionen zwischen Saatverfahren und Sorten waren ebenfalls signifikant ($p = 0,05$).

Die Pflanzenlänge wies bei der Sommergerste im Mittel der Untersuchungen eine Höhe von $90,4 \text{ cm} \pm 4,04 \text{ cm}$ bei den Einzelpflanzen auf. Bei den Drillparzellen lag die mittlere Pflanzenlänge bei $86,1 \text{ cm} \pm 4,71 \text{ cm}$. Bei der Untersuchung mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Saatverfahren Einzelpflanzen und Drillparzelle ($p = 0,05$). Auch die unterschiedlichen Sorten als zweiter Faktor wiesen einen signifikanten Unterschied untereinander auf ($p = 0,05$), wobei auch signifikante Wechselwirkungen zwischen Saatverfahren und Sorte ermittelt werden konnten ($p = 0,05$). Tabelle 11 zeigt die Ergebnisse für die Pflanzenlänge bei der Sommergerste.

Tabelle 11: Ergebnisse der Messungen der Pflanzenlänge [cm] bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Sortenbezeichnung	Einzelpflanzen		Drillparzelle	
	MW \pm s	Min - Max	MW \pm s	Min - Max
KWS Abbie	$88,2 \pm 3,35$	86 - 94	$85,2 \pm 3,11$	82 - 89
LG Rumba	$87,4 \pm 2,07$	85 - 90	$87,8 \pm 4,44$	84 - 95
Schiwago	$92,8 \pm 3,11$	90 - 96	$92,8 \pm 1,92$	90 - 95
KWS Chrissie	$87,2 \pm 2,05$	85 - 89	$87,0 \pm 2,55$	85 - 91
LG Tosca	$87,8 \pm 2,17$	85 - 90	$84,4 \pm 1,14$	83 - 86
Fairway	$96,8 \pm 2,59$	94 - 100	$83,4 \pm 1,14$	82 - 85
Valérian	$85,6 \pm 1,95$	83 - 88	$75,2 \pm 5,22$	70 - 83
Applaus	$86,4 \pm 4,04$	81 - 92	$83,8 \pm 2,59$	80 - 87
Yoda	$95,6 \pm 0,89$	95 - 97	$86,6 \pm 3,78$	82 - 90
Gingko	$93,0 \pm 0,71$	92 - 94	$89,6 \pm 2,79$	87 - 93
RGT Planet	$94,0 \pm 1,41$	92 - 96	$91,2 \pm 1,64$	89 - 93
Gesamt	$90,4 \pm 4,04^a$	81 - 100	$86,1 \pm 4,71^b$	80 - 95

5.3 Bestandesdichte

Die gezählten Werte in den Parzellen für die ährentragenden Halme pro laufenden Meter wurden gemittelt. Daraus wurde anschließend die Bestandesdichte pro m^2 errechnet. Die Anzahl der so ermittelten Ähren pro m^2 für Winterweizen zeigt die Abbildung 18. Die Werte für Winterweizen wiesen eine Spanne von 248 bis 364 Ähren $\cdot\text{m}^{-2}$ für die Einzelpflanzenparzellen auf. Für die Drillparzellen ergaben sich Werte von 316 bis 440 Ähren $\cdot\text{m}^{-2}$. Es wurden immer höhere Werte für die Drillparzellen als für die Einzelpflanzen bei allen gewählten Sorten festgestellt.

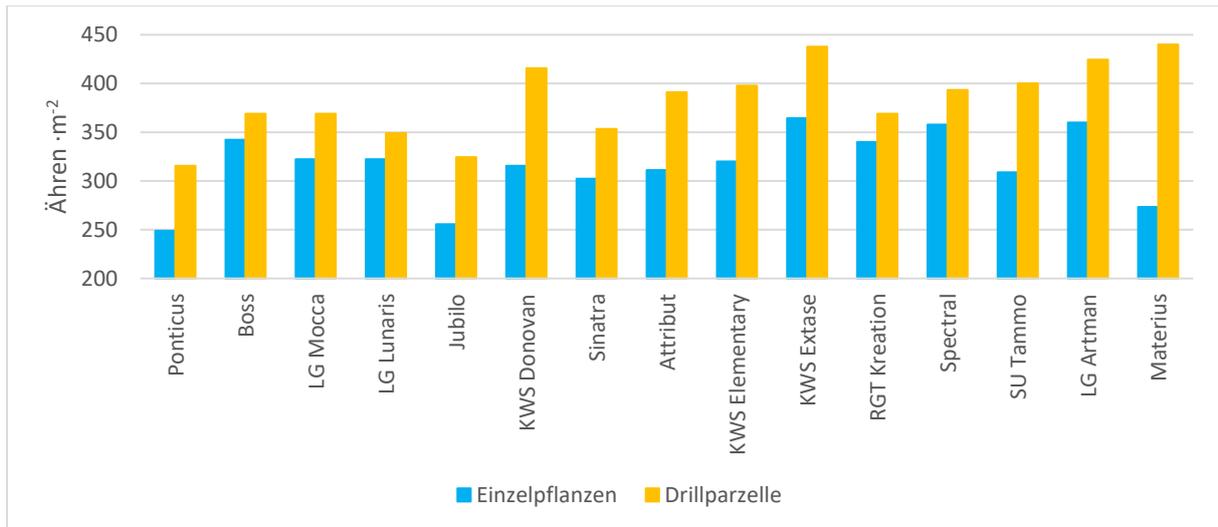


Abbildung 18: Bestandesdichte [Ähren·m⁻²] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Für die Sommergerste wurden Werte zwischen 411 und 498 Ähren·m⁻² für die Einzelpflanzenparzellen ermittelt. Die Drillparzellen zeigten Werte von 440 bis 729 Ähren·m⁻². Die Bestandesdichte war bei allen Sorten für die Drillparzellen höher. Eine Ausnahme war die Sorte Valérian, bei der der Wert für die Einzelpflanzen höher lag. Die ermittelten Werte für alle Sommergerstensorten werden in Abbildung 19 dargestellt.

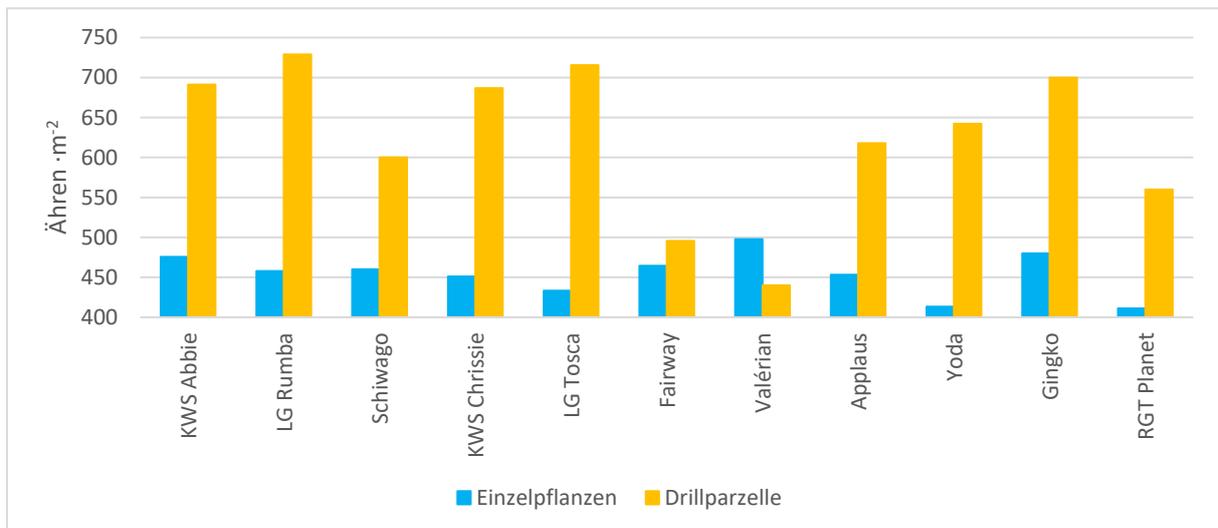


Abbildung 19: Bestandesdichte [Ähren·m⁻²] bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

5.4 Bestockungskoeffizient

Die Ergebnisse der Berechnung der Bestockungskoeffizienten wurden für den Winterweizen in Tabelle 12 zusammengefasst. Die Koeffizienten für die Einzelpflanzen ergaben Werte zwischen 3,49 und 5,84. Im Mittel über alle Sorten wurde ein Wert von 5,08 ermittelt. Für die Drillparzellen wurden Werte zwischen 1,38 und 1,93 berechnet, im Durchschnitt waren es 1,67. Je höher der Wert ist, desto mehr Ähren pro Pflanze wurden ausgebildet. Die Sorte Sinatra wies den höchsten Bestockungskoeffizient (5,84) für die Einzelpflanzen auf, die Sorte Materius den höchsten Wert (1,93) bei den Drillparzellen.

Tabelle 12: Bestockungskoeffizienten für Einzelpflanzen und Drillparzellen bei Winterweizen und Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Bestockungskoeffizient					
Winterweizen			Sommergerste		
Sortenbezeichnung	Einzelpflanzen	Drillparzellen	Sortenbezeichnung	Einzelpflanzen	Drillparzellen
Ponticus	3,49	1,38	KWS Abbie	6,25	3,03
Boss	4,68	1,62	LG Rumba	8,97	3,20
LG Mocca	4,45	1,62	Schiwago	6,37	2,63
LG Lunaris	5,38	1,53	KWS Chrissie	5,66	3,01
Jubilo	4,23	1,42	LG Tosca	5,98	3,14
KWS Donovan	4,94	1,82	Fairway	6,70	2,17
Sinatra	5,84	1,55	Valérian	6,68	1,93
Attribut	4,42	1,72	Applaus	5,90	2,71
KWS Elementary	4,82	1,75	Yoda	5,40	2,82
KWS Extase	5,61	1,92	Gingko	6,60	3,07
RGT Kreation	5,18	1,62	RGT Planet	6,07	2,46
Spectral	5,69	1,73	Gesamt	6,42	2,74
SU Tammo	4,43	1,76			
LG Artman	5,25	1,86			
Materius	4,33	1,93			
Gesamt	5,08	1,67			

Die Bestockungskoeffizienten für die Sommergerste ergaben für die Einzelkornablage Werte zwischen 5,40 und 8,97, im Mittel wurde ein Wert von 6,42 errechnet. Bei den Drillparzellen wurden Werte zwischen 1,93 und 3,20 festgehalten. Es ergab sich ein mittlerer Wert von 2,74 (siehe Tabelle 12). Für die Sorte LG Rumba wurde bei den Einzelpflanzen und Drillparzellen der jeweils höchste Bestockungskoeffizient berechnet. Dieser lag bei den Einzelpflanzen bei 8,97, bei den Drillparzellen bei 3,20.

5.5 Messungen und Zählungen an den Ähren

Für den Winterweizen wurden die Ergebnisse für Ährenlänge, Spelzenspitzenlänge und Stufenzahl dokumentiert. Bei der Sommergerste liegen die Ergebnisse für die Ährenlänge, Grannenlänge und Stufenzahl vor.

5.5.1 Winterweizen

Die Ergebnisse der Ährenlänge werden in Abbildung 20 als Boxplots dargestellt. Für die Einzelpflanzen ergaben sich Messwerte zwischen 110,4 und 141,8 mm. Bei den Drillparzellen wurden Werte zwischen 100,6 und 124,8 mm ermittelt. Je nach Sorte können die Varianzen mehr oder weniger stark schwanken. Bei allen Sorten lagen die Ährenlängen der Einzelpflanzen über den Werten der Drillparzellen. Die statistische Auswertung wurde mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse durchgeführt. Dabei wurden signifikante Unterschiede zwischen den Saatverfahren und zwischen den Sorten festgestellt ($p = 0,05$). Außerdem konnten signifikante Wechselwirkungen zwischen den Saatverfahren und den Sorten ermittelt werden ($p = 0,05$).

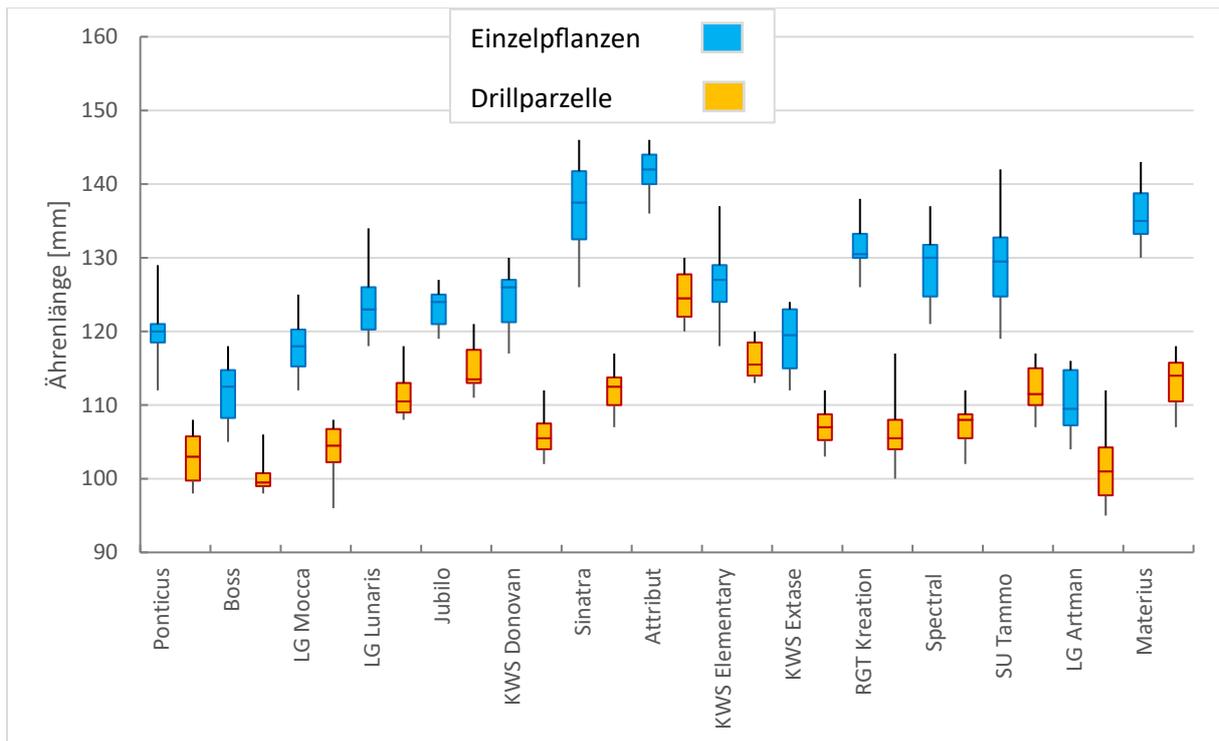


Abbildung 20: Darstellung der Messungen bei der Ährenlänge [mm] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Für die Spelzenspitzenlänge beim Winterweizen ergaben sich bei den Einzelpflanzen Mittelwerte zwischen 8,3 und 18,5 mm. Bei den Drillparzellen wurden Mittelwerte zwischen 5,2 und 20,5 mm berechnet. Die Messgenauigkeit dieses Merkmals ist fraglich, da die Spelzenspitzen sehr kurz sind. Aufgrund dessen wurde keine statistische Auswertung vorgenommen.

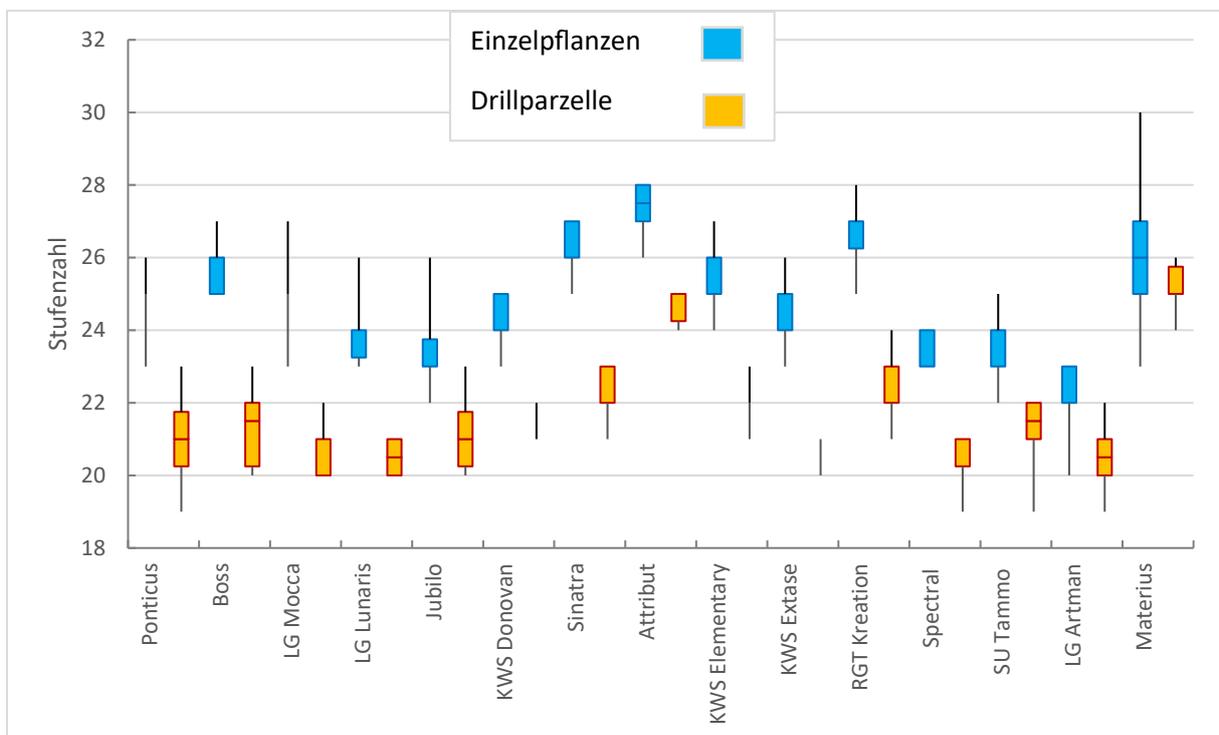


Abbildung 21: Darstellung der Zählungen bei der Stufenzahl beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Die Mittelwerte der Stufenzahl für Winterweizen lagen bei den Einzelpflanzen zwischen 22,1 und 26,3. Für die Drillparzellen wurden bei Winterweizen Mittelwerte zwischen 20,5 und 25,1 ermittelt. Dabei lag die gezählte Stufenzahl für die einzelne Sorte bei den Einzelpflanzen immer höher als für die jeweilige Sorte bei den Drillparzellen. Die Sorte LG Artman zeigte in beiden Saatverfahren die niedrigsten Mittelwerte für die Stufenzahl (siehe Abbildung 21). Mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse wurden signifikante Unterschiede mit $p = 0,05$ für die Saatverfahren, die Sorten und die Interaktionen zwischen Saatverfahren und Sorte ermittelt.

5.5.2 Sommergerste

Für die Sommergerste wurden mittlere Werte von 104,4 bis 116,8 mm für die Einzelpflanzen im Merkmal Ährenlänge ermittelt. Das Saatverfahren Drillparzelle wies Mittelwerte zwischen 92,3 und 105,0 mm auf. Die Sorte Valérian zeigte dabei sowohl für die Einzelpflanzen als auch für die Drillparzellen die kürzeste Ährenlänge im Mittel aller gemessenen Ähren. Grundsätzlich zeigten die Einzelpflanzen eine längere Ährenlänge als die Drillparzellen. Die Werte für diesen Parameter werden als Boxplots in Abbildung 22 dargestellt. Für die statistische Auswertung wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse verwendet, die die signifikanten Unterschiede mit $p = 0,05$ aufzeigen sollte, falls welche vorhanden sind. Für die Saatverfahren und für die Sorten wurden signifikante Unterschiede festgestellt, bei den Wechselwirkungen beider Faktoren ergaben sich nicht signifikante Unterschiede.

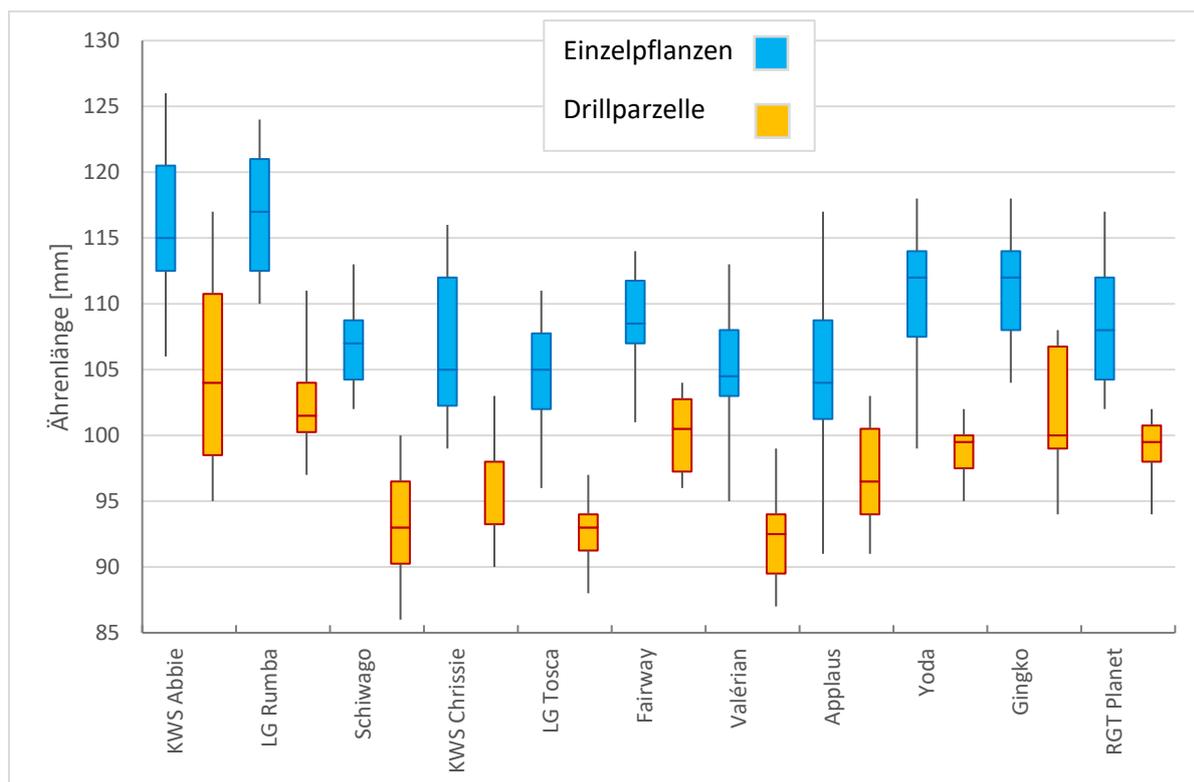


Abbildung 22: Darstellung der Messungen der Ährenlänge [mm] bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Bei der Grannenlänge der Einzelpflanzen wurden für die Sommergerste im Mittel Werte zwischen 116,0 und 134,5 mm berechnet. Für die Drillparzellen ergaben sich Mittelwerte zwischen 118,5 und 133,0 mm. Da für den Winterweizen keine statistische Auswertung vorgenommen wurde, wurde dieser Parameter auch bei der Sommergerste nicht weiter ausgewertet, um eine gleiche Betrachtung beider Kulturarten zu ermöglichen.

Die Stufenzahl bei der Sommergerste ist in Abbildung 23 als Boxplots grafisch veranschaulicht. Für die Einzelpflanzen ergaben sich mittlere Werte von 31,9 und 35,6, die Drillparzellen wiesen Mittelwerte zwischen 27,9 und 32,6 auf. Dabei zeigten die Einzelpflanzen bei allen Sorten höhere Mittelwerte. Die Sorte KWS Abbie war in beiden Saatverfahren die Sorte mit der höchsten mittleren Stufenzahl. Die statistische Auswertung mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse ergab signifikante Unterschiede zwischen den Saatverfahren ($p = 0,05$) und bei den Sorten ($p = 0,05$). Es wurden keine signifikanten Unterschiede bei der Interaktion von Saatverfahren und Sorten festgestellt ($p = 0,05$).

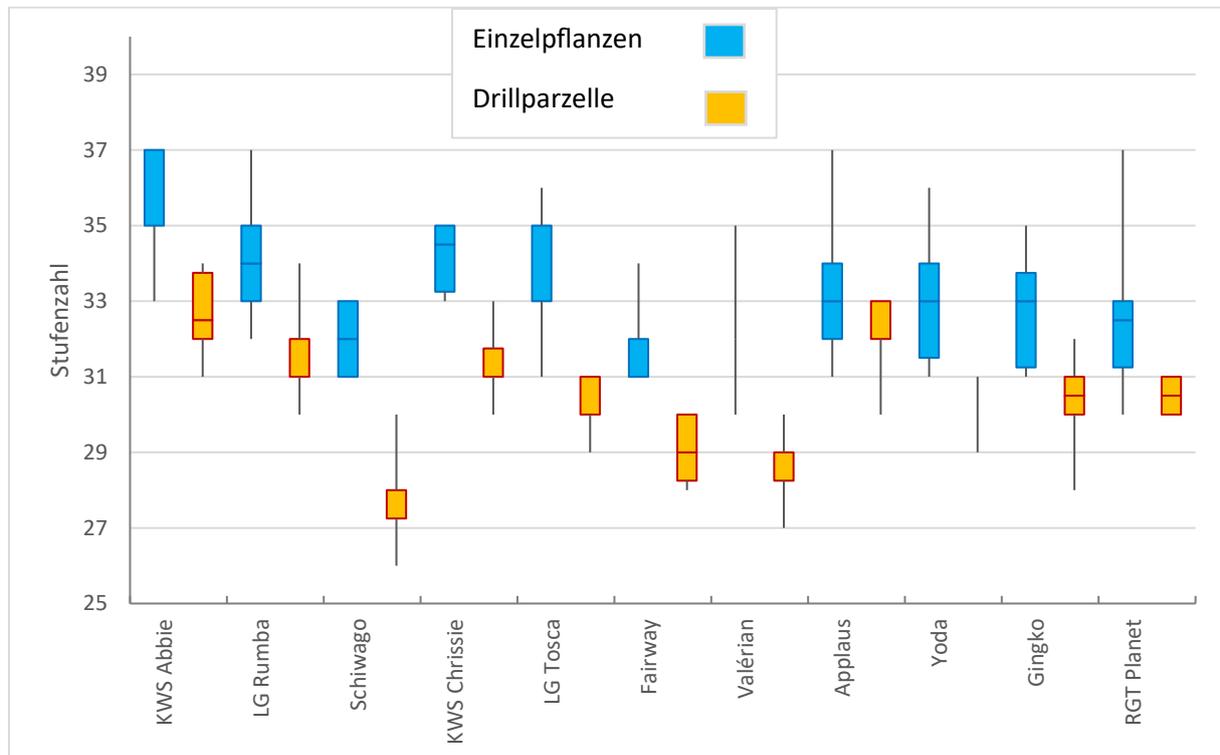


Abbildung 23: Darstellung der Zählungen der Stufenzahl bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

5.6 Ährendichte

Die Berechnung der Ährendichte aus der Ährenlänge und der Stufenzahl wurde tabellarisch durchgeführt. Je niedriger die berechnete Zahl ist, desto dichter sind die Spindelstufen angeordnet. Die grafische Darstellung erfolgt als Boxplots (siehe Abbildung 24 und Abbildung 25).

Für den Winterweizen wurden Mittelwerte von 17,6 und 23,0 für die Einzelpflanzen bei der Ährendichte ermittelt. Für die Drillparzellen wurden im Mittel 18,4 und 22,2 berechnet. Auffallend war, dass bei einigen Sorten die Einzelpflanzen höhere Werte im Merkmal Ährendichte aufwiesen, bei anderen Sorten die Drillparzellen. Dieses zeigte sich auch bei der statistischen Auswertung mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse. Während es bei den Saatverfahren keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,05$) gab, zeigten die Sorten signifikante Unterschiede mit $p = 0,05$ bei der Ährendichte. Außerdem wurden bei den Wechselwirkungen zwischen dem Saatverfahren und den Sorten signifikante Unterschiede festgestellt ($p = 0,05$).

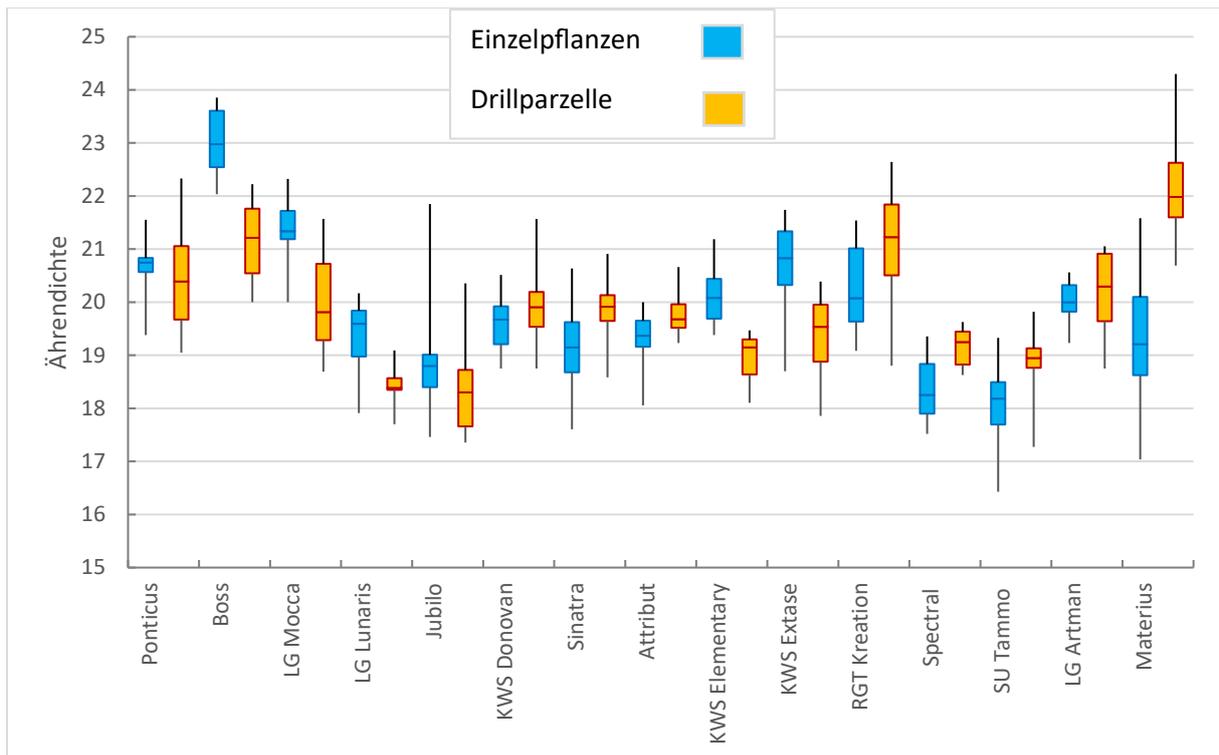


Abbildung 24: Darstellung der Ährendichte beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Die Berechnung der Ährendichte bei der Sommergerste ergab für die Einzelpflanzen im Mittel Werte zwischen 29,2 und 32,3. Die Mittelwerte für die Drillparzellen lagen zwischen 29,1 und 33,1. Die zweifaktorielle Varianzanalyse zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Saatverfahren ($p = 0,05$). Für die Sorten wurden ebenfalls signifikante Unterschiede in Bezug auf die Ährendichte festgestellt ($p = 0,05$). Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei den Wechselwirkungen ($p = 0,05$).

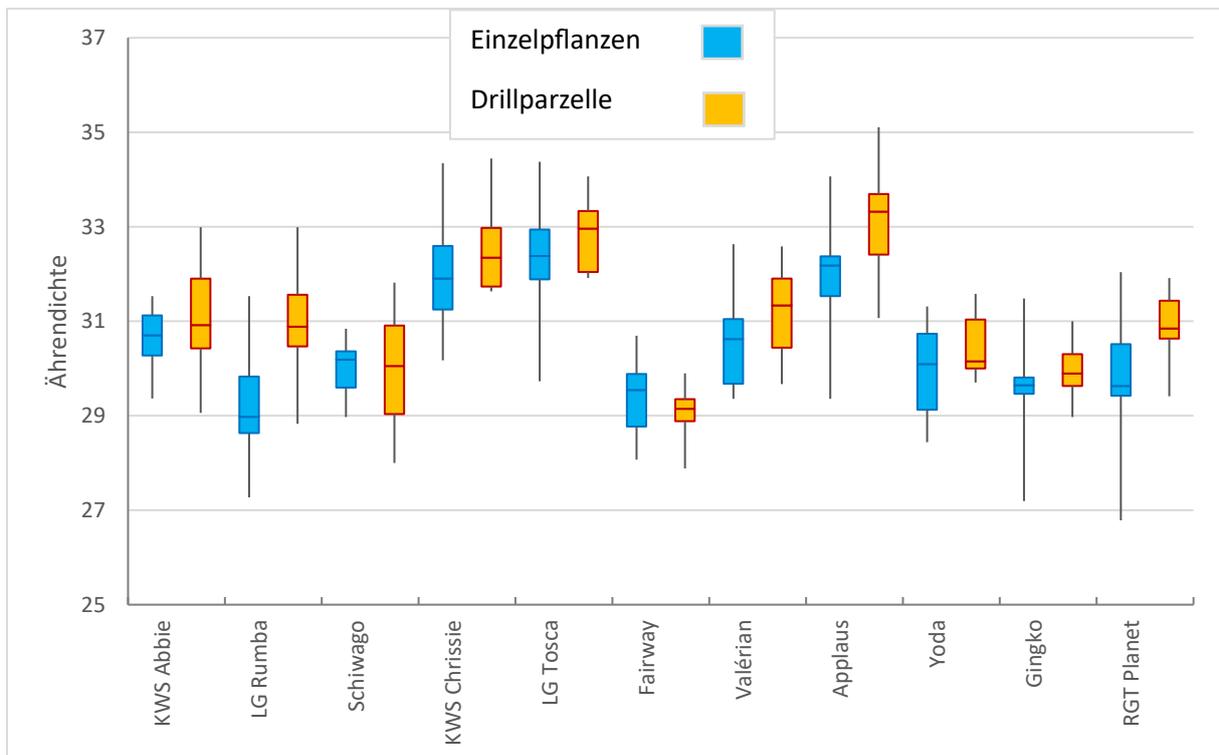


Abbildung 25: Darstellung der Ährendichte bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

5.7 Ertrag, Feuchte- und Rohproteingehalt und Sedimentationswert

Die Ergebnisse der Erträge und der Feuchte der geernteten Parzellen sind in Tabelle 13 für den Winterweizen dargestellt. Zusätzlich wurde ein Ertrag pro Hektar für eine Feuchtigkeit von 14 % errechnet. Die Erträge schwanken je nach Sorte zwischen 69,52 und 105,77 dt·ha⁻¹ für die Einzelpflanzenparzellen. Im Mittel wurde ein Ertrag von 93,42 dt·ha⁻¹ errechnet. Die Werte bei den Drillparzellen wiesen eine Spanne zwischen 56,54 und 113,19 dt·ha⁻¹ auf. Der Mittelwert lag dabei bei 101,38 dt·ha⁻¹. Die statistische Auswertung mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse ergab einen nicht signifikanten Unterschied zwischen den Saatverfahren Einzelpflanzen und Drillparzelle ($p = 0,05$).

Tabelle 13: Ertrag pro Parzelle und Feuchtegehalt beim Winterweizen nach Saatverfahren, Ertrag in dt·ha⁻¹ auf 14 % Feuchte berechnet; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen			Drillparzelle		
	Ertrag [kg·Parzelle ⁻¹]	Feuchte [%]	Ertrag [dt·ha ⁻¹]	Ertrag [kg·Parzelle ⁻¹]	Feuchte [%]	Ertrag [dt·ha ⁻¹]
Ponticus	3,05	14,0	69,52	2,41	13,6	56,54
Boss	4,74	14,3	105,77	4,14	13,8	95,73
LG Mocca	4,73	14,3	105,54	4,16	13,7	96,89
LG Lunaris	4,21	14,8	90,77	4,38	14,0	99,83
Jubilo	3,93	13,7	91,53	3,75	13,4	89,30
KWS Donovan	4,05	14,0	92,31	4,82	13,7	112,26
Sinatra	3,88	13,9	89,07	4,35	13,5	102,82
Attribut	4,25	14,1	96,18	4,51	13,6	105,82
KWS Elementary	4,17	14,4	92,40	4,26	13,9	97,79
KWS Extase	4,40	14,6	96,16	4,76	13,8	110,06
RGT Kreation	4,39	14,5	96,61	4,86	13,7	113,19
Spectral	4,64	14,0	105,75	4,67	13,3	112,04
SU Tammo	4,50	14,1	101,84	4,59	13,6	107,69
LG Artman	4,48	14,5	98,59	4,53	13,6	106,28
Materius	3,54	13,6	83,06	4,56	13,2	110,23
Gesamt	4,15	14,2	93,42 ^a	4,33	13,6	101,38 ^a

Für den Winterweizen wurden zusätzlich die Parameter Rohproteingehalt und Sedimentationswert erhoben und tabellarisch zusammengestellt (siehe Tabelle 14). Die Rohproteingehalte der untersuchten Sorten bei den Einzelpflanzen lagen zwischen 10,2 und 13,3 % TS, im Mittel über alle Sorten ergab sich ein Wert von 11,3 % TS. Bei den Drillparzellen wurden Werte zwischen 9,4 und 12,3 % TS gemessen. Der Durchschnittswert wurde mit 10,9 % TS ermittelt. Die statistische Auswertung mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse ergab einen nicht signifikanten Unterschied im Rohproteingehalt bei beiden Saatverfahren ($p = 0,05$).

Der Sedimentationswert für die Einzelpflanzen lag zwischen 30 und 54 ml TS. Im Mittel ergab sich ein Wert von 38,69 ml TS. Für die Drillparzellen wurden Werte im Bereich von 27 bis 46 ml TS gemessen. Als Durchschnittswert wurde 36,50 ml TS über alle Sorten ermittelt. Auch hier ergab die statistische Auswertung mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse einen nicht signifikanten Unterschied zwischen den Saatverfahren mit $p = 0,05$.

Tabelle 14: Rohproteingehalt [% TS] und Sedimentationswert [ml TS] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen		Drillparzelle	
	Rohproteingehalt [% TS]	Sedi.Wert [ml TS]	Rohproteingehalt [% TS]	Sedi.Wert [ml TS]
Ponticus	12,6	50	10,1	29
Boss	11,5	40	10,6	34
LG Mocca	10,4	33	10,4	33
LG Lunarix	10,2	30	11,7	44
Jubilo	10,8	36	12,3	46
KWS Donovan	10,8	32	10,6	35
Sinatra	10,7	34	10,9	35
Attribut	11,9	43	10,6	36
KWS Elementary	13,3	54	11,2	36
KWS Extase	11,3	39	11,5	40
RGT Kreation	11,1	37	11,6	41
Spectral	11,0	36	10,3	31
SU Tammo	11,2	38	9,4	27
LG Artman	10,5	34	11,6	42
Materius	12,2	47	10,3	32
Gesamt	11,3 ^a	38,69 ^a	10,9 ^a	36,50 ^a

Die Untersuchungen des Ertrags für die Sommergerste werden in Tabelle 15 zusammengefasst. Für die Sommergerste ergaben sich bei den Einzelpflanzen Werte von 51,05 bis 68,21 dt·ha⁻¹. Es wurde ein mittlerer Ertrag bei den Einzelpflanzen von 61,50 dt·ha⁻¹ festgestellt. Bei den Drillparzellen wurden Werte von 53,18 bis 72,79 dt·ha⁻¹ ermittelt. Der Mittelwert des Ertrags der Drillsaat lag bei 63,31 dt·ha⁻¹. Mit der einfaktoriellen Varianzanalyse wurde eine statistische Auswertung vorgenommen, die einen nicht signifikanten Unterschied zwischen den Saatverfahren ergab ($p = 0,05$).

Tabelle 15: Ertrag pro Parzelle und Feuchtegehalt bei der Sommergerste nach Saatverfahren, Ertrag in dt·ha⁻¹ auf 14 % Feuchte berechnet; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen			Drillparzelle		
	Ertrag [kg·Parzelle ⁻¹]	Feuchte [%]	Ertrag [dt·ha ⁻¹]	Ertrag [kg·Parzelle ⁻¹]	Feuchte [%]	Ertrag [dt·ha ⁻¹]
KWS Abbie	3,19	18,5	55,02	3,10	18,6	53,18
LG Rumba	3,12	19,5	51,05	3,25	18,5	56,06
Schiwago	3,35	16,7	64,01	3,16	16,8	60,02
KWS Chrissie	3,42	16,0	68,21	3,63	16,7	69,36
LG Tosca	3,34	15,7	67,88	3,50	16,2	68,94
Fairway	3,40	16,9	64,20	3,17	18,3	55,27
Valérian	3,27	16,3	64,01	3,31	16,7	63,24
Applaus	3,27	16,2	64,41	3,65	16,0	72,79
Yoda	3,22	16,6	61,90	3,36	16,6	64,59
Gingko	3,08	17,5	56,16	3,34	16,2	65,79
RGT Planet	3,14	16,8	59,64	3,37	16,0	67,21
Gesamt	3,25	17,0	61,50 ^a	3,35	17,0	63,31 ^a

5.8 Tausendkornmasse

Die Tausendkornmasse beim Winterweizen zeigte Werte zwischen 48,1 und 54,4 g bei den Einzelpflanzen. Im Mittel wurde ein Wert von 50,8 g ± 0,35 g ermittelt. Bei den Drillparzellen lagen die Werte zwischen 46,2 g und 54,6 g. Das Mittel über alle Sorten ergab 50,1 g ± 0,36 g (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Ergebnisse der Tausendkornmasse [g] beim Winterweizen nach Saatverfahren; (Eigene Darstellung 2024).

Sortenbezeichnung	Einzelpflanzen		Drillparzelle	
	MW ± s	Min - Max	MW ± s	Min - Max
Ponticus	50,0 ± 0,70	49,2 - 50,5	49,6 ± 0,46	49,1 - 50,0
Boss	50,0 ± 0,87	49,0 - 50,6	49,4 ± 0,35	49,2 - 49,8
LG Mocca	50,2 ± 0,40	49,8 - 50,6	51,6 ± 0,35	51,2 - 51,8
LG Lunaris	52,6 ± 0,30	52,3 - 52,9	51,2 ± 0,20	51,0 - 51,4
Jubilo	51,8 ± 0,10	51,7 - 51,9	54,0 ± 0,53	53,6 - 54,6
KWS Donovan	50,4 ± 0,20	50,2 - 50,6	51,0 ± 0,30	50,7 - 51,3
Sinatra	48,4 ± 0,36	48,1 - 48,8	46,4 ± 0,20	46,2 - 46,6
Attribut	49,0 ± 0,17	48,8 - 49,1	47,4 ± 0,36	47,1 - 47,8
KWS Elementary	50,0 ± 0,20	49,8 - 50,2	48,2 ± 0,20	48,0 - 48,4
KWS Extase	50,6 ± 0,35	50,2 - 50,8	48,6 ± 0,35	48,2 - 48,8
RGT Kreation	49,6 ± 0,20	49,4 - 49,8	49,6 ± 0,36	49,2 - 49,9
Spectral	54,0 ± 0,35	53,6 - 54,2	53,0 ± 0,28	52,8 - 53,2
SU Tammo	54,2 ± 0,17	54,1 - 54,4	52,0 ± 0,75	51,3 - 52,8
LG Artman	50,0 ± 0,35	49,8 - 50,4	48,8 ± 0,35	48,6 - 49,2
Materius	50,2 ± 0,17	50,1 - 50,4	48,6 ± 0,36	48,2 - 48,9
Gesamt	50,8 ± 0,35 ^a	48,1 - 54,4	50,1 ± 0,36 ^a	46,2 - 54,6

Die statistische Auswertung beim Winterweizen mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen der Aussaat als Einzelpflanzen- bzw. als Drillparzelle ($p = 0,05$). Auch zwischen den Sorten ergaben sich keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,05$). Es traten keine signifikanten Unterschiede bei der Interaktion beider Faktoren auf ($p = 0,05$).

Die Untersuchungen zur Sommergerste in Bezug auf die Tausendkornmasse zeigt Tabelle 17. Die Mittelwerte über die Sorte bei den Einzelpflanzen ergaben $56,0 \text{ g} \pm 0,36 \text{ g}$. Dabei wurden Werte von $50,2 \text{ g}$ bis $60,6 \text{ g}$ festgehalten. Bei den Drillparzellen ergab sich im Mittel ein Wert von $50,0 \text{ g} \pm 0,40 \text{ g}$, wobei die Werte von $46,1 \text{ g}$ bis $56,7 \text{ g}$ reichten. Die zweifaktorielle Varianzanalyse ergab für die statistische Auswertung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Saatverfahren und zwischen den Sorten ($p = 0,05$). Bei den Wechselwirkungen gab es auch keine Signifikanz ($p = 0,05$).

Tabelle 17: Ergebnisse der Tausendkornmasse [g] bei der Sommergerste nach Saatverfahren; (Eigene Darstellung 2024).

Sortenbezeichnung	Einzelpflanzen		Drillparzelle	
	MW \pm s	Min - Max	MW \pm s	Min - Max
KWS Abbie	$50,4 \pm 0,26$	50,2 - 50,7	$46,6 \pm 0,44$	46,1 - 46,9
LG Rumba	$57,6 \pm 0,70$	56,8 - 58,1	$51,4 \pm 0,52$	51,1 - 52,0
Schiwago	$60,4 \pm 0,26$	60,1 - 60,6	$50,6 \pm 0,44$	50,3 - 51,1
KWS Chrissie	$56,0 \pm 0,17$	55,8 - 56,1	$47,2 \pm 0,82$	46,3 - 47,9
LG Tosca	$57,2 \pm 0,26$	57,0 - 57,5	$46,6 \pm 0,36$	46,3 - 47,0
Fairway	$56,6 \pm 0,62$	55,9 - 57,1	$56,4 \pm 0,26$	56,2 - 56,7
Valérian	$52,0 \pm 0,26$	51,8 - 52,3	$50,8 \pm 0,20$	50,6 - 51,0
Applaus	$52,2 \pm 0,70$	51,7 - 53,0	$50,4 \pm 0,26$	50,2 - 50,7
Yoda	$57,2 \pm 0,20$	57,0 - 57,4	$53,0 \pm 0,46$	52,5 - 53,4
Gingko	$58,2 \pm 0,30$	57,9 - 58,5	$48,8 \pm 0,26$	48,5 - 49,0
RGT Planet	$58,4 \pm 0,20$	58,2 - 58,6	$48,6 \pm 0,36$	48,2 - 48,9
Gesamt	$56,0 \pm 0,36^a$	50,2 - 60,6	$50,0 \pm 0,40^a$	46,1 - 56,7

6 Diskussion

„Wer es fertig bringt zwei Halme wachsen zu lassen, wo bisher nur einer wächst, der ist größer als der größte Feldherr.“ Dieses Zitat von Friedrich dem Großen (1712 - 1786) zeigt die Herausforderung, der sich die Landwirtschaft schon um 1700 stellen musste. Den Ertrag zu steigern ohne mehr Input hineinzugeben, kann dabei die Grundlage einer erfolgreichen Landwirtschaft darstellen. Getreide als Kulturart mit der größten Anbaufläche in Deutschland nimmt eine zentrale Rolle ein. Auf 2,6 Mio. ha wird Winterweizen angebaut, auf 363.000 ha findet der Anbau von Sommergerste statt (STATISTISCHES BUNDESAMT 2024b).

Für diese Masterarbeit wurden die Saatverfahren Einzelkorn- und Drillsaat bei Winterweizen und Sommergerste im Bundessortenamt an der Prüfstelle in Magdeburg anhand unterschiedlicher Parameter untersucht. Es stellt sich die Frage, ob eine Einzelkornablage bei Getreide eine zukünftige Lösung für die praktische Landwirtschaft sein könnte.

Eine Gleichstandsamt stellt das pflanzenbauliche Optimum dar (HACHMEISTER 2016; GROÙE HOKAMP 2017; KOTTMANN et al. 2019). Die Einzelkornablage kommt der Gleichstandsamt näher als die Drillsaat (KOTTMANN et al. 2019). Der größere Standraum, den jede Pflanze bei der Einzelkornablage hat, muss nicht nur Vorteile haben. Ein Versuch der Universität Neubrandenburg zeigte Vorteile von intraspezifischer Konkurrenz bei der Drillsaat. So erklärte GROÙE HOKAMP (2017) nach Auswertung des Versuchs, dass die Entwicklung der Pflanzen positiv beeinflusst werden kann, wenn die Pflanzen in der Reihe enger stehen, was bei einer Drillsaat der Fall ist.

Schwierigkeiten bei der Einzelkornablage machen noch die unterschiedlichen Kornformen, die stark zwischen den Getreidearten variieren können. Im Gegensatz zum Getreide hat z.B. die Zuckerrübe durch die Pillierung eine gleichmäßige und ebene Form, die leicht in Einzelkornsaat gesät werden kann (KÖLLER UND HENSEL 2019). VON DER OHE et al. (2016) konnten die Unterschiede bei den Kulturarten beim Versuch mit Weizen und Roggen in Einzelkorn- und Drillsaat verdeutlichen. Während beim Weizen eine gleichmäßige Keimpflanzenzahl bei der Einzelkornsaat erfasst werden konnte, wurden beim Roggen Fehlstellen festgestellt. Dieses Bild wurde mit der länglichen Kornform des Roggens erklärt und dem erschwerten Ansaugen der Körner bei der Aussaat mit der MiniAir-Nova, einer Einzelkornsämaschine von Kverneland (VON DER OHE et al. 2016). Die Ergebnisse der Keimpflanzenzählung der Einzelpflanzen in Magdeburg unterstützen die Annahme, dass es durchaus Unterschiede bei der Güte der Ablage nach Kulturarten gibt. Die Zählung bei der Sommergerste zeigt eine größere Spanne an Keimpflanzen pro Parzelle als beim Winterweizen. Im Mittel wurden bei der Sommergerste mehr Pflanzen pro Parzelle gezählt (314,8 Pflanzen·Parzelle⁻¹) als beim Winterweizen (280,1 Pflanzen·Parzelle⁻¹).

Die Keimpflanzenzählungen in Magdeburg stellen die technische Umsetzbarkeit einer Einzelkornsaat bei Getreide in Frage. Die Prüfungen in Magdeburg wurden mit einer Haldrup-Sämaschine angelegt, die speziell für das Feldversuchswesen entwickelt ist. Auch bei dieser geringen Arbeitsbreite von 1,35 m und einer sehr geringen Fahrgeschwindigkeit von max. 2 km·h⁻², ist eine Ablage ohne Fehlstellen kaum realisierbar. Die Entwickler Horsch und Väderstad von Maschinen für die praktische Landwirtschaft forschen schon seit Jahren an einer guten Lösung für eine Einzelkornsämaschine für Getreide (FEUERBORN 2023; VÄDERSTAD 2023). KOTTMANN et al. (2019) sprechen im Zusammenhang mit der Einzelkornablage bei Getreide auch von einer mangelhaften Ablagequalität, je höher die Fahrgeschwindigkeit wird. Dieses widerlegt ein Versuch der Universität Neubrandenburg, der die Ablagegenauigkeit bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten untersucht hat. Die Ablagegenauigkeit

wird nicht von der Fahrgeschwindigkeit beeinflusst, weil die verwendeten Steuerungselemente eine genaue Ablage möglich machen (GROßE HOKAMP 2017).

Unabhängig vom gewählten Saatverfahren ist ein gut vorbereitetes Saatbett für eine exakte Ablage, das anschließende Auflaufen der Pflanzen und deren weiteren Entwicklung von entscheidender Bedeutung. In Magdeburg wird die gesamte Fläche, auf der die Prüfungen gesät werden, gepflügt und anschließend erfolgt eine Saatbettbearbeitung. Die Aussaat erfolgt 90 Grad zur Bearbeitungsrichtung, um Mängel bei der Bodenbearbeitung über die gesamte Prüfung zu verteilen. GROßE HOKAMP (2017) stellte fest, dass vor allem die gleichmäßige Tiefenablage maßgeblich vom Saatbett beeinflusst wird. Variationskoeffizienten, die für die Drillsaat und Einzelkornablage in Bezug auf die gleichmäßige Verteilung in der Reihe errechnet wurden, zeigten, dass die Drillsaat einen höheren Variationskoeffizienten aufwies. Damit ist die Ablage bei der Einzelkornsaat genauer als bei der Drillsaat (GROßE HOKAMP 2017). Ähnliche Ergebnisse stellte auch BAUMECKER (2015) bei der Zählung von Keimpflanzen beim Weizen fest. Die Einzelkornablage war der Drillsaat in Bezug auf die Ablagequalität deutlich überlegen (BAUMECKER 2015).

Der Ertrag einer Sorte kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Die drei Faktoren Licht, Wasser und Nährstoffe wirken schnell limitierend und eine Zunahme der intraspezifischen Konkurrenz im Bestand mit voranschreitender Vegetationszeit ist erkennbar. Ein vermehrtes Längenwachstum kann Ausdruck einer hohen Konkurrenz zwischen den Pflanzen sein, da durch Platzmangel ein Wachstum zum Licht gefördert wird.

Beim Bundessortenamt wurden Messungen der Pflanzenlänge bei beiden Saatverfahren vorgenommen, um eventuelle Unterschiede festzuhalten. Bei den Messungen der Einzelpflanzenparzellen beim Winterweizen ergab sich im Mittel ein Wert von 88,8 cm \pm 4,80 cm. Im Vergleich dazu zeigten die Drillparzellen ein Mittel von 92,8 cm \pm 6,29 cm. Bei 12 von 15 Sorten waren die Drillparzellen aufgrund des Wachstums zum Licht länger als die Einzelpflanzenparzellen. Diese Unterschiede waren signifikant. Bei der Sommergerste zeigte sich ein entgegengesetztes Bild. Trotz des geringeren Platzangebots waren die Drillparzellen signifikant kürzer als die Einzelpflanzenparzellen. Im Mittel ergab sich bei den Einzelpflanzenparzellen ein Wert von 90,4 cm \pm 4,04 cm, bei den Drillparzellen ein Wert von 86,1 cm \pm 4,71 cm. Die verkürzte Vegetationszeit bei der Sommergerste begrenzen den Zeitraum, in dem ein Längenwachstum stattfinden kann. Ungünstige Witterungsverhältnisse können ebenfalls die Pflanzenlänge beeinflussen (AGRARHEUTE 2017; KAUL et al. 2022). Die unterdurchschnittlichen Niederschläge im März und April 2024 am Standort Magdeburg kann das Längenwachstum bei der Sommergerste beeinflusst haben. Auch Bearbeitungsspuren können einen Einfluss auf die Messwerte haben (AGRARHEUTE 2017; KAUL et al. 2022).

Entscheidend für die Ertragsbildung ist auch die Genetik der Pflanzen (BECKER 2019). So gibt es beim Weizen unterschiedliche Sortentypen, die den Ertrag mit unterschiedlichen Komponenten bilden (ANONYMUS 2015). Bei der Sommergerste zeigen sich die Sortentypen nicht, der Ertragsaufbau ist sehr ähnlich (ROSCHER 2021). Weizensorten können auf unterschiedliche Saatverfahren mit einem geänderten Ertragsaufbau reagieren. Ein Versuch des Julius-Kühn-Instituts in Braunschweig zeigte, dass die Winterweizensorte Kopernikus bei Gleichstandsaat mit einer erhöhten Kornzahl je Ähre reagiert. Die Sorte Faustus zeigte hingegen eine signifikant höhere Anzahl an Ähren pro m² (KOTTMANN et al. 2019).

Der Einfluss des Saatverfahrens auf die Bestandesdichte wurde bei einigen Versuchen untersucht. Das Institut für Bodenkultur und Pflanzenbau e.V. zeigte im Jahr 2016/2017 bei Winterweizen, dass es

signifikante Unterschiede bei der Bestandesdichte in Einzelkorn- und Drillsaat geben kann. Der Versuch wurde mit unterschiedlichen Saatstärken angelegt. Es konnte festgestellt werden, dass die Pflanzen in Einzelkornablage weniger ährentragende Halme ausbildeten als bei der Drillsaat, dafür waren diese besser entwickelt (ANONYMUS 2017). Ein in Thyrow (Brandenburg) durchgeführter Versuch von der Humboldt-Universität Berlin zeigte ein gegensätzliches Bild. Dabei wurde Hybridroggen mit verschiedenen Saatstärken ausgesät. Die Drillsaat zeigte dabei weniger Ähren pro m^2 als die Einzelkornablage (BAUMECKER 2015). Ein mit Roggen und Weizen angelegter Versuch von der KWS mit verschiedenen Partnern zeigt noch ein drittes mögliches Szenario auf. Es wurden Roggen und Weizen mit unterschiedlichen Saatstärken in Einzelkorn- und Drillsaat ausgesät. Die Auswertung ergab nur geringe Unterschiede zwischen den Saatverfahren beim Merkmal ährentragende Halme (VON DER OHE et al. 2016). Die Ergebnisse aus Magdeburg ergaben bei Winterweizen Werte von 248 bis 364 Ähren· m^{-2} für die Einzelpflanzenparzellen. Bei der Drillsaat wurden Werte zwischen 316 und 440 Ähren· m^{-2} ermittelt. Bei der Sommergerste wurden 411 bis 498 Ähren· m^{-2} für die Einzelpflanzenparzellen erfasst, für die Drillsaat 440 bis 729 Ähren· m^{-2} . Dieses unterstreicht das Ergebnis des Versuchs des Instituts für Bodenkultur und Pflanzenbau e.V. aus dem Jahr 2016/2017. Es ist zu berücksichtigen, dass die Einzelpflanzenparzellen in Magdeburg mit einer geringeren Saatstärke (ca. 100 Körner· m^{-2}) angelegt sind als die Drillparzellen (ca. 200 Körner· m^{-2}). Die Einzelpflanzen haben somit einen noch zusätzlich größeren Standraum zur Verfügung als ohnehin schon durch das Saatverfahren gegeben ist. Es ist daher anzunehmen, dass weniger Ähren pro m^2 durch die geringere Pflanzenzahl pro m^2 ausgebildet wurden. Die Aussage in Bezug auf die Bestandesdichte hängt daher von der Anlage des Versuchs und der verwendeten Kulturart ab, wie die benannten Versuche zeigen. Zu bedenken ist, dass es sich bei Roggen um einen Fremdbefruchter und bei Weizen um einen Selbstbefruchter handelt (BECKER 2019). Hinzukommt, dass unter bestimmten Einflüssen eine Reduktion der ährentragenden Halme stattfinden kann. Eine verspätete Stickstoffgabe zur Bestockung durch Niederschläge und Unbefahrbarkeit des Ackers kann negative Auswirkungen auf diese haben. Ungünstige Witterungseinflüsse, wie z.B. Temperatur, können ebenfalls auf die Ausbildung der Bestandesdichte einwirken (KAUL et al. 2022). Diese Faktoren können zu unterschiedlichen Ergebnissen bei den Versuchen geführt haben.

Der Bestockungskoeffizient beschreibt die Anzahl von Ähren, die jede Pflanze ausbildet. Je mehr Standraum die einzelne Pflanze zur Verfügung hat, desto mehr Ähren können unter günstigen Bedingungen ausgebildet werden und desto höher ist entsprechend der Bestockungskoeffizient (KOTTMANN et al. 2019; KAUL et al. 2022). Das Institut für Bodenkultur und Pflanzenbau e.V. zeigte bei einem Versuch mit Winterweizen, dass der Bestockungskoeffizient bei der Drillsaat höher lag als bei der Einzelkornablage. Erst bei einer Saatstärke von 240 Körnern· m^{-2} zeigten sowohl Drill- als auch Einzelkornsaat einen gleichen Bestockungskoeffizienten mit 2,1. Eine Zunahme des Koeffizienten konnte bei beiden Saatverfahren mit zunehmender Saatstärke festgehalten werden (ANONYMUS 2017). VON DER OHE et al. (2016) konnten dieses im angelegten Versuch mit Roggen und Weizen nicht bestätigen. Hier ergab sich ein minimal höherer Bestockungskoeffizient bei der Einzelkornablage bei Roggen in allen Saatstärken. Beim Winterweizen konnten keine Unterschiede zwischen den Saatverfahren und Saatstärken festgehalten werden (VON DER OHE et al. 2016). Die Ergebnisse aus Magdeburg zeigten für beide Kulturarten einen deutlich höheren Bestockungskoeffizienten für die Einzelpflanzen als für die Drillparzellen. Es ergaben sich im Mittel für den Winterweizen 5,08 Ähren·Pflanze⁻¹ bei der Einzelkornablage zu 1,67 Ähren·Pflanze⁻¹ bei der Drillsaat. Bei der Sommergerste ergab sich ein Mittel von 6,42 Ähren·Pflanze⁻¹ für die Einzelpflanzen. Für die Drillparzellen wurde ein Mittel von 2,74 Ähren·Pflanze⁻¹ erfasst. Es konnten große Unterschiede

zwischen den Sorten erkannt werden. Bei beiden Kulturarten ist zu erkennen, dass die Sorten mit dem geringsten Feldaufgang bei den Einzelpflanzen den höchsten Bestockungskoeffizienten aufwiesen (Winterweizen: Sinatra, Sommergerste: LG Rumba). Das zeigt, dass die Sorten den schlechten Feldaufgang durch eine höhere Bestockung kompensieren können. Die Einzelkornsaat in Magdeburg hatte eine deutlich geringere Saatstärke als die Drillsaat. Ein erhöhtes Platzangebot hat zur Folge, dass eine stärkere Bestockung bei jeder Pflanze möglich ist. Die höhere Saatstärke bei der Drillsaat führte schneller zu einer intraspezifischen Konkurrenz und somit einer niedrigeren Bestockung der einzelnen Pflanzen.

Die Parameter Ährenlänge, Stufenzahl und Ährendichte stellen eine Grundlage für die Ausbildung des Ertrags dar. Eine lange Ähre mit einer entsprechend hohen Stufenzahl kann eine hohe Anzahl an Körnern pro Ähre ausbilden. Die Ährendichte beschreibt, wie kompakt die Ähre aufgebaut ist. Beim Bundessortenamt in Magdeburg wurden diese Parameter an Drill- und Einzelpflanzenparzellen untersucht und ausgewertet.

Die Ährenlänge beim Winterweizen zeigte dabei eine Spanne von 110,4 mm bis 141,8 mm bei der Einzelkornablage. Bei der Drillsaat ergaben sich Werte zwischen 110,6 mm bis 124,8 mm. Die Winterweizensorten LG Artman (Einzelpflanze: 110,4 mm; Drillparzelle: 101,8 mm) und Boss (Einzelpflanze: 111,8 mm; Drillparzelle: 100,6 mm) zeigten dabei die kürzeste Ährenlänge in beiden Saatverfahren. Die längste Ährenlänge bei beiden Saatverfahren konnte bei der Sorte *Attribut* gemessen werden (Einzelpflanze: 141,8 mm; Drillparzelle: 124,8 mm). Bei der Sommergerste ergab die Ährenlänge Werte zwischen 104,4 mm bis 116,8 mm bei den Einzelpflanzen und 92,3 mm bis 105,0 mm bei den Drillparzellen. Bei der Sommergerste zeigte die Sorte *Valérian* die kürzesten Ähren (Einzelpflanze: 104,8 mm; Drillparzelle: 92,3 mm), die Sorte *KWS Abbie* die höchsten Ährenlängen (Einzelpflanze: 116,2 mm; Drillparzelle: 105,0 mm) bei beiden Saatverfahren. Die ermittelten Unterschiede zwischen den Saatverfahren waren bei beiden Kulturarten signifikant und können somit auf die Genetik der Sorten zurückgeführt werden. Eine Sorte mit der Genetik für kurze Ähren bildet diese bei beiden Saatverfahren aus, ebenso wie eine Sorte mit genetisch fixierten längeren Ähren. Das höhere Platzangebot bei der Einzelkornablage bietet außerdem für jede Pflanze mehr Wasser und Nährstoffe. Die Ähren können sich somit positiver entwickeln als bei der Drillsaat und sind damit länger.

Zusätzlich wurden bei den gemessenen Ähren die Stufenzahlen ermittelt. Je Spindelstufe kann Weizen bis zu drei Körnern ausbilden, bei der zweizeiligen Sommergerste sitzt in jeder Spindelstufe maximal ein Korn (ANONYMUS 2021; KAUL et al. 2022; ZHONG et al. 2021). Mit diesem Parameter kann folglich die Kornzahl je Ähre ermittelt werden. Eine hohe Stufenzahl kann die Grundlage für eine hohe Kornzahl je Ähre legen. Allerdings wird diese auch durch Bestandesführung und Witterungseinflüsse während der Vegetation zusätzlich beeinflusst (KAUL et al. 2022).

Ob das Saatverfahren ebenfalls einen Einfluss auf die Kornzahl je Ähre hat, haben verschiedene Versuche untersucht. So zeigten VON DER OHE et al. (2016) beim Versuch mit Roggen und Weizen bei allen Saatstärken eine höhere Kornzahl je Ähre bei der Einzelkornablage. Auch der Versuch mit der Weizensorte *Tobak* des Instituts für Bodenkultur und Pflanzenbau e.V. ergab eine höhere Kornzahl je Ähre für die Einzelkornablage. Außerdem ergaben sich bei höheren Saatsmengen mehr Körner pro Ähre (ANONYMUS 2017). Ein gegensätzliches Ergebnis wurde durch die Humboldt-Universität Berlin bei einem Versuch mit Hybridroggen festgestellt. In allen drei Versuchsjahren konnten keine signifikanten Unterschiede bei der Kornzahl je Ähre in allen Aussaatstärken gezeigt werden (BAUMECKER 2015). In Magdeburg wurden die Stufenzahlen ermittelt, die die theoretisch mögliche Anzahl von Körnern je Ähre widerspiegelt. Eine hohe Stufenzahl kann somit auch eine hohe Kornzahl je Ähre bedeuten. Die

Ergebnisse bei Winterweizen wiesen Werte zwischen 22,1 und 26,3 für die Einzelpflanzen und 20,5 bis 25,1 für die Drillsaat auf. Die Winterweizensorte LG Artman zeigte dabei sowohl in der Einzelkorn- als auch in der Drillsaat die wenigsten Stufen (Einzelpflanze: 22,1; Drillparzelle: 20,5). Die Sorte Tribut hingegen wies in Einzelkorn- und Drillsaat die höchste bzw. eine hohe Stufenzahl auf (Einzelpflanze: 27,3, Drillparzelle: 24,7). Bei der Sommergerste zeigte sich ein ähnliches Ergebnis. Es ergaben sich Werte zwischen 31,9 und 35,6 bei den Einzelpflanzen und 27,9 und 32,6 bei den Drillparzellen. Die Sommergerstensorte Schiwago zeigte in der Einzelkornablage die zweitniedrigste Stufenzahl, in der Drillparzelle die niedrigste Stufenzahl (Einzelpflanzen: 32, Drillparzelle: 27,9). Die Sorte KWS Abbie war in der Einzelkorn- und der Drillsaat die Sorte mit den höchsten Stufenzahlen (Einzelpflanzen: 35,6, Drillparzelle: 32,6). Bei beiden Kulturarten waren die Unterschiede zwischen den Sorten und Saatverfahren signifikant. Der Zusammenhang zwischen Ährenlänge und Stufenzahl wird deutlich. Eine Sorte mit langen Ähren hat eine höhere Stufenzahl. Sorten mit kürzerer Ährenlänge zeigen eine niedrige Stufenzahl. Eine Aussage zu den tatsächlich ausgebildeten Körnern pro Ähre kann mit den Ergebnissen aus Magdeburg nicht getroffen werden. Die genetischen Unterschiede zwischen den Sorten in Bezug auf Ährenlänge und Stufenzahl sind bei beiden Kulturarten erkennbar. Die Ausbildung der tatsächlichen Körner pro Ähre kann von Jahr zu Jahr aufgrund von verschiedenen Faktoren variieren.

Aus den oben beschriebenen Parametern Ährenlänge und Stufenzahl ergibt sich die Ährendichte. In Magdeburg wurde für die Ährendichte bei Winterweizen eine Spanne von 17,6 bis 23 für die Einzelpflanzen und 18,4 bis 22,2 für die Drillparzellen ermittelt. Dabei zeigte sich, dass die berechnete Ährendichte bei sieben Sorten in den Einzelpflanzen und bei acht Sorten in den Drillparzellen höher lag. Die Auswertung ergab einen nicht signifikanten Unterschied zwischen den Saatverfahren. Allerdings wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten ermittelt. Somit ist auch die Ährendichte, wie die Parameter Ährenlänge und Stufenzahl, abhängig von der sortenbedingten Genetik und spiegelt die Sortentypen beim Weizen wider. Bei der Sommergerste ergibt sich ein anderes Ergebnis. Die Einzelpflanzenparzellen zeigten Spannen zwischen 29,2 und 32,3 bei der Ährendichte, die Drillparzellen wiesen Werte zwischen 29,1 und 33,1 auf. Sowohl das Saatverfahren als auch die Sorten zeigten signifikante Unterschiede. Durch die Zweizeiligkeit reagiert die Sommergerste stärker auf das Saatverfahren. Wenn die Pflanze ein größeres Platzangebot hat, dann werden die Ähren in der Einzelkornablage auch besser versorgt und dementsprechend länger ausgebildet mit einer höheren Stufenzahl. Dieses beeinflusst ebenfalls die Ährendichte. Hinzu kommt, dass die Gerste flexibler auf bessere Bedingungen reagieren kann, da das Apikalmeristem, das für die Ausbildung der Ährchen verantwortlich ist, länger aktiv ist als beim Weizen (ZHONG et al. 2021).

Das Merkmal Spelzenspitzenlänge beim Weizen und das Merkmal Grannenlänge bei der Sommergerste wurden beim Bundessortenamt ebenfalls untersucht. Die Messungen dieser Parameter zeigten vor allem beim Weizen eine hohe Ungenauigkeit, sodass eine genauere Auswertung nicht stattfinden konnte. Bei der Sommergerste wäre denkbar, dass längere Grannen einen positiven Effekt auf die Ausbildung der Ähre haben und somit den Ertrag beeinflussen könnten. Wissenschaftliche Untersuchungen zum Einfluss der Grannen bei Weizen konnten bislang keinen Zusammenhang zum Ertrag zeigen. Eine höhere Photosyntheseleistung von begranneten Sorten wird angenommen, da die Grannen durch das enthaltene Chlorophyll Photosynthese betreiben können. Allerdings wird auch eine Konkurrenz zwischen den damit produzierten Assimilaten der Pflanze vermutet, was sich negativ auf die Einlagerung in den Körnern auswirken kann (SANCHEZ-BRAGADO et al. 2023).

Die genannten Parameter bilden die Ausgangslage für den späteren Ertrag. Die Frage, ob eine Einzelkornablage im Vergleich mit der Drillsaat wirklich Vorteile für den Ertrag bringen kann, wird kontrovers diskutiert. Fachleute nehmen an, dass ein Mehrertrag von 3 bis 7 % durchaus realistisch sein kann, wenn die optimale Ablage des Saatguts erreicht wird. Ergebnisse aus unterschiedlichen Versuchen zeigen ebenfalls gemischte Resultate. Das Institut für Bodenkultur und Pflanzenbau e.V. hat den Einzelährenertrag untersucht und dabei signifikante Unterschiede zwischen Einzelkorn- und Drillsaat festgestellt. Die Einzelkornablage zeigte höhere Werte als die Drillsaat, was an den besser ausgebildeten Halmen je Pflanze lag. Auch der Flächenertrag der Einzelkornablage lag um $3,3 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ signifikant höher als bei der Drillsaat (ANONYMUS 2017). Die Humboldt-Universität Berlin konnte bei ihrem angelegten Versuch mit Hybridroggen sogar einen noch deutlicheren Ertragsvorteil nachweisen. Im Durchschnitt aller drei Versuchsjahre ergab sich ein um 30 % höherer Ertrag bei der Einzelkornablage, der durch eine höhere Bestandesdichte erklärt wird. Allerdings muss hier beachtet werden, dass es sich bei dem angelegten Versuch um eine Handauslage bei der Einzelkornablage handelt. Nur die Drillsaat wurde mit Maschinenteknik ausgedrillt und so unter realistischen Bedingungen angelegt (BAUMECKER 2015). Die Handablage bei der Einzelkornsaat produziert einen optimalen Standraum für die Pflanzen, der mit der Sätechnik nach heutigem Stand noch nicht erreicht werden kann (DÄNZER 2022; SCHULZ 2022; FEUERBORN 2023). Daher ist dieser Mehrertrag nur unter diesen Bedingungen zu erklären und für die praktische Landwirtschaft in keiner Weise realistisch. VON DER OHE et al. (2016) untersuchten bei Weizen und Roggen den Ertragsvorteil bei der Drill- und Einzelkornsaat mit unterschiedlichen Saatstärken. Die Anlage des Versuchs erfolgte mit Maschinenteknik und kann so als realistischer für die Landwirtschaft angesehen werden. Der Versuch wurde an mehreren Standorten über mehrere Jahre angelegt, was ebenfalls sicherere Ergebnisse liefert. Bei den praxisüblichen Saatstärken für Roggen ergab sich ein signifikanter Mehrertrag von 4 % bei der Einzelkornsaat über alle Orte und Jahre. Beim Weizen zeigte sich ein signifikant höherer Ertrag um 3 % bei der Einzelkornsaat. Der Effekt war in den Jahren mit höheren Erträgen deutlicher als in ertraglich schwächeren Jahren (VON DER OHE et al. 2016). Für die geernteten Einzelpflanzenparzellen beim Winterweizen in Magdeburg wurden Erträge von $69,52 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ bis $105,77 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ ermittelt. Die Drillsaat ergab Werte von $56,54 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ bis $113,19 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$. Vier Sorten konnten dabei einen höheren Ertrag bei den Einzelpflanzen generieren, elf Sorten hatten höhere Erträge bei den Drillparzellen. Die Ertragsunterschiede zwischen den Saatverfahren waren nicht signifikant. Bei der Sommergerste wurden bei der Einzelkornablage Werte von $51,05 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ bis $68,21 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ erfasst. Bei der Drillsaat konnten Werte von $53,18 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ bis $72,79 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ bestimmt werden. Es zeigten vier Sorten einen höheren Ertrag bei der Einzelkornaussaat, die anderen sieben Sorten hatten höhere Erträge bei der Drillsaat. Auch hier waren die Unterschiede zwischen den Saatverfahren nicht signifikant. Zu berücksichtigen ist, dass die Einzelpflanzenparzellen mit einer Saatstärke von $100 \text{ Körner}\cdot\text{m}^{-2}$ ausgesät wurden, die Drillparzellen mit $200 \text{ Körner}\cdot\text{m}^{-2}$ die doppelte Saatstärke aufwiesen. Es zeigt sich, dass trotz der sehr geringen Saatstärke bei der Einzelkornablage ein guter Ertrag geerntet werden kann. Getreide ist somit in der Lage einen großen verfügbaren Standraum zu nutzen, um gut entwickelte Einzelpflanzen zu generieren, die einen hohen Ertrag bringen können. Ertragsvorteile sind somit realistisch, können aber auch von der Genetik und den Witterungsbedingungen abhängen. Ein weiterer Vorteil kann in der Einsparung von Saatgut liegen, wenn mit einer geringeren Saatstärke ein gleicher oder höherer Ertrag bei der Einzelkornablage im Vergleich zur Drillsaat erzeugt werden kann.

Neben den erzielten Erträgen hat auch die Qualität der Ernte eine große Bedeutung für die Landwirtschaft. Für die Winterweizenproben, die beim Bundessortenamt in Magdeburg geerntet wurden, wurde der Rohproteingehalt und der Sedimentationswert bestimmt. Der Erntebericht des

Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft gab den vorläufigen Rohproteingehalt für das Erntejahr 2024 mit 11,5 % TS an, den vorläufigen Sedimentationswert mit 37 ml TS (BMEL 2024). In Magdeburg wurden ähnliche Ergebnisse gemessen. Der Rohproteingehalt lag im Mittel bei 11,3 % TS und der Sedimentationswert konnte im Mittel mit 38,69 ml TS bei den Einzelpflanzen bestimmt werden. Bei den Drillparzellen wurde ein Mittel von 10,9 % TS beim Rohproteingehalt und ein Mittel von 36,50 ml TS beim Sedimentationswert gemessen. Beide Parameter zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Saatverfahren. Zwar spielt bei den Qualitäten auch die Sorte eine Rolle, allerdings kann die Witterung und die Bestandesführung auch die Qualität beeinflussen. Ein schlecht ausgebildetes Wurzelsystem kann z.B. weniger Nährstoffe und vor allem Stickstoff aus dem Boden aufnehmen, der für die Synthese von Proteinen benötigt wird (NULTSCH 2001; KAUL et al. 2022). Eine verzögerte oder niedrige Stickstoffdüngung kann ebenfalls den Proteingehalt beeinflussen (NULTSCH 2001; KAUL et al. 2022). Für Magdeburg ist zu beachten, dass es sich bei den geernteten Parzellen um die Parzellen der Registerprüfung handelt. Da bei dieser entscheidend ist, dass die Merkmale angesprochen werden können und bis zur Ernte der Bestand nicht ins Lager geht, wird die Stickstoffdüngung sehr niedrig gehalten (siehe Kapitel 4.2 Pflanzenschutz und Düngung: Tabelle 5). Trotzdem wurden ähnliche Proteingehalte erzielt wie im Erntebericht des BMEL, dem Proben aus der praktischen Landwirtschaft zu Grunde lagen.

Die Tausendkornmasse zeigt, wie gut die Körner entwickelt sind. Eine hohe Tausendkornmasse deutet auf gut ausgebildete Körner hin, niedrige Tausendkornmassen zeigen, dass die Körner kleiner sind. Die Humboldt-Universität Berlin untersuchte diesen Parameter bei Einzelkorn- und Drillsaat mit Roggen. Es konnten hierbei keine signifikanten Unterschiede bei der Tausendkornmasse zwischen den Saatverfahren und Saatstärken festgestellt werden (BAUMECKER 2015). Auch die Ergebnisse in Magdeburg zeigten keinen signifikanten Unterschied bei der Tausendkornmasse zwischen den Saatverfahren. Beim Winterweizen ergab sich bei den Einzelpflanzen ein Mittel von 50,8 g zu 50,1 g bei der Drillsaat. Elf Sorten zeigten in den Einzelpflanzen eine höhere Tausendkornmasse, vier Sorten in den Drillparzellen. Oft war der Unterschied zu den Drillparzellen allerdings sehr gering. Bei der Sommergerste zeigte sich bei den Einzelpflanzen ein Mittel von 56,0 g zu 50,0 g bei der Drillsaat. Hier ergaben sich für alle Einzelpflanzenparzellen eine höhere Tausendkornmasse als bei der Drillsaat. Das höhere Platzangebot verbunden mit der Zweizeiligkeit konnte zu einer besseren Entwicklung der Körner beitragen, da mehr Wasser und Nährstoffe für jedes einzelne Korn zur Verfügung standen.

Die für diese Masterarbeit ausgewählten Parzellen wurden aus der Registerprüfung für die Sortenzulassung entnommen. Dadurch ergab sich bei der Einzelkornaussaat eine andere Saatstärke als bei der Drillsaat, da hier die Vorgaben der Richtlinien für die Prüfung der Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit umgesetzt wurden (BUNDESSORTENAMT 2020a, 2020b). Dieses stellte im Nachhinein eine Schwierigkeit bei der Vergleichbarkeit der Ergebnisse dar. Außerdem konnte nur eine Parzelle für jede Sorte geerntet werden, da es keine Wiederholungen bei der Registerprüfung gibt. Für bessere Ergebnisse müsste dieses bei der Anlage eines neuen Versuchs beachtet werden. Die in der Literatur betrachteten Versuche wurden immer mit unterschiedlichen Saatstärken und einer Sorte einer Kulturart angelegt. Eine erneute Anlage könnte mit einer einheitlichen Saatstärke und verschiedenen Sorten erfolgen, um auch unterschiedliche Reaktionen der Genetik der Sorten erkennen zu können. Eventuell gibt es Sorten, die besser für eine Einzelkornaussaat geeignet sind als andere.

Das am Anfang dieser Diskussion angeführte Zitat von Friedrich dem Großen behält seine Gültigkeit mit Einschränkungen. Wie die Ergebnisse aus Literatur und durchgeführtem Feldversuch zeigen, ist es nicht immer vorteilhaft, wenn die Pflanzen mehr Halme ausbilden. Auch eine Einzelkornablage bei Getreide

mit einem großen Standraum für die Einzelpflanze und weniger ährentragenden Halmen, kann einen guten Ertrag generieren. Entscheidend für den Erfolg einer Aussaat sind zahlreiche Faktoren. Der Anfang wird bereits mit einer optimalen Bodenbearbeitung gelegt, gefolgt von einem gut vorbereiteten Saatbett. Die einwandfrei funktionierende Aussaattechnik legt die Grundlage für einen guten Feldaufgang. Bestandesführung und Witterung während der Vegetation haben Einfluss auf die Entwicklung der Pflanze. Die Entscheidung für oder gegen ein Saatverfahren sollte genau abgewogen werden. Eine Abstimmung aller Planungs- und Arbeitsschritte ist entscheidend für den ökonomischen und ökologischen Erfolg eines Betriebes.

7 Schlussfolgerung

Anhand der Literatur und der Untersuchungen, die für diese Arbeit an Parzellen mit Einzelkorn- und Drillsaat an Winterweizen und Sommergerste vorgenommen wurden, lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Die Keimpflanzenzahl bei den Einzelpflanzenparzellen variierten stark, wobei auch die Sorte einen Einfluss auf den Feldaufgang hatte. Bei der Sommergerste standen im Vergleich mehr Pflanzen auf der Parzelle als beim Winterweizen, was auch auf Unterschiede zwischen den Kulturarten schließen lässt.
- Die Kulturarten zeigen Unterschiede bei der Reaktion der Pflanzenlänge auf das Saatverfahren. Während beim Winterweizen in der Mehrheit die Drillsaat eine höhere Pflanzenlänge aufwies, zeigte bei der Sommergerste die Einzelkornablage die höhere Pflanzenlänge. Bei der Bestandesdichte zeigte sich bei beiden Kulturarten bei der Drillsaat ein höherer Wert. Der Bestockungskoeffizient lag bei den Einzelpflanzen bei Winterweizen und Sommergerste höher.
- Die Ährenlänge und Stufenzahl waren bei beiden Kulturarten bei der Einzelkornablage höher als bei der Drillsaat. Die Ährendichte zeigte bei der Sommergerste eine höhere Dichte bei der Drillsaat, beim Winterweizen ergab sich ein gemischtes Bild. Die Grannen- und Spelzenspitzenlänge wurden nicht detailliert ausgewertet. Die Genetik der Sorten beeinflusst die Ausbildung der Parameter.
- Die Erträge bei Winterweizen und Sommergerste waren entweder bei der Einzelkornablage oder der Drillsaat höher. Es konnte keine Signifikanz festgestellt werden. Auch die Tausendkornmasse zeigte keine signifikanten Unterschiede.
- Die genaue Ablage, die Bodenbearbeitung und die Witterung haben einen großen Einfluss auf eine gelungene Aussaat, Entwicklung über die Vegetation und Ernte. Außerdem muss die Technik zur Verfügung stehen, damit auch ein anderes Saatverfahren bei Getreide als die Drillsaat zukünftig in der Praxis Anwendung finden kann.

8 Zusammenfassung

Die Aussaat von Getreide erfolgt in der Landwirtschaft als Drillsaat. Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Einzelkornablage bei Getreide eine sinnvolle Alternative in Bezug auf Einsparung von Saatgut und Reduzierung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sein kann. Diese Arbeit untersucht anhand von verschiedenen im Bestand und am Erntegut erhobenen Parametern, welche Unterschiede beide Saatverfahren im Feldversuch tatsächlich aufweisen und ob eine Aussaat in Einzelkornablage bei Getreide in die Praxis umgesetzt werden kann. Dafür wurden Parzellen in Drill- und Einzelkornsaat der Kulturarten Winterweizen und Sommergerste beim Bundessortenamt in Magdeburg untersucht.

Die technische Umsetzung einer Einzelkornablage stellt bis heute die größte Schwierigkeit dar. Kein Hersteller hat bisher eine Maschine entwickeln können, die eine gleichmäßige Einzelkornablage bei Getreide mit einer hohen Leistung vereinen kann. Die Kornform der unterschiedlichen Getreidearten stellt eine große Herausforderung dar. Im Feldversuchswesen gibt es Maschinen, die diese Ablage realisieren können. Auch für die praktische Landwirtschaft stehen in Zukunft Maschinen zur Verfügung. Egal mit welchem Verfahren die Aussaat erfolgt, ein gleichmäßiges Saatbett ist für eine genaue Ablage von entscheidender Bedeutung, damit sich die Pflanzen optimal entwickeln können.

Die untersuchten Parameter zeigen deutliche Unterschiede bei der Entwicklung der Pflanzen auf. Dabei spielen die Kulturart sowie das Saatverfahren eine Rolle. Die Pflanzenlänge zeigt je nach Kulturart Unterschiede zwischen den Verfahren der Einzelkorn- und Drillsaat. Sommergerste reagiert mit einem erhöhten Längenwachstum bei der Einzelkornablage, während Winterweizen eine höhere Pflanzenlänge bei der Drillsaat aufweist. Die Bestandesdichte zeigt bei beiden Kulturarten höhere Werte für die Drillparzellen. Es wird deutlich, dass ein schlechterer Feldaufgang durch einen höheren Bestockungskoeffizienten kompensiert werden kann. Mehr Platz bedeutet mehr ährentragende Halme je Pflanze.

Die Ährenmessungen zeigen, dass die Genetik der Sorten eine große Bedeutung hat. Die Ergebnisse der Ährenlänge verdeutlicht, dass Sorten mit genetisch fixierten längeren Ähren diese in beiden Saatverfahren aufweisen. Wegen des höheren Platzangebots verbunden mit einer höheren Nährstoffverfügbarkeit für die einzelne Pflanze können bei der Einzelkornablage längere Ähren ausgebildet werden als bei der Drillsaat. Die Stufenzahl ist eng mit der Ährenlänge verbunden. Sie ist höher, je länger die Ähre ist. Die tatsächliche Anzahl an Körnern pro Ähre kann so nicht ermittelt werden, da Umwelteinflüsse zu einer Reduktion der Kornausbildung führen kann. Somit dient der Parameter nur zur Errechnung theoretisch möglicher Kornzahlen je Ähre. Beide Parameter dienen der Berechnung der Ährendichte. Beim Winterweizen zeigt sich hier, dass die Ährendichte klar den Sortentypus kennzeichnet, jedoch nicht mit dem Saatverfahren einhergeht. Bei der Sommergerste kann ein Unterschied bei den Saatverfahren in Bezug auf die Ährendichte festgestellt werden. Bei der Drillsaat ergaben sich höhere Werte als bei der Einzelkornablage.

Experten vermuten, dass eine Einzelkornablage einen Mehrertrag von 3 bis 7 % generieren kann. Dieses konnte in den Untersuchungen in Magdeburg nicht belegt werden. Zwar zeigten sich bei beiden Kulturarten mehrheitlich höhere Erträge bei der Drillsaat. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Einzelkornablage mit einer geringeren Saatstärke ausgesät wurde. Daraus ergibt sich ein positiver Effekt, der für die Landwirtschaft interessant sein kann, denn auch mit einer stark reduzierten Saatstärke lassen sich gute Erträge in Einzelkornsaat erzielen. Ein zukünftiger Versuch mit gleicher Saatstärke bei beiden Saatverfahren könnte Unterschiede zwischen den Sorten aufzeigen. Es wäre die

Frage zu beantworten, ob bestimmte Sorten besser für eine Einzelkornablage bei Getreide geeignet sind.

Literaturverzeichnis

ACHILLES, WALTER (1993): Deutsche Agrargeschichte im Zeitalter der Reformen und der Industrialisierung. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer GmbH & Co.

AGRARHEUTE, REDAKTION (2016): Tipps zur Aussaat von Winterweizen. In: *agrarheute.com*, 20.09.2016. Online verfügbar unter <https://www.agrarheute.com/pflanze/getreide/tipps-aussaat-winterweizen-527012>, zuletzt geprüft am 15.11.2024.

AGRARHEUTE, REDAKTION (2017): Ratgeber: 5 Tipps zur Aussaat von Sommergerste. In: *agrarheute.com*, 12.04.2017. Online verfügbar unter <https://www.agrarheute.com/pflanze/getreide/ratgeber-5-tipps-aussaat-sommergerste-444400>, zuletzt geprüft am 15.11.2024.

AGRARHEUTE, REDAKTION (2023): Proceed bald am Markt: Väderstad ermöglicht Einzelkornsaat mit Weizen. In: *agrarheute.com*, 16.09.2023. Online verfügbar unter <https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/proceed-bald-markt-vaederstad-ermoeglicht-einzelkornsaat-weizen-611107>, zuletzt geprüft am 07.12.2024.

ALSING, WOLFGERT (Hg.) (2014): Landwirtschaftlicher Pflanzenbau. Grundlagen des Acker- und Pflanzenbaus, der guten fachlichen Praxis, der Verfahrenstechnik sowie der Agrarmeteorologie und des Klimawandels; Produktions- und Verfahrenstechnik der Kulturpflanzen; Dauergrünland; Sonderkulturen; nachwachsende Rohstoffe; ökologischer Landbau; Naturschutz und Landschaftspflege; Feldversuchswesen; Waldbewirtschaftung. 13., völlig neu bearb. und erw. Aufl. München: BLV Buchverl. (DieLandwirtschaft).

ANONYMUS (2015): Ertragsaufbau Winterweizen. In: *agrarzeitung online Wirtschaft für das Leben*, 08.09.2015. Online verfügbar unter <https://egz.at/pdfs/qj32o/ertragsaufbau-winterweizen.pdf>, zuletzt geprüft am 14.11.2024.

ANONYMUS (2017): Versuchsberichte 2017. Schlackenthal.

ANONYMUS (2021): Das Ende einer Ähre. Online verfügbar unter <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/das-ende-einer-aehre>, zuletzt aktualisiert am 30.07.2021, zuletzt geprüft am 01.01.2025.

BAUMECKER, MICHAEL (2015): Wo lohnt die Einzelkornsaat? In: *DLG-Mitteilungen*, 2015, S. 30–33, zuletzt geprüft am 15.12.2024.

BECKER, HEIKO (2019): Pflanzenzüchtung. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer (UTB Agrarwissenschaften, 1744).

BENNINGER, JOHANNES (2016): Erfolgreiche und gescheiterte Innovationen in der Einzelkornsätechnik. In: *Landtechnik*, 2016 (71), S. 109–117. Online verfügbar unter file:///C:/Users/HP/Downloads/LT_2016_3_109-117_de-1.pdf, zuletzt geprüft am 21.12.2024.

BISCHOFF, JOACHIM; GROSA, ANDRÉ; GRUBE, JENS; MEINEL, TILL (2018): Praxishandbuch Bodenbearbeitung und Aussaat. Grundlagen, Technik, Verfahren, Bewertung. 1. Auflage. Clenze: AgriMedia (Themenbibliothek Pflanzenproduktion).

BMEL (2024): Erntebericht 2024. Menge und Preise. Berlin.

BUNDESSORTENAMT (o.J.): Interne Datenbank des Bundessortenamtes zur Verwaltung der Sorten.

BUNDESSORTENAMT (2014): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Ernte und Bestimmungen am Erntegut. Hannover.

BUNDESSORTENAMT (2016): Richtlinien zur Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Getreide. Hannover.

BUNDESSORTENAMT (2020a): Richtlinie zur Prüfung der Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit. Gerste *Hordeum vulgare* L. Hannover.

BUNDESSORTENAMT (2020b): Richtlinie zur Prüfung der Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit. Weizen *Triticum aestivum* L. Hannover.

BUNDESSORTENAMT (2022): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte. Hannover.

BUNDESSORTENAMT (2024): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte. Hannover.

CHMIELEWSKI, F.-M.; KÖHN, W. (1999): Impact of weather on yield components of spring cereals over 30 years. In: *Agricultural and Forest Meteorology* 96 (1-3), S. 49–58. DOI: 10.1016/S0168-1923(99)00047-7.

DÄNZER, DIETER (2022): Einzelkornsaat mit vielen Vorteilen. In: *agrarzeitung*, 07.10.2022 (40).

DEMMELE, MARKUS; HAHNENKAMM, OLIVER; KORMANN, GEORG; PETERREINS, MARKUS (2000): Gleichstandsamt bei Silomais. Ergebnisse aus zwei Versuchsjahren. In: *Landtechnik*, 2000 (03), S. 210–211.

DWD (2010): Temperatur: vieljährige Mittelwerte 1981 - 2010. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/temp_8110_fest_html.html%3Fview%3DnasPublication, zuletzt geprüft am 02.02.2025.

FARACK, MARTIN; DEGNER, JOACHIM; JENTSCH, UWE; ZORN, WILFRIED; GÖTZ, REINHARD; PAUL, RAINER (2011): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Sommergerste. THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT. Online verfügbar unter https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00027667/Sommergerste.pdf, zuletzt geprüft am 15.11.2024.

FEUERBORN, BERND (2023): Horsch Solus Großflächen-Sämaschine: Was sie kann, wer sie braucht. In: *agrarheute.com*, 15.12.2023. Online verfügbar unter <https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/horsch-solus-grossflaechen-saemaschine-braucht-614308>, zuletzt geprüft am 07.12.2024.

FIEDLER, EVELYN (2021): Formel 1 der Sämaschinen. In: *agrarheute.com*, 09.06.2021. Online verfügbar unter <https://www.agrarheute.com/traction/tests-technik/formel-1-saemaschinen-582062>, zuletzt geprüft am 09.12.2024.

GROßE HOKAMP, HEINZ (2017): Getreide: Auf dem Weg zur Einzelkornsaat. In: *top agrar online*, 24.05.2017. Online verfügbar unter <https://www.topagrar.com/acker/aus-dem-heft/getreide-auf-dem-weg-zur-einzelkornsaat-11561048.html>, zuletzt geprüft am 15.12.2024.

GUDDAT, CHRISTIAN; DEGNER, JOACHIM; MARSCHALL, KARIN; ZORN, WILFRIED; GÖTZ, REINHARD (2015): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Winterweizen. Hg. v. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Jena. Online verfügbar unter https://www.tll.de/www/daten/publikationen/leitlinien/ll_ww.pdf, zuletzt geprüft am 15.11.2024.

HACHMEISTER, ROLF (2016): Einzelkornsaat und Drillsaat im Anbauvergleich. In: *agrarheute.com*, 28.09.2016. Online verfügbar unter

<https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/einzelkornsaat-drillsaat-anbauvergleich-527259>, zuletzt geprüft am 15.12.2024.

HALDRUP (2012): Bedienungsanleitung Haldrup SP-35 Einzelkornsämaschine.

HORSCH, PHILIPP (2024): Solus – Das Säen der Zukunft? Potenziale und Grenzen. Online verfügbar unter <https://terra.horsch.com/ausgabe-26-2023/aus-dem-unternehmen/solus-das-saeen-der-zukunft-potenziale-und-grenzen-philipp-horsch>, zuletzt aktualisiert am 07.12.2024, zuletzt geprüft am 07.12.2024.

KAUL, HANS-PETER; KAUTZ, TIMO; LÉON, JENS (2022): Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. 5. vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: utb GmbH. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:24-epflucht-2034947>.

KÖLLER, KARLHEINZ; HENSEL, OLIVER (Hg.) (2019): Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer (utb-studi-e-book, 5198). Online verfügbar unter <https://elibrary.utb.de/doi/book/10.36198/9783838551982>.

KOTTMANN, LORENZ; HEGEWALD, HANNES; FEIKE, TIL; LEHNERT, HEIKE; KEILWAGEN, JENS; HÖRSTEN, DIETER VON ET AL. (2019): Standraumoptimierung im Getreideanbau durch Gleichstandsaaat. 90-94 Seiten / Journal für Kulturpflanzen, Bd. 71 Nr. 4 (2019): Themenheft Neue Pflanzenbausysteme. In: *JfK* 71 (4), S. 90–94. DOI: 10.5073/JfK.2019.04.03.

KWS (2024): KWS Extase. Top Sorte europaweit. KWS SAAT SE & CO. KGAA. Online verfügbar unter <https://www.kws.com/de/de/produkte/weizen/sorteneubersicht/kws-extase/>, zuletzt geprüft am 14.11.2024.

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT (2024): Zahl der Einwohner im Heiligen Römischen Reich deutscher Nation in den Jahren von 1500 bis 1840. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1096969/umfrage/einwohner-im-heiligen-roemischen-reich/>, zuletzt geprüft am 29.12.2024.

NULTSCH, WILHELM (2001): Allgemeine Botanik. 11. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

ROSCHER, ERICH (2021): Wie der Anbau von Sommergerste zum Erfolg wird | Landwirtschaftskammer Kärnten. Hg. v. Ikonline. LANDWIRTSCHAFTSKAMMER KÄRNTEN. Klagenfurt. Online verfügbar unter <https://ktn.lko.at/wie-der-anbau-von-sommergerste-zum-erfolg-wird+2400+3367980>, zuletzt aktualisiert am 14.11.2024, zuletzt geprüft am 14.11.2024.

SABIR, KHADIJA; ROSE, TILL; WITTKOP, BENJAMIN; STAHL, ANDREAS; SNOWDON, ROD J.; BALLVORA, AGIM ET AL. (2023): Stage-specific genotype-by-environment interactions determine yield components in wheat. In: *Nat. Plants* 9 (10), S. 1688–1696. DOI: 10.1038/s41477-023-01516-8.

SANCHEZ-BRAGADO, RUT; MOLERO, GEMMA; ARAUS, JOSÉ L.; SLAFER, GUSTAVO A. (2023): Awned versus awnless wheat spikes: does it matter? In: *Trends in plant science* 28 (3), S. 330–343. DOI: 10.1016/j.tplants.2022.10.010.

SCHULZ, SÖNKE (2022): Einzelkorn für alles. Väderstad Proceed Einzelkornsämaschine. In: *Profi* 2022, 2022 (1), S. 34–37.

SECOBRA SAATZUCHT GMBH (2024): Winterweizen - Sinatra A. Unterschleißheim. Online verfügbar unter https://www.secobra.de/wp-content/uploads/2020/09/pb_secobra_sinatra_winterweizen.pdf, zuletzt geprüft am 14.11.2024.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2024a): Landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland nach Nutzungsart in den Jahren 2010 und 2024. Online verfügbar unter

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/183734/umfrage/landwirtschaftliche-nutzflaeche-in-deutschland-2010/>, zuletzt geprüft am 13.11.2024.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2024b): Landwirtschaftsbetriebe bauen 2024 fast 20 % mehr Sommergetreide an. Wiesbaden. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/05/PD24_196_412.html, zuletzt geprüft am 13.11.2024.

STEPHAN, HELGE (o.J.): Winterweizen Anbautechnik. LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN. Online verfügbar unter https://www.lksh.de/fileadmin/PDFs/Landwirtschaft/Ackerkulturen/Getreide/Winterweizen/Winterweizen_Anbautechnik_.pdf.

THOMAS, ERHARD (2006): Feldversuchswesen. 196 Tabellen. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer (UTB Agrarwissenschaften, 8319).

VÄDERSTAD (2023): Väderstad Proceed. In: *Lectura media GmbH*, 04.10.2023. Online verfügbar unter <https://press.lectura.de/de/article/vaederstad-proceed-v-ab-ende-2024-verfuegbar/62107>, zuletzt geprüft am 07.12.2024.

VON DER OHE, CHRISTIANE; BAUMECKER, MICHAEL; HACHMEISTER, ROLF (2016): Lohnt sich der Mehraufwand? In: *DLG-Mitteilungen* (7), S. 8–11.

ZHONG, JINSHUN; VAN ESSE, G. WILMA; BI, XIAOJING; LAN, TIANYU; WALLA, AGATHA; SANG, QING ET AL. (2021): INTERMEDIUM-M encodes an HvAP2L-H5 ortholog and is required for inflorescence indeterminacy and spikelet determinacy in barley. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118 (8). DOI: 10.1073/pnas.2011779118.

Selbstständigkeitserklärung

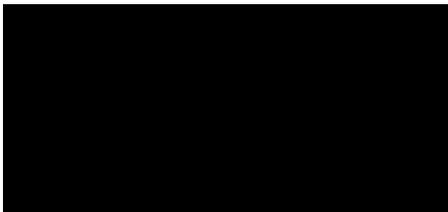
Name, Vorname: Rannenberg, Ina
Matrikelnummer: 
Studiengang: Agrarmanagement - Master of Business Administration

Durch meine Unterschrift erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel

„Auswirkungen einer Einzelkorn- oder Drillsaat bei Winterweizen und Sommergerste auf ausgewählte Parameter während der Vegetation, die Ausprägung der Ähre und den Ertrag“

selbstständig verfasst und in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt habe. Ich habe alle von mir genutzten Hilfsmittel und Quellen, einschließlich generativer Modelle und KI angegeben und die den verwendeten Quellen und Hilfsmitteln wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen in Form von Zitaten kenntlich gemacht. Darüber hinaus habe ich keine Hilfsmittel verwendet.

Magdeburg, 18. Februar 2025



Tabellenverzeichnis des Anhangs

Tabelle A1: Ergebnisse der Zählung der ährentragenden Halme bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	XVIII
Tabelle A2: Ergebnisse der Zählung der ährentragenden Halme bei Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).....	XVIII
Tabelle A3: Ergebnisse der Messungen der Pflanzenlänge [cm] bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	XIVV
Tabelle A4: Ergebnisse der Messungen der Pflanzenlänge [cm] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).	XV
Tabelle A5: Ergebnisse der Messungen der Ährenlänge [mm] der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).....	XVII
Tabelle A6: Ergebnisse der Messungen der Grannenlänge [mm] der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).	XVIII
Tabelle A7: Ergebnisse der Zählungen der Stufenzahl der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).....	XVIII
Tabelle A8: Ergebnisse der Ährendichte der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).....	XIX
Tabelle A9: Ergebnisse der Messungen der Ährenlänge [mm] des Winterweizens; (Eigene Darstellung 2024).....	XX
Tabelle A10: Ergebnisse der Messungen der Spelzenspitzenlänge [mm] des Winterweizens; (Eigene Darstellung 2024).	XXII
Tabelle A11: Ergebnisse der Zählungen der Stufenzahl des Winterweizens; (Eigene Darstellung 2024).....	XXIII
Tabelle A12: Ergebnisse der Ährendichte des Winterweizens; (Eigene Darstellung 2024).	XXIII

Anhang

Tabelle A1: Ergebnisse der Zählung der ährentragenden Halme bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen							Drillparzelle						
	2. Reihe	Ähren· m ⁻²	5. Reihe	Ähren· m ⁻²	MW Reihe	MW m ²	Ähren· Parz. ⁻¹	2. Reihe	Ähren· m ⁻²	5. Reihe	Ähren· m ⁻²	MW Reihe	MW m ²	Ähren· Parz. ⁻¹
KWS Abbie	127	564	87	387	107	476	2088	149	662	162	720	156	691	3034
LG Rumba	104	462	102	453	103	458	2010	184	818	144	640	164	729	3200
Schiwago	113	502	94	418	104	460	2019	138	613	132	587	135	600	2634
KWS Chrissie	105	467	98	436	102	451	1980	163	724	146	649	155	687	3014
LG Tosca	90	400	105	467	98	433	1902	169	751	153	680	161	716	3141
Fairway	104	462	105	467	105	464	2039	98	436	125	556	112	496	2175
Valérian	122	542	102	453	112	498	2185	105	467	93	413	99	440	1932
Applaus	98	436	106	471	102	453	1990	144	640	134	596	139	618	2712
Yoda	88	391	98	436	93	413	1815	149	662	140	622	145	642	2819
Gingko	125	556	91	404	108	480	2107	164	729	151	671	158	700	3073
RGT Planet	94	418	91	404	93	411	1805	128	569	124	551	126	560	2458

Tabelle A2: Ergebnisse der Zählung der ährentragenden Halme bei Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen							Drillparzellen						
	2. Reihe	Ähren- m ⁻²	5. Reihe	Ähren- m ⁻²	MW Reihe	MW m ²	Ähren- Parz. ⁻¹	2. Reihe	Ähren- m ⁻²	5. Reihe	Ähren- m ⁻²	MW Reihe	MW m ²	Ähren- Parz. ⁻¹
Ponticus	65	289	47	209	56	249	1093	74	329	68	302	71	316	1385
Boss	80	356	74	329	77	342	1502	85	378	81	360	83	369	1619
LG Mocca	76	338	69	307	73	322	1415	82	364	84	373	83	369	1619
LG Lunaris	79	351	66	293	73	322	1415	83	369	74	329	79	349	1532
Jubilo	52	231	63	280	58	256	1122	75	333	71	316	73	324	1424
KWS Donovan	75	333	67	298	71	316	1385	94	418	93	413	94	416	1824
Sinatra	74	329	62	276	68	302	1327	85	378	74	329	80	353	1551
Attribut	59	262	81	360	70	311	1366	82	364	94	418	88	391	1717
KWS Elementary	83	369	61	271	72	320	1405	91	404	88	391	90	398	1746
KWS Extase	80	356	84	373	82	364	1600	97	431	100	444	99	438	1922
RGT Kreation	75	333	78	347	77	340	1493	81	360	85	378	83	369	1619
Spectral	78	347	83	369	81	358	1571	91	404	86	382	89	393	1727
SU Tammo	82	364	57	253	70	309	1356	87	387	93	413	90	400	1756
LG Artman	79	351	83	369	81	360	1580	89	396	102	453	96	424	1863
Materius	61	271	62	276	62	273	1200	113	502	85	378	99	440	1932

Tabelle A3: Ergebnisse der Messungen der Pflanzenlänge [cm] bei der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen [cm]						Drillparzelle [cm]					
	1	2	3	4	5	MW	1	2	3	4	5	MW
KWS Abbie	88	86	86	87	94	88,2	82	86	82	89	87	85,2
LG Rumba	89	85	86	90	87	87,4	95	89	86	85	84	87,8
Schiwago	94	89	90	96	95	92,8	95	93	94	92	90	92,8
KWS Chrissie	89	85	85	89	88	87,2	85	86	88	85	91	87,0
LG Tosca	89	89	90	85	86	87,8	84	83	85	86	84	84,4
Fairway	94	95	96	100	99	96,8	83	82	83	85	84	83,4
Valérian	87	85	83	88	85	85,6	70	77	75	83	71	75,2
Applaus	85	92	86	88	81	86,4	80	87	83	84	85	83,8
Yoda	95	95	97	95	96	95,6	82	83	89	90	89	86,6
Gingko	93	93	94	93	92	93,0	87	93	92	89	87	89,6
RGT Planet	94	94	92	94	96	94,0	89	90	92	92	93	91,2

Rot hinterlegt: Maximum von Einzelpflanzen und Drillparzellen

Tabelle A4: Ergebnisse der Messungen der Pflanzenlänge [cm] beim Winterweizen; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen [cm]						Drillparzelle [cm]					
	1	2	3	4	5	MW	1	2	3	4	5	MW
Ponticus	88	89	89	88	87	88,2	85	86	86	83	85	85,0
Boss	86	90	87	88	85	87,2	81	85	83	87	85	84,2
LG Mocca	88	87	90	90	85	88,0	88	88	89	82	88	87,0
LG Lunaris	88	89	89	86	89	88,2	95	94	93	90	91	92,6
Jubilo	91	92	94	91	90	91,6	96	98	96	94	96	96,0
KWS Donovan	88	91	88	85	89	88,2	95	96	95	96	94	95,2
Sinatra	84	87	85	81	84	84,2	94	96	94	95	94	94,6
Attribut	93	96	96	93	95	94,6	102	102	100	100	98	100,4
KWS Elementary	93	90	86	87	90	89,2	92	93	90	93	94	92,4
KWS Extase	81	78	81	84	80	80,8	87	86	87	88	89	87,4
RGT Kreation	88	87	92	87	84	87,6	92	96	91	89	93	92,2
Spectral	85	88	86	89	85	86,6	89	92	90	92	91	90,8
SU Tammo	97	97	100	97	94	97,0	103	103	100	99	100	101,0
LG Artman	80	83	81	80	79	80,6	84	85	83	87	86	85,0
Materius	96	95	96	96	99	96,4	106	105	104	107	109	106,2

Rot hinterlegt: Maximum von Einzelpflanzen und Drillparzellen

Tabelle A5: Ergebnisse der Messungen der Ährenlänge [mm] der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen [mm]											Drillparzelle [mm]										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
KWS Abbie	123	126	116	106	121	114	112	119	111	114	116,2	104	97	104	111	117	95	103	112	110	97	105
LG Rumba	121	118	121	116	124	114	111	110	121	112	116,8	100	100	97	102	109	104	104	101	111	101	102,9
Schiwago	108	107	102	104	113	107	105	109	109	103	106,7	92	86	88	94	91	95	98	97	100	90	93,1
KWS Chrissie	114	103	116	112	106	112	102	104	101	99	106,9	90	94	98	91	103	98	93	98	103	98	96,6
LG Tosca	109	104	96	108	99	102	107	106	111	102	104,4	91	94	93	97	91	92	94	96	88	93	92,9
Fairway	101	107	114	112	108	113	109	104	107	111	108,6	104	102	101	96	100	97	103	104	98	96	100,1
Valérian	95	104	102	109	113	105	103	105	103	109	104,8	88	89	94	94	94	91	91	99	87	96	92,3
Applaus	103	102	105	91	117	101	111	108	99	109	104,6	103	92	95	103	91	99	98	101	94	94	97,0
Yoda	113	99	118	114	103	109	107	111	114	117	110,5	101	99	96	95	100	97	100	102	100	99	98,9
Gingko	118	104	112	108	104	108	114	114	112	118	111,2	100	99	99	108	100	106	99	108	94	107	102,0
RGT Planet	116	112	108	112	108	102	108	102	117	103	108,8	100	101	98	99	102	95	101	98	94	100	98,8

Rot hinterlegt: Maximum von Einzelpflanzen und Drillparzellen

Tabelle A6: Ergebnisse der Messungen der Grannenlänge [mm] der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen [mm]											Drillparzelle [mm]										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
KWS Abbie	125	130	125	130	130	125	135	130	115	120	126,5	125	120	125	120	115	15	125	115	125	115	110,0
LG Rumba	130	120	130	120	130	130	125	135	125	130	127,5	115	135	125	125	120	130	120	125	130	125	125,0
Schiwago	135	125	125	125	115	135	135	125	130	140	129,0	135	125	130	130	130	140	125	125	125	140	130,5
KWS Chrissie	130	135	125	125	130	130	125	130	130	115	127,5	120	125	145	140	130	125	135	135	130	135	132,0
LG Tosca	135	140	130	140	130	135	135	125	145	130	134,5	130	135	135	130	125	135	130	135	140	135	133,0
Fairway	140	135	130	125	130	140	125	125	130	125	130,5	135	125	135	125	130	125	130	130	135	140	131,0
Valérian	110	115	120	115	125	115	125	105	115	115	116,0	120	115	115	115	115	120	115	125	120	125	118,5
Applaus	110	120	130	125	130	125	120	130	130	125	124,5	120	120	125	115	125	120	115	130	115	120	120,5
Yoda	140	130	140	140	135	130	125	140	125	130	133,5	135	120	120	135	130	135	130	135	130	130	130,0
Gingko	140	130	135	120	115	125	140	140	130	135	131,0	135	120	120	125	120	125	120	125	140	125	125,5
RGT Planet	130	125	135	125	130	135	135	120	120	130	128,5	115	115	125	135	130	120	125	115	130	120	123,0

Rot hinterlegt: Maximum von Einzelpflanzen und Drillparzellen

Tabelle A7: Ergebnisse der Zählungen der Stufenzahl der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen											Drillparzelle										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
KWS Abbie	37	37	35	33	37	35	35	37	35	35	35,6	33	31	32	34	34	31	32	34	33	32	32,6
LG Rumba	35	34	37	34	36	32	35	33	33	32	34,1	31	30	32	31	34	32	33	31	32	32	31,8
Schiwago	33	31	31	31	33	33	31	33	33	31	32,0	28	27	28	29	27	28	28	30	28	26	27,9
KWS Chrissie	35	35	35	35	34	35	33	33	33	34	34,2	31	31	31	30	33	31	31	31	33	32	31,4
LG Tosca	36	33	33	35	31	33	35	35	33	33	33,7	30	30	31	31	31	31	30	31	29	31	30,5
Fairway	31	32	32	34	31	32	32	31	31	33	31,9	29	30	30	28	29	29	30	30	28	28	29,1
Valérian	31	32	30	32	35	32	33	32	32	32	32,1	28	29	30	29	29	29	27	30	28	29	28,8
Applaus	33	33	34	31	35	32	37	34	32	32	33,3	32	31	32	33	30	32	33	33	32	33	32,1
Yoda	34	31	35	33	31	31	33	34	33	36	33,1	30	31	30	30	30	29	30	31	30	30	30,1
Gingko	33	31	33	32	31	34	31	35	33	35	32,8	30	30	30	32	31	31	30	32	28	31	30,5
RGT Planet	34	33	32	30	33	31	32	30	37	33	32,5	31	31	30	30	30	30	31	31	30	31	30,5

Rot hinterlegt: Maximum von Einzelpflanzen und Drillparzellen

Tabelle A8: Ergebnisse der Ährendichte der Sommergerste; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen											Drillparzelle										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
KWS Abbie	30,1	29,4	30,2	31,1	30,6	30,7	31,3	31,1	31,5	30,7	30,7	31,7	32,0	30,8	30,6	29,1	32,6	31,1	30,4	30,0	33,0	31,1
LG Rumba	28,9	28,8	30,6	29,3	29,0	28,1	31,5	30,0	27,3	28,6	29,2	31,0	30,0	33,0	30,4	31,2	30,8	31,7	30,7	28,8	31,7	30,9
Schiwago	30,6	29,0	30,4	29,8	29,2	30,8	29,5	30,3	30,3	30,1	30,0	30,4	31,4	31,8	30,9	29,7	29,5	28,6	30,9	28,0	28,9	30,0
KWS Chrissie	30,7	34,0	30,2	31,3	32,1	31,3	32,4	31,7	32,7	34,3	32,1	34,4	33,0	31,6	33,0	32,0	31,6	33,3	31,6	32,0	32,7	32,5
LG Tosca	33,0	31,7	34,4	32,4	31,3	32,4	32,7	33,0	29,7	32,4	32,3	33,0	31,9	33,3	32,0	34,1	33,7	31,9	32,3	33,0	33,3	32,8
Fairway	30,7	29,9	28,1	30,4	28,7	28,3	29,4	29,8	29,0	29,7	29,4	27,9	29,4	29,7	29,2	29,0	29,9	29,1	28,8	28,6	29,2	29,1
Valérian	32,6	30,8	29,4	29,4	31,0	30,5	32,0	30,5	31,1	29,4	30,7	31,8	32,6	31,9	30,9	30,9	31,9	29,7	30,3	32,2	30,2	31,2
Applaus	32,0	32,4	32,4	34,1	29,9	31,7	33,3	31,5	32,3	29,4	31,9	31,1	33,7	33,7	32,0	33,0	32,3	33,7	32,7	34,0	35,1	33,1
Yoda	30,1	31,3	29,7	28,9	30,1	28,4	30,8	30,6	28,9	30,8	30,0	29,7	31,3	31,3	31,6	30,0	29,9	30,0	30,4	30,0	30,3	30,4
Gingko	28,0	29,8	29,5	29,6	29,8	31,5	27,2	30,7	29,5	29,7	29,5	30,0	30,3	30,3	29,6	31,0	29,2	30,3	29,6	29,8	29,0	29,9
RGT Planet	29,3	29,5	29,6	26,8	30,6	30,4	29,6	29,4	31,6	32,0	29,9	31,0	30,7	30,6	30,3	29,4	31,6	30,7	31,6	31,9	31,0	30,9

Rot hinterlegt: Maximum von Einzelpflanzen und Drillparzellen

Tabelle A9: Ergebnisse der Messungen der Ährenlänge [mm] des Winterweizens; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen [mm]											Drillparzelle [mm]										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
Ponticus	121	120	120	129	124	120	118	112	116	121	120,1	99	98	102	98	107	105	103	103	108	106	102,9
Boss	105	109	108	114	115	118	117	107	111	114	111,8	99	101	106	99	105	99	99	100	100	98	100,6
LG Mocca	118	114	125	116	118	112	121	118	115	124	118,1	107	104	108	99	105	102	106	103	96	107	103,7
LG Lunaris	132	124	134	126	119	120	122	121	118	126	124,2	108	111	109	113	109	114	113	118	109	110	111,4
Jubilo	121	126	119	127	123	121	125	120	125	125	123,2	113	113	121	113	116	112	111	119	118	114	115,0
KWS Donovan	125	130	127	128	117	125	120	117	127	127	124,3	108	104	112	112	105	103	102	106	104	106	106,2
Sinatra	127	126	146	144	132	134	134	141	142	141	136,7	113	117	114	116	112	110	113	107	110	110	112,2
Attribut	139	144	146	140	142	142	145	136	140	144	141,8	121	120	122	126	128	122	129	123	130	127	124,8
KWS Elementary	129	118	118	129	127	137	124	124	127	135	126,8	114	116	117	113	120	114	115	120	119	113	116,1
KWS Extase	124	123	123	123	123	116	112	114	115	115	118,8	112	106	109	105	107	108	112	107	103	104	107,3
RGT Kreation	130	131	134	138	128	130	126	131	130	138	131,6	100	104	117	108	110	108	104	103	106	105	106,5
Spectral	135	129	121	132	124	131	127	121	137	131	128,8	102	107	105	112	108	108	108	112	104	109	107,5
SU Tammo	142	140	133	128	127	121	124	119	132	131	129,7	110	115	112	107	117	115	117	109	110	111	112,3
LG Artman	104	115	107	108	115	114	116	106	111	108	110,4	102	100	97	110	112	101	95	105	101	95	101,8
Materius	139	134	132	133	130	142	143	135	138	135	136,1	107	118	110	115	114	110	112	116	114	116	113,2

Rot hinterlegt: Maximum von Einzelpflanzen und Drillparzellen

Tabelle A10: Ergebnisse der Messungen der Spelzenspitzenlänge [mm] des Winterweizens; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen [mm]											Drillparzelle [mm]										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
Ponticus	16	13	11	13	20	12	16	11	13	14	13,9	10	9	5	17	10	11	8	9	12	10	10,1
Boss	9	9	9	8	6	9	8	8	8	9	8,3	3	4	5	6	6	5	6	6	6	5	5,2
LG Mocca	15	9	12	12	13	11	16	17	11	11	12,7	10	11	14	16	14	10	7	12	12	14	12,0
LG Lunaris	20	18	20	20	13	11	20	13	15	15	16,5	13	14	9	14	19	14	11	17	14	10	13,5
Jubilo	11	8	6	8	16	11	8	6	10	14	9,8	12	10	10	7	9	11	10	10	9	9	9,7
KWS Donovan	11	14	11	12	12	13	14	12	14	11	12,4	7	8	10	8	10	7	9	15	9	9	9,2
Sinatra	14	13	11	12	11	10	12	10	11	11	11,5	7	7	9	4	6	5	9	8	10	7	7,2
Attribut	10	10	9	9	10	10	9	10	10	9	9,6	8	9	7	10	9	8	10	8	7	8	8,4
KWS Elementary	10	9	11	10	10	10	10	8	10	10	9,8	6	7	5	8	6	5	9	5	5	9	6,5
KWS Extase	17	20	15	15	8	12	15	22	15	17	15,6	15	17	15	17	12	20	17	14	20	19	16,6
RGT Kreation	16	12	12	14	20	15	15	15	15	16	15,0	14	13	5	19	13	10	5	12	13	15	11,9
Spectral	22	20	20	12	14	28	21	12	12	20	18,1	18	10	25	16	18	15	10	20	16	14	16,2
SU Tammo	22	20	16	20	20	18	17	16	19	17	18,5	16	24	27	13	14	28	11	24	25	23	20,5
LG Artman	12	11	9	10	14	12	15	10	13	12	11,8	9	15	13	10	7	9	13	8	15	11	11,0
Materius	9	17	14	13	15	10	18	12	13	15	13,6	10	14	8	6	5	11	7	14	14	15	10,4

Rot hinterlegt: Maximum von Einzelpflanzen und Drillparzellen

Tabelle A11: Ergebnisse der Zählungen der Stufenzahl des Winterweizens; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen											Drillparzelle										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
Ponticus	25	25	25	25	26	25	24	23	25	25	24,8	21	20	21	19	21	20	23	22	22	21	21,0
Boss	25	26	25	26	26	26	26	25	25	27	25,7	21	22	23	21	22	22	20	22	20	20	21,3
LG Mocca	25	25	25	25	25	25	26	25	23	27	25,1	21	20	21	21	21	22	20	21	20	20	20,7
LG Lunaris	26	24	24	23	24	24	23	24	23	25	24,0	20	21	20	20	20	21	21	21	20	21	20,5
Jubilo	23	22	26	24	23	23	22	25	23	23	23,4	21	20	21	23	22	21	20	21	22	20	21,1
KWS Donovan	25	25	24	24	23	24	24	24	25	25	24,3	21	21	21	21	21	21	22	21	21	21	21,1
Sinatra	26	26	27	27	26	25	26	27	25	27	26,2	21	23	23	23	22	23	22	22	22	22	22,3
Attribut	27	26	27	28	28	28	28	26	27	28	27,3	25	24	25	25	25	24	25	24	25	25	24,7
KWS Elementary	25	24	25	25	25	27	25	26	26	27	25,5	22	21	22	22	23	22	22	22	23	21	22,0
KWS Extase	26	23	25	25	25	24	24	24	25	25	24,6	21	21	21	21	21	21	20	20	21	21	20,8
RGT Kreation	27	25	27	27	27	28	27	26	26	27	26,7	22	22	22	22	23	23	23	22	24	21	22,4
Spectral	24	23	23	24	24	24	23	23	24	24	23,6	19	21	20	21	21	21	21	21	20	21	20,6
SU Tammo	25	23	23	23	24	22	23	23	24	24	23,4	19	22	21	21	22	22	22	20	21	22	21,2
LG Artman	20	23	22	22	23	23	23	21	22	22	22,1	21	20	19	21	21	20	20	22	21	20	20,5
Materius	30	26	25	26	27	27	29	25	25	23	26,3	26	26	26	25	25	25	25	25	24	24	25,1

Rot hinterlegt: Maximum von Einzelpflanzen und Drillparzellen

Tabelle A12: Ergebnisse der Ährendichte des Winterweizens; (Eigene Darstellung 2024).

Sorten- bezeichnung	Einzelpflanzen											Drillparzelle										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
Ponticus	20,7	20,8	20,8	19,4	21,0	20,8	20,3	20,5	21,6	20,7	20,7	21,2	20,4	20,6	19,4	19,6	19,0	22,3	21,4	20,4	19,8	20,4
Boss	23,8	23,9	23,1	22,8	22,6	22,0	22,2	23,4	22,5	23,7	23,0	21,2	21,8	21,7	21,2	21,0	22,2	20,2	22,0	20,0	20,4	21,2
LG Mocca	21,2	21,9	20,0	21,6	21,2	22,3	21,5	21,2	20,0	21,8	21,3	19,6	19,2	19,4	21,2	20,0	21,6	18,9	20,4	20,8	18,7	20,0
LG Lunaris	19,7	19,4	17,9	18,3	20,2	20,0	18,9	19,8	19,5	19,8	19,3	18,5	18,9	18,3	17,7	18,3	18,4	18,6	17,8	18,3	19,1	18,4
Jubilo	19,0	17,5	21,8	18,9	18,7	19,0	17,6	20,8	18,4	18,4	19,0	18,6	17,7	17,4	20,4	19,0	18,8	18,0	17,6	18,6	17,5	18,4
KWS Donovan	20,0	19,2	18,9	18,8	19,7	19,2	20,0	20,5	19,7	19,7	19,6	19,4	20,2	18,8	18,8	20,0	20,4	21,6	19,8	20,2	19,8	19,9
Sinatra	20,5	20,6	18,5	18,8	19,7	18,7	19,4	19,1	17,6	19,1	19,2	18,6	19,7	20,2	19,8	19,6	20,9	19,5	20,6	20,0	20,0	19,9
Attribut	19,4	18,1	18,5	20,0	19,7	19,7	19,3	19,1	19,3	19,4	19,3	20,7	20,0	20,5	19,8	19,5	19,7	19,4	19,5	19,2	19,7	19,8
KWS Elementary	19,4	20,3	21,2	19,4	19,7	19,7	20,2	21,0	20,5	20,0	20,1	19,3	18,1	18,8	19,5	19,2	19,3	19,1	18,3	19,3	18,6	19,0
KWS Extase	21,0	18,7	20,3	20,3	20,3	20,7	21,4	21,1	21,7	21,7	20,7	18,8	19,8	19,3	20,0	19,6	19,4	17,9	18,7	20,4	20,2	19,4
RGT Kreation	20,8	19,1	20,1	19,6	21,1	21,5	21,4	19,8	20,0	19,6	20,3	22,0	21,2	18,8	20,4	20,9	21,3	22,1	21,4	22,6	20,0	21,1
Spectral	17,8	17,8	19,0	18,2	19,4	18,3	18,1	19,0	17,5	18,3	18,3	18,6	19,6	19,0	18,8	19,4	19,4	19,4	18,8	19,2	19,3	19,2
SU Tammo	17,6	16,4	17,3	18,0	18,9	18,2	18,5	19,3	18,2	18,3	18,1	17,3	19,1	18,8	19,6	18,8	19,1	18,8	18,3	19,1	19,8	18,9
LG Artman	19,2	20,0	20,6	20,4	20,0	20,2	19,8	19,8	19,8	20,4	20,0	20,6	20,0	19,6	19,1	18,8	19,8	21,1	21,0	20,8	21,1	20,2
Materius	21,6	19,4	18,9	19,5	20,8	19,0	20,3	18,5	18,1	17,0	19,3	24,3	22,0	23,6	21,7	21,9	22,7	22,3	21,6	21,1	20,7	22,2

Rot hinterlegt: Maximum von Einzelpflanzen und Drillparzellen