

**Ertragsbildung, Ertragsstruktur und Sortenreinheit
bei der Z-Saatgutproduktion von Hybridgerste
in technischen Mischungen in Abhängigkeit von
Restoreranteil, Genotyp und Saatstärke**

**Dissertation
zur Erlangung des
Doktorgrades der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)**

der

Naturwissenschaftliche Fakultät III
Agrar- und Ernährungswissenschaften,
Geowissenschaften und Informatik

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Michael Jähnichen
Geb. am 02.02.1985 in Elsterwerda

Gutachter:

1. Prof. Dr. Klaus Pillen
2. Prof. Dr. Hartmut Stützel
3. Prof. Dr. Berthold Ilgen

Tag der öffentlichen Verteidigung: 23. November 2020, Halle (Saale)

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|--------|
| Inhaltsverzeichnis | I |
| Abkürzungsverzeichnis..... | III |
| Tabellenverzeichnis..... | V |
| Abbildungsverzeichnis..... | IX |
| 1 Einleitung..... | - 1 - |
| 2 Literaturübersicht | - 2 - |
| 2.1 Hybridzüchtung und Saatgutproduktion | - 2 - |
| 2.1.1 Heterosis | - 2 - |
| 2.1.2 Hybridmechanismus und Saatgutproduktion | - 3 - |
| 2.1.3 Hybridtypen | - 6 - |
| 2.2 Ertragsbildung und Ertragsstruktur..... | - 7 - |
| 2.2.1 Organogenese und Ertragsbildung von Getreide..... | - 7 - |
| 2.2.2 Ertragsphysiologie | - 9 - |
| 2.3 Pflanzenbauliche Bestimmungsgründe für die Hybridsaatgutproduktion in Technischen Mischungen..... | - 12 - |
| 2.3.1 Saatgutproduktionssystem Hybridwintergerste und Besonderheiten | - 12 - |
| 2.3.2 Interaktionen und Auswirkungen intervarietaler und intraspezifischer Konkurrenz im Pflanzenbestand | - 14 - |
| 2.3.3 Einflussnahme auf intervarietale und intraspezifische Konkurrenz im Pflanzenbestand durch produktionstechnische Maßnahmen..... | - 16 - |
| 3 Material und Methoden | - 19 - |
| 3.1 Standort | - 19 - |
| 3.2 Witterungsverlauf | - 20 - |
| 3.3 Versuchsaufbau..... | - 22 - |
| 3.4 Versuchsdurchführung | - 23 - |
| 3.5 Statistische Auswertung | - 27 - |
| 4 Ergebnisse..... | - 28 - |
| 4.1 Ertragsbildung..... | - 28 - |
| 4.1.1 Vegetative Entwicklung | - 29 - |
| 4.1.2 Generative Entwicklung..... | - 38 - |
| 4.2 Erträge und Ertragskomponenten..... | - 43 - |
| 4.2.1 Erträge und Ertragskomponenten in Abhängigkeit von Jahr und Standort | - 44 - |
| 4.2.2 Erträge und Ertragskomponenten in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke..... | - 46 - |

| | | |
|-------|---|---------|
| 4.2.3 | Erträge und Ertragskomponenten in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke und deren Wechselwirkungen | - 53 - |
| 4.3 | Mischungseffekte und Sortenreinheit..... | - 62 - |
| 4.3.1 | Mischungseffekte und Sortenreinheit in Abhängigkeit von Jahr und Standort | - 63 - |
| 4.3.2 | Mischungseffekte und Sortenreinheit in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke..... | - 66 - |
| 4.3.3 | Mischungseffekte und Sortenreinheit in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke und deren Wechselwirkungen | - 72 - |
| 5 | Diskussion..... | - 83 - |
| 5.1 | Einfluss der Jahreswitterung auf die Ertragsbildung, Flächenerträge und Ertragskomponenten..... | - 83 - |
| 5.2 | Einfluss von Konkurrenzbeziehungen auf die Ertragsbildung, Flächenerträge und Ertragskomponenten..... | - 88 - |
| 5.3 | Einfluss von Restoreranteil, Sorte und Saatstärke auf die Sortenreinheit bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste in technischen Mischungen | - 91 - |
| 6 | Schlussfolgerungen und Ausblick..... | - 94 - |
| 7 | Zusammenfassung/ Summary | - 96 - |
| | Literaturverzeichnis | - 100 - |
| | Anhangverzeichnis..... | - 118 - |
| | Anhang | - 124 - |
| | Eidesstattliche Erklärung / Declaration under Oath | - 172 - |
| | Danksagung | |
| | Lebenslauf | |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------------|--|
| AZ | Ährenzahl je Quadratmeter zur Ernte |
| BBCH | Entwicklungsstadium einer Pflanze (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und chemische Industrie) |
| CMS | Cytoplasmatisch-männliche Sterilität |
| DNA | Desoxyribonukleinsäure |
| DWD | Deutscher Wetterdienst |
| EA-Typ | Einzelährentyp |
| EPE | Einzelpflanzenertrag |
| EU | Europäische Union |
| EWG | Europäische Wirtschaftsgemeinschaft |
| F1 Generation | Population aus der Kreuzung zweier Elternpflanzen |
| F1F | CMS-Hybride (CMS-Mutterlinie bei Dreifachhybriden) |
| FM | CMS-Mutterlinie bei Einfachhybriden |
| FM KD | Korndichte der Mutterlinie je Quadratmeter |
| FM KZAE | Kornzahl je Ähre der Mutterlinie |
| FM KZAEm | mögliche Kornzahl je fertile Spindelstufe bei der Mutterlinie |
| FM SA | Relativer Saatgutansatz auf der Mutterlinie |
| FM SP | Anzahl Spindelstufen je Ähre bei der Mutterlinie |
| FM SP st | Anzahl steriler Spindelstufen je Ähre bei der Mutterlinie |
| GD min | Grenzdifferenz Minimum |
| GD max | Grenzdifferenz Maximum |
| GD-Tukey | Grenzdifferenz (Tukey-Kramer-Test) |
| GLM | General Linear Model (Generalisierte Lineare Modelle) |
| GSI | Gametophytische Selbstinkompatibilität |
| GSSI | Gametophytische-sporophytische Selbstinkompatibilität |
| J | Jahr |
| JMP | Software zur statistischen Datenanalyse |
| KD | Korndichte je Quadratmeter |
| KD-Typ | Korndichtetyp |
| KZAE | Anzahl der Körner je Ähre |
| KZP | Kornzahl je Pflanze |
| LZM | Langzeitmittel |

| | |
|---------------------------|--|
| M rate | Multiplikationsrate |
| msm1 | männlich steril maternal |
| MT | Maintainer-Linie |
| N-Düngung | Stickstoffdüngung |
| n.s. | nicht signifikant |
| OECD | Organization of Economic Cooperation and Development |
| Pr > F | Überschreitungswahrscheinlichkeiten |
| PSM | Pflanzenschutzmaßnahme |
| r | Korrelationskoeffizient |
| R ² | Bestimmtheitsmaß |
| RE | Restorer-Linie (Vaterlinie, Bestäuberlinie) |
| RE AZ m ² | Anzahl Restorerähren je Quadratmeter |
| RE AZ rel | Relative Anzahl der Restorer in der technischen Mischung |
| RE KD | Korndichte der Vaterlinie je Quadratmeter |
| RE KZAE | Anzahl der Körner je Ähre des Restorers |
| RE KZP | Kornzahl je Pflanze der Vaterlinie |
| RE Pfl.m ² | Anzahl der Restorerpflanzen je Quadratmeter |
| RE Pfl.m ² rel | Relative Anzahl der Restorerpflanzen |
| RE Sp | Anzahl fertiler Spindelstufen des Restorers |
| RE SP st | Anzahl steriler Spindelstufen je Ähre des Restorers |
| RE Tr | Anzahl Restorertriebe je Quadratmeter |
| Rf | dominante Restorergerne |
| rfm1 | Restorergerne |
| S1 | Saatstärke 1 (130 Körner/m ²) |
| S2 | Saatstärke 2 (180 Körner/m ²) |
| S3 | Saatstärke 3 (230 Körner/m ²) |
| SAS | Statistical Analysis System |
| SD | Standort |
| SI | Selbstinkompatibilität |
| SO | Sorte |
| ST | Saatstärke |
| TKM | Tausendkornmasse |
| Veg.Beg. | Vegetationsbeginn |
| Z-Saatgut | Zertifiziertes Saatgut (Z1) |

Tabellenverzeichnis

| | |
|-------------|---|
| Tabelle 1: | Standortspezifische Daten von Köthen und Wolkenburg, dargestellt als durchschnittlicher Jahresniederschlag [mm], Jahresdurchschnittstemperatur [°C], Höhenlage ü. NN [m], Bodentyp, Ackerzahl und Humusgehalt [%]- 19 - |
| Tabelle 2: | Produktionstechnische Daten bei der Versuchsdurchführung in Abhängigkeit von Jahr und Standort, Vorfrucht, Vor-Vor-Frucht, Aussattermin und Erntetermin.....- 23 - |
| Tabelle 3: | Sortenmerkmale und Eigenschaften (Züchtereinstufungen)- 24 - |
| Tabelle 4: | Ertragsanalytische Untersuchungen- 26 - |
| Tabelle 5: | Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] und Triebzahl [Triebe/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Standort sowie im Versuchsmittel und im Mittel der Jahre und Standorte- 31 - |
| Tabelle 6: | Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] und Triebzahl [Triebe/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke sowie im Versuchsmittel- 32 - |
| Tabelle 7: | Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] und der Triebzahl [Triebe/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Sorte- 34 - |
| Tabelle 8: | Entwicklung der Bestandesdichte [Triebe/m ² , Ähren/m ²] und Triebzahl [Triebe/Pflanze] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke- 37 - |
| Tabelle 9: | Mögliche Kornzahl und Anzahl der Spindelstufen (Primordien) zu BBCH 91 der Mutter- und Vaterlinie in Abhängigkeit von Jahr und Sorte, Jahr und Saatstärke sowie im Mittel der Sorten und Saatstärken- 41 - |
| Tabelle 10: | F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten [Pr > F] der Kornerträge am Standort Köthen im Jahr 2011 und 2012- 44 - |
| Tabelle 11: | F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten [Pr > F] der Kornerträge am Standort Wolkenburg im Jahr 2011 und 2012.....- 44 - |
| Tabelle 12: | Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Standort sowie im Versuchsmittel und im Mittel der Jahre und Standorte, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m ²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m ²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]- 45 - |
| Tabelle 13: | Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Standort sowie im Versuchsmittel und im Mittel der Jahre und Standorte, dargestellt als Einzelpflanzenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP).....- 45 - |
| Tabelle 14: | Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m ²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m ²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]- 47 - |
| Tabelle 15: | Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil sowie im Versuchsmittel, dargestellt als |

| | |
|-------------|--|
| | Einzelplanzerertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 48 - |
| Tabelle 16: | Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m ²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m ²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 49 - |
| Tabelle 17: | Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Einzelplanzerertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 49 - |
| Tabelle 18: | Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m ²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m ²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 51 - |
| Tabelle 19: | Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Einzelplanzerertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 51 - |
| Tabelle 20: | F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten [Pr > F] der Kornerträge in Abhängigkeit von Jahr (J), Standort (SD), Restoreranteil (RE), Sorte (SO) und Saatstärke (ST) und deren Wechselwirkungen..... - 53 - |
| Tabelle 21: | Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m ²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m ²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]..... - 56 - |
| Tabelle 22: | Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Köthen, dargestellt als Einzelplanzerertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 57 - |
| Tabelle 23: | Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m ²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m ²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]..... - 58 - |
| Tabelle 24: | Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Einzelplanzerertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 58 - |
| Tabelle 25: | Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m ²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m ²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 59 - |
| Tabelle 26: | Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in |

| | |
|-------------|--|
| | Köthen, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 59 - |
| Tabelle 27: | Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Sorte sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m ²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m ²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 61 - |
| Tabelle 28: | Ertragskomponenten der Einzelpflanzen der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Sorte sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 61 - |
| Tabelle 29: | Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Standort sowie im Versuchsmittel und im Mittel der Jahre und Standorte, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 63 - |
| Tabelle 30: | Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Standort sowie im Versuchsmittel und im Mittel der Jahre und Standorte, dargestellt als absolute (RE AZ m ²) [Ähren/m ²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) sowie Kornzahl je Pflanze (RE KZP)..... - 63 - |
| Tabelle 31: | F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten [Pr > F] der Sortenreinheit in Abhängigkeit von Jahr, Standort und den Versuchsfaktoren - 65 - |
| Tabelle 32: | Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil sowie Versuchsmittel, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 66 - |
| Tabelle 33: | Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil sowie im Versuchsmittel, dargestellt als absolute (RE AZ m ²) [Ähren/m ²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP) - 66 - |
| Tabelle 34: | Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Jahr, Standort und Restoreranteil - 67 - |
| Tabelle 35: | Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 68 - |
| Tabelle 36: | Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie im Versuchsmittel, dargestellt als absolute (RE AZ m ²) [Ähren/m ²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP) - 68 - |
| Tabelle 37: | Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Jahr, Standort und Sorte - 69 - |

| | |
|-------------|--|
| Tabelle 38: | Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]- 70 - |
| Tabelle 39: | Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke sowie im Versuchsmittel, dargestellt als absolute (RE AZ m ²) [Ähren/m ²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) sowie Kornzahl je Pflanze (RE KZP)- 70 - |
| Tabelle 40: | Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Jahr, Standort und Saatstärke- 71 - |
| Tabelle 41: | F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten [Pr > F] der Sortenreinheit in Abhängigkeit von Jahr (J), Standort (SD), Restoreranteil (RE), Sorte (SO) und Saatstärke (ST) und deren Wechselwirkungen.....- 72 - |
| Tabelle 42: | Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen am Standort Köthen und Wolkenburg im Jahr 2011 und 2012- 76 - |
| Tabelle 43: | Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit vom Restoreranteil und Sorte sowie deren Wechselwirkungen am Standort Köthen und Wolkenburg im Jahr 2011 und 2012- 78 - |

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: CMS-System zur Herstellung von Hybridsaatgut bei Wintergerste- 5 -
- Abbildung 2: Schema der Saatgutproduktion einer Dreifachhybride bei Hybridwintergerste ...
.....- 6 -
- Abbildung 3: Interaktionstypen zwischen zwei Arten in Pflanzengemeinschaften (ODUM 1999, verändert)- 14 -
- Abbildung 4: Darstellung des Witterungsverlaufs als Pluviogramm [Temperatursumme in °C und Niederschlagssumme in mm] in den Versuchsjahren 2010/2011 und 2011/2012 sowie dem langjährigen Mittel für den Standort Köthen- 21 -
- Abbildung 5: Darstellung des Witterungsverlaufs als Pluviogramm [Temperatursumme in °C und Niederschlagssumme in mm] in den Versuchsjahren 2010/2011 und 2011/2012 sowie dem langjährigen Mittel für den Standort Wolkenburg
.....- 21 -
- Abbildung 6: Aufbau der Versuchsanlage und Darstellung des Versuchsplans als dreifaktorielle Streifen-Spalтанlage (3/3/3) mit 27 Prüfgliedern in vierfacher Wiederholung- 22 -
- Abbildung 7: Entwicklung der Triebzahl je Pflanze (x) in Abhängigkeit der Temperatursumme (T) [°C] im Versuchsmittel, dargestellt als log. Wachstumsfunktion.....- 30 -
- Abbildung 8: Entwicklung der Triebzahl je Pflanze (x) in Abhängigkeit der Temperatursumme (T) [°C] unter Berücksichtigung der Versuchsfaktoren (Sorte und Saatstärke), dargestellt als log. Wachstumsfunktion- 36 -
- Abbildung 9: Höhe des Vegetationskegels [cm] am Haupt- und Nebentrieb in Abhängigkeit von Sorte [N=120] und Saatstärke [N=160] zu BBCH 31/32 und BBCH 37/47.....
.....- 39 -
- Abbildung 10: Anzahl generativer Primordien am Haupt- und Nebentrieb je Vegetationskegel in Abhängigkeit von Jahr und Sorte zu Vegetationsbeginn, BBCH 31/32 und BBCH 37/47 [N=120]- 40 -
- Abbildung 11: Ertrag [dt/ha] der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke im Jahr 2011 und 2012 am Standort Köthen und Wolkenburg
.....- 55 -
- Abbildung 12: Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Jahr und Standort- 64 -
- Abbildung 13: Konkurrenzwirkungen und Mischungseffekte in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr, Restorer, Sorte und Saatstärke am Standort Köthen. Dargestellt als Beziehung zwischen der Korndichte der Vaterlinie [Körner/m²] in der technischen Mischung (RE KD), dem Saatgutansatz [%] der Mutterlinie (FM SA) sowie deren Einfluss auf die Sortenreinheit [%].- 73 -
- Abbildung 14: Konkurrenzwirkungen und Mischungseffekte in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr, Restorer, Sorte und Saatstärke am Standort Wolkenburg. Dargestellt als Beziehung zwischen der Korndichte der Vaterlinie [Körner/m²] in der technischen Mischung (RE KD), dem Saatgutansatz [%] der Mutterlinie (FM SA) sowie deren Einfluss auf die Sortenreinheit [%].- 74 -

-
- Abbildung 15: Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Jahr, Standort, Restorer, Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen..... - 77 -
- Abbildung 16: Zusammenhang zwischen Mutterkornbefall [Mutterkorn in 200 g Rohware] und Anteil sekundärer Triebe bzw. Zwiewuchs am Standort Köthen 2011 - 80 -
- Abbildung 17: Beziehung zwischen Ertrag [dt/ha] und Mutterkornbefall [Mutterkornbesatz/ 200 g Rohware] in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke am Standort Köthen 2011..... - 82 -

1 Einleitung

Das Saatgutproduktionssystem bei Hybridwintergerste basiert, wie beim Roggen bereits etabliert, auf Grundlage der cytoplasmatisch-männlichen Sterilität (CMS). Diese ermöglicht eine Kreuzung von zwei Linien, indem die mütterliche Erbkomponente männlich steril ist und keinen Pollen ausbildet. Die Befruchtung findet über die männliche Erbkomponente statt. Zur Hybrid-saatgutproduktion ist eine Fremdbefruchtung obligatorisch. Wintergerste gehört zu den selbstbefruchtenden Getreidearten. Aus biologischer und wirtschaftlicher Sicht ist die Produktion in Form einer technischen Mischung eine günstige Alternative zur Streifenproduktion. Bei der Produktion in technischen Mischungen enthält das Saatgut dann allerdings auch einen mehr oder weniger großen prozentualen Anteil der Vaterlinie (Linien-sorten). Dieser Anteil wird bis zu einem gewissen Maß innerhalb des rechtlichen Rahmens toleriert (Sortenreinheit). Nach ODUM (1999) ergeben sich sechs Typen von Wechselwirkungen zwischen zwei Arten, wonach jede Art positiv, negativ oder überhaupt nicht beeinflusst sein kann. Aufgrund der Mischung zweier Saatgutkomponenten ergeben sich Mischungseffekte (ARTHUR 1982, STÜTZEL 1985, KEMPF 1990). Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Aufdeckung von pflanzenbaulichen Interaktionen im Rahmen der Saatgutproduktion von Hybridwintergerste in technischen Mischungen leisten. Folgende Fragestellungen sollen geklärt werden:

- In welchem Ausmaß treten zwischen den verschiedenen Versuchsfaktoren Interaktionen in Bezug auf die Ertragsbildung und Ertragshöhe auf?
- Welche Beziehungen bestehen zwischen den beobachteten Unterschieden in den Erträgen und Ertragskomponenten?
- Welche Mischungseffekte und Konkurrenzbeziehungen ergeben sich bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste in technischen Mischungen?
- Wie beeinflussen die unterschiedlichen Versuchsfaktoren die Ertragsstruktur der Mischungspartner und welchen Einfluss hat dies auf die Sortenreinheit?
- Bestehen durch Maßnahmen der Anbautechnik Eingriffsmöglichkeiten auf die Ertragsstruktur der Saateltern zur Steuerung der Sortenreinheit und Saatgutqualität?
- Welche rechtlichen Schlussfolgerungen ergeben sich?

2 Literaturübersicht

2.1 Hybridzüchtung und Saatgutproduktion

2.1.1 Heterosis

Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts wurde die Hybridzüchtung entwickelt auf deren Grundlage die Züchtung der wichtigen Ackerkulturen Mais, Zuckerrübe, Raps und Roggen basiert. Wesentliche Fortschritte lassen sich aufgrund der maximalen Ausnutzung des Heterosiseffektes, der Ertragsstabilität und der vereinfachten Resistenzzüchtung erklären. Der amerikanische Genetiker SHULL (1914) verstand darunter die Mehrleistung einer heterozygoten F1-Generation gegenüber dem Mittel von zwei genetisch unterschiedlichen homozygoten Pflanzen.

So spiegelt sich die Mehrleistung nicht nur im Ertrag wider, sondern auch in der Biomasseproduktion. Diese zeigt sich beispielsweise bei Getreide in einer schnelleren vegetativen Entwicklung, höheren Bestockung bzw. Vitalität, einer gesteigerten Wuchshöhe (z.B. bei Wintergerste) sowie einer besseren Durchwurzelung des Bodens (BECKER 1984, LONGIN 2013). WANG et al. (2006) schätzten mittels molekularbiologischer Analyseverfahren (gene expression) die Heterosisleistung von 20 Hybridweizensorten der Wurzelarchitektur im Vergleich zu ihren Eltern. Die totale Wurzellänge, die Wurzeloberfläche, der Wurzeldurchmesser und die Wurzelhaare zeigten Mehrleistungen der Hybriden im Vergleich zu ihren Eltern von 20-50 %, je nach Merkmal (HEINZE 2013). WANG et al. (2006) schlussfolgerten aus ihren Untersuchungen eine durchschnittliche Heterosis in Bezug auf die Wurzelleistung von 28 %. Dies lässt eine höhere Ertragsstabilität sowie Stickstoffeffizienz vermuten.

Ebenfalls wird in der Literatur über eine erhöhte Fertilität und Resistenz gegenüber Krankheiten und Schädlingen (BIRCHLER et al. 2003) diskutiert. Vor allem bei Mais konnte nachgewiesen werden, dass Hybriden eine höhere Ertragsstabilität und eine gesteigerte Stresstoleranz haben. Dies äußert sich insbesondere bei widrigen Umweltbedingungen (Trockenheit, Nährstoffmangel oder Krankheitsdruck) in einem geringeren Ertragsrückgang im Vergleich zu Linien- oder Populationsorten (LONGIN 2013). Aus verschiedenen Quellen, zitiert in BECKER (1992), liegt die Heterosis des Kornertrags bei Winterraps, Mais, Zuckerrübe und Roggen über 100 %. Übereinstimmend berichten andere Untersuchungen an selbstbefruchtenden Getreiden, wie z.B. Wintergerste, von erheblich geringeren Werten um 10 % (BECKER 1992, LONGIN 2013). Das Ausmaß der Heterosis bei Fremdbefruchtern ist bedeutend größer als bei Selbstbefruchtern, Arten mit gemischter Befruchtung liegen im Mittelbereich. Neben der Abhängigkeit der Heterosis vom Befruchtungssystem spielt die Merkmalsausprägung eine entscheidende Rolle. So ist die Mehrleistung im Ertrag größer als bei der Wuchshöhe oder anderen qualitativen Eigenschaften (BECKER 2011).

2.1.2 Hybridmechanismus und Saatgutproduktion

Bei der Saatgutproduktion von Hybriden im Getreide unterscheidet man zwei Gruppen: Einerseits fremdbefruchtende Arten wie Mais und Roggen. Sie bilden von Natur aus nur Körner aus, wenn die Blüte von den Pollen einer anderen Pflanze bestäubt wird. Anders ist dies bei den selbstbefruchtenden Arten wie Gerste, Weizen und Triticale. Hier werden die Blüten von Pollen der gleichen Pflanze oder der gleichen Blüte befruchtet. Es müssen also Bestäuber gefunden werden, die viel Pollen außerhalb der Blüte freisetzen und die weibliche Infloreszenz muss lange empfängnisbereit bleiben. Das heißt, die Blüten müssen lange geöffnet und befruchtungsfähig bleiben. Die Befruchtung bei der Gerste erfolgt zum Teil bereits bevor die Antheren aus der Blüte austreten (Kleistogamie). Für die Hybridproduktion ist allerdings eine Fremdbefruchtung obligatorisch. Das natürliche Befruchtungssystem muss überlistet werden (MELCHINGER et al. 2008, BECKER 2011, LONGIN 2013). Ein geeigneter Hybridmechanismus ist Voraussetzung für die Erzeugung von Hybridsaatgut im großflächigen Anbau. Bei der Saatgutvermehrung muss gewährleistet sein, dass die mütterliche Inzuchtlinie ausschließlich durch die väterliche Inzuchtlinie bestäubt wird und keine Selbstbefruchtung stattfindet. Die Bestäubung muss kontrolliert durchgeführt werden. Es gibt dafür drei Verfahren mit mehreren Möglichkeiten (BECKER 2011).

Mechanischer Hybridmechanismus

Bei Wintergerste befinden sich die männlichen (Antheren) und die weiblichen (Narbe) Blütenorgane in der gleichen Blüte. Mechanische Verfahren, wie das Entfernen der Fahne beim Mais, sind deshalb nicht möglich. Bei den monözisch-monoklinen Fruchtarten (Zuckerrüben, Gerste, Weizen, Roggen, Raps) ist die Herstellung von Kreuzungssaatgut von Hand sehr mühsam, aufwendig und teuer. Ein großflächiger Anbau zur Erzeugung von kommerziellem Saatgut ist daher praktisch nicht möglich. Aufgrund seiner Blütenmorphologie mit getrennt geschlechtlicher Blüte (monözisch-diklin) bildet der Mais eine Ausnahme unter den landwirtschaftlichen Arten. Die männliche Infloreszenz befindet sich an der Spitze der Pflanze. In der Blütezeit wird die Pflanze kastriert, sodass gute Voraussetzungen für die Saatgutproduktion gewährleistet sind. Die Kastriation wird nach wie vor überwiegend manuell oder mechanisch durchgeführt. Die mütterlichen und väterlichen Inzuchtlinien werden in Reihen im Verhältnis von z.B. vier Reihen Mütter und zwei Reihen Väter angebaut.

Neben der Pollensterilität wird auch die Selbstinkompatibilität (SI) als Hybridmechanismus genutzt. Die Schwierigkeiten liegen jedoch bei der Vermehrung und der Saatgutproduktion der SI-Linien. Großflächige Linienvermehrungen sind mit enormen Aufwendungen verbunden und bei Getreide nicht praktikabel. Die Selbstinkompatibilität kann durch Stress oder Schock induziert werden. Je nach Art der Pflanzen kann dieser Stress z.B. durch das Verletzen der Narbe, hohe oder niedrige Temperaturen, das Spritzen mit Salzlösungen oder durch die Anwendung hoher

CO₂-Konzentration ausgelöst werden. Gametophytische Selbstinkompatibilität (GSI) und Gametophytisch-sporophytische Selbstinkompatibilität (GSSI) wird bei Winterroggen und Raps diskutiert (MELCHINGER et al. 2008).

Chemischer Hybridmechanismus

Chemische Hybridisierungsmittel verhindern die Ausbildung funktionsfähiger Pollen (chemische Kastration mit Gametoziden). Hierzu werden die Vater- und Mutterlinie alternierend in Streifen angebaut. Die Mutterlinie wird mit dem Hybridisationsmittel sterilisiert. So wird eine Befruchtung nur durch die Vaterlinie möglich. Hier ist neben einer zuverlässigen und vollständigen Pollensterilität auch eine von der Witterung und dem Entwicklungszustand der Kultur unabhängige Wirkung gefordert. Die momentan in Europa vermarkteten Hybridweizensorten werden durch ein Gametozid hybridisiert (CROISOR® 100).

Genetische Hybridmechanismen

Cytoplasmatisch-männliche Sterilität (CMS) wird in vielen Kulturen eingesetzt. Die Hybridsamenproduktion von Zwiebeln war die erste Kultur, in der CMS erstmals erfolgreich eingesetzt wurde (JONES und CLARKE 1943). EDWARDSON (1970) unterscheidet vier unterschiedliche Möglichkeiten: a) intraspezifisch, b) interspezifisch, c) intergenetisch und d) spontane Kreuzungen.

Cytoplasmatisch-kerngenetisch bedingte Pollensterilität beruht auf dem Zusammenwirken von Kerngenen und der Veränderung der mitochondrialen DNA (BELLIARD et al. 1978). Im Vergleich zu Zellen mit einer normalen Funktion (n) führt diese Fehlfunktion zur Sterilität (cms). Die Sterilität kann jedoch durch dominante Restorerogene (Rf) im Zellkern aufgehoben werden. Restorerogene sind im Kern lokalisiert und können über den väterlichen Pollen übertragen werden. Im Gegensatz dazu werden die Mitochondrien von der Mutter vererbt. Das sterile Cytoplasma (cms) wird über Maintainer-Linien (n) erhalten. Diese Linien sind mit der CMS-Linie genetisch identisch, haben aber ein „normales“ bzw. fertiles Cytoplasma (n). Fertile Hybriden lassen sich durch die Kreuzung der CMS-Linie mit beliebigen fertilen Inzuchtlinien herstellen. Die Bedingung hierfür ist, dass diese homozygot ein entsprechendes Restorerogen (rf) im Zellkern haben.

Die Grundlagen hierfür beschrieb SCHOOLER (1967). Er stellte als Erster Kreuzungen von Hordeum (Gerste) her, die eine stabile und vollständige CMS hatten. Dadurch war ein Weg für die Hybridsaatgutproduktion der Mutterlinien geschaffen. AHOKAS (1978) erzeugte männlich sterile Nachkommen durch die Kreuzung einer Kulturgerste mit einer Wildgerste (*Hordeum ssp. spontaneum*). Er bezeichnete dieses Cytoplasma als msm1 (männlich-steril-maternal). Ein Jahr später (AHOKAS 1979) findet er das nötige Restorerogen (rfm1) in der gleichen Wildart. Weitere Studien (AHOKAS 1980, 1981) zeigen innerhalb der Art eine Aufteilung von 56,7 % Maintainer,

37,5 % partielle Restorer und 5,8 % reine Restorereigenschaften. Alle Restorerlinien tragen ein fertiles Cytoplasma, dessen dominante Gene aus einer israelischen Wildsorte stammen.

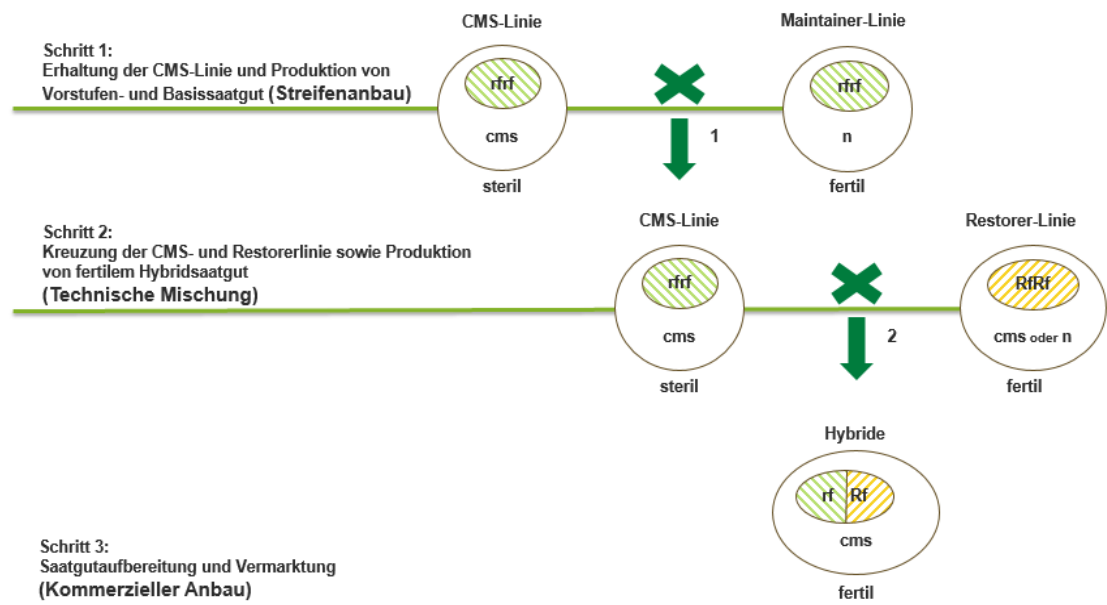


Abbildung 1: CMS-System zur Herstellung von Hybridsaatgut bei Wintergerste

Die Saatgutproduktion von reinen Linien (CMS, Maintainer und Restorer; Abbildung 1) empfiehlt LEHMANN (1983). Die Produktion der Maintainer wird durch Kreuzung von $Rfm1$ -Linien mit konventionellen Sorten und Selektion der Pflanzen der F_2 -Generation auf $msm1$ Pflanzen erreicht. Pflanzen der F_2 -Generation, die keine Restaurierung aufweisen, werden mit männlich-sterilen Pflanzen gekreuzt. Dies stellt die Basis der Maintainer-Population dar. Die F_1 und F_2 werden angebaut, wobei nur das Saatgut der F_2 geerntet und auf Bestäuber selektiert wird. Die Saatgutproduktion des Restorers verläuft nach dem gleichen Prinzip. Der Unterschied besteht darin, dass eine Rückkreuzung auf der $msm1$ erfolgt. Dadurch wird eine bestimmte gewünschte Eigenschaft von einem Donor übertragen (Anhang 1). In mehreren Kreuzungsschritten wird immer wieder mit derselben Zuchtsorte, dem rekurrenten Elter, gekreuzt. Die Kreuzungsprodukte werden mit jedem Kreuzungsschritt dem rekurrenten Elter ähnlicher. Diese Methode findet klassischerweise auch bei der Resistenzzüchtung statt. Bei den Rückkreuzungen muss das CMS-System dominant mit dem Restorer gen vererbt werden.

In Anlehnung an die Vorschläge von Lehmann produzierte ECKHOFF (1985) 22 F_1 -Hybriden. Bei allen Hybriden konnten positiv signifikante Ertragseffekte gegenüber ihren Eltern und den 6 konventionellen Sorten festgestellt werden. Paul Bury, Gerstenzüchter von Syngenta Seeds, evaluierte die Daten von ECKHOFF (1985) und begann 1992 mit den ersten Testkreuzungen. Im Jahr 2000 wurden erstmals zwei Hybriden in die Zulassungsprüfungen in England aufgenommen. 2002 folgte die Zulassung der Hybridsorte „Colossus“ in Großbritannien. In Deutschland wurde 2008 erstmalig eine Hybride „Zzoom“ zugelassen und vermarktet.

2.1.3 Hybridtypen

In Abhängig des Zuchtprogramms können Hybridsorten aus mehreren Linien aufgebaut sein und entsprechen somit unterschiedlichen Hybridtypen (BECKER 2011):

- Einfachhybriden $A \times B$
- Dreiweghybriden $(A \times B) \times R$
- Doppelhybriden $(A \times B) \times (R \times S)$
- Topcrosshybriden $(A \times B) \times \text{Population}$

Die Erzeugung reinerbiger Inzuchtlinien und die gezielte Nutzung der Heterosis, wie von SHULL (1914) vorgeschlagen, erwies sich in der Praxis als schwierig. Zum einen wegen des niedrigen Ertragsniveaus aufgrund der Inzuchtdepression und zum anderen wegen der geringen Stabilität bei der Saatgutproduktion. JONES (1918) verwies auf die Möglichkeit der Doppelhybride. Die Vorteile der „Mehrfachhybriden“ bestehen in der besseren Vermehrbarkeit. Die Saatguterzeugung erfolgt bei den genannten Hybridtypen auf einer wüchsigen Einfachhybride (Abbildung 2). Dadurch nehmen der Ertrag und die Stabilität aufgrund der Heterosis zu. Mittlerweile werden auch Dreifachhybriden bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste stärker genutzt und führen zu einer stabileren Saatgutproduktion (BUNDESSORTENAMT 2014).

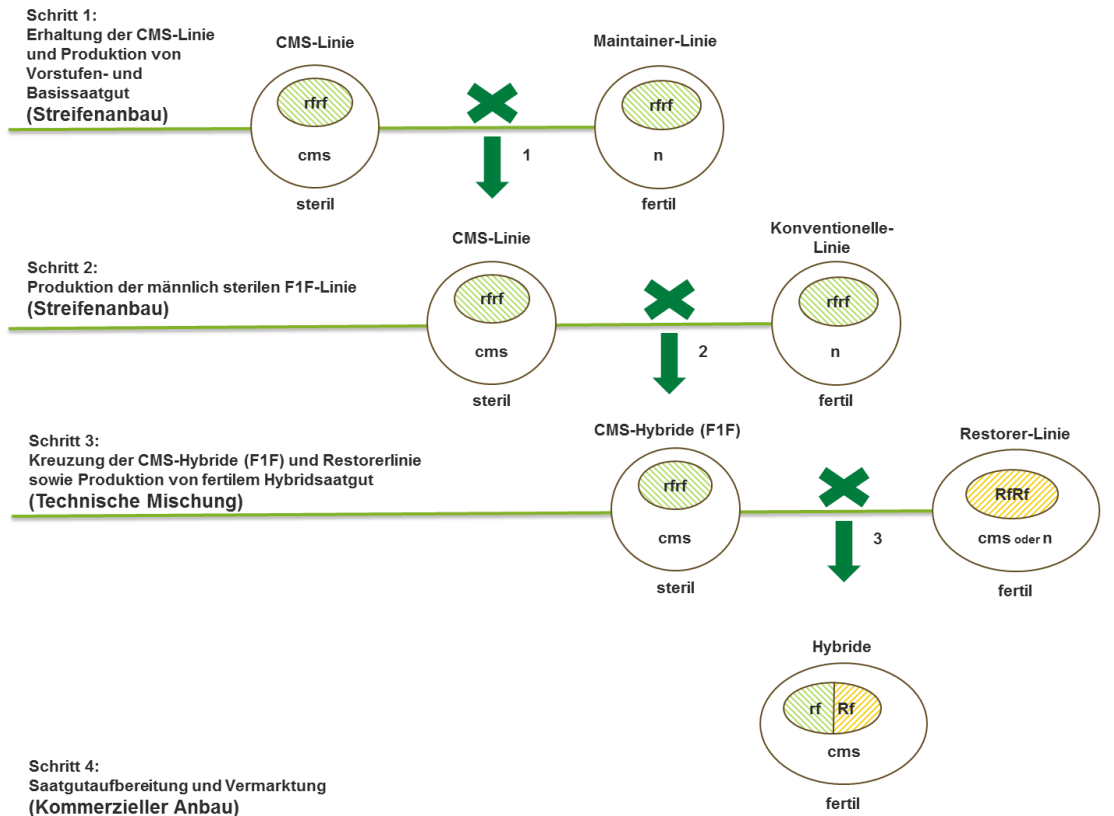


Abbildung 2: Schema der Saatgutproduktion einer Dreifachhybride bei Hybridwintergerste

2.2 Ertragsbildung und Ertragsstruktur

2.2.1 Organogenese und Ertragsbildung von Getreide

Die Organogenese und Ertragsbildung von Getreide bestimmte bis Ende der 1980er Jahre die wissenschaftlichen Untersuchungen in der Pflanzenproduktion. Im Zentrum der Forschungstätigkeit standen Fragen über die Ertragsbildung bei Getreide unter dem Aspekt anbautechnischer Fragestellungen. Spezieller Schwerpunkt waren hierbei experimentelle Arbeiten zur Ökophysiologie der Wurzelsysteme der Kulturpflanzenarten, deren morphologischen Veränderungen bei unterschiedlichen Umweltfaktoren, die vielfältigen Wechselwirkungen bei der Wasser- und Nährstoffaufnahme und deren Einfluss auf die Ausbildung generativer Organe. Primäres Ziel war hierbei die Ermittlung der bestmöglichen Kombination der Betriebsmittel, wie z.B. N-Düngung und Pflanzenschutzintensität zur Verbesserung von Produktionssystemen sowie die Vermeidung von Umweltschäden, wie beispielsweise der Nitratbelastung des Grund- oder Trinkwassers.

Mehrere Wissenschaftler befassten sich deshalb sehr intensiv mit den Grundlagen für die Ertragsbildung und Ertragsstruktur bei Getreide.

GEISLER (1983) beschreibt das Ertragspotenzial des Getreides als Flächenertrag, der sich aus den einzelnen Ertragskomponenten pro Flächeneinheit ergibt: Anzahl der Ähren pro Flächeneinheit, Anzahl Ährchen pro Ähre, Anzahl fertiler Blüten pro Fruchtstand und der Tausendkornmasse (TKM). Die Entwicklung und Ertragsbildung des Getreides vollzieht sich in Phasen der Bildung vegetativer Masse (Blätter und Triebe), der Anlage und Ausbildung der Speicherorgane (ährentragender Halme mit Karyopsen) und der Kornbildung sowie Kornfüllung (HARMS 1982). Hänzel (1955) unterscheidet hierbei während der Vegetation zwischen Anlage- und Reduktionsprozessen: Phase der Organanlage, Phase der maximalen Organzahl, Phase der Organreduktion und Phase der endgültigen Organzahl und Organreife. Diese Phasen können nacheinander auftreten, einzelne Anlage- und Reduktionsprozesse von Ertragskomponenten finden allerdings ebenso parallel statt. Auch POMMER und KEYDEL (1980) beschreiben kritische Stadien der Ertragsbildung, die bei ungünstigen Produktionsfaktoren, wie z.B. geringer Nährstoffverfügbarkeit, zu Reduktionsvorgängen führen oder das maximal mögliche Ertragspotenzial nicht aufgebaut werden kann. Masse und Qualität der älteren Organe bestimmen also das Maximum der Ausbildung jüngerer Organe, soweit diese auf die Funktion der älteren angewiesen sind.

Die Ertragsbildung und Ertragsstruktur von Wintergerste waren für AUFHAMMER (1955) und AUFHAMMER (1966, 1980, 1981) wichtige Forschungsschwerpunkte. Die Anzahl der Triebe pro Flächeneinheit ist ein entscheidender Faktor bei der Ertragsbildung. Die erste kritische Phase der Ertragsbildung tritt demnach bei der Anlage der Nebentriebe (Bestockung) ein. Parallel zur vegetativen Entwicklung der Bestockungstriebe beginnt die Ährenanlage sowie Ährchendiffe-

renzung, was ein zweites kritisches Stadium darstellt. Das letzte und maximal mögliche Spindelstufenglied, was bei alten Landsorten bis zu 21 betragen kann, wird in dieser Periode festgelegt. Die Nährstoffe werden überwiegend in den Trieben höherer Ordnung eingelagert. Triebreduktionen können zu einem späteren Zeitpunkt eintreten.

Nach POMMER und KEYDEL (1980) stellt die Zeit der Ährchendifferenzierung die längste Entwicklungsphase dar und somit den dritten kritischen Punkt während der Ertragsbildung. Die Blütenbildung der Gerste verläuft dabei in verschiedenen Phasen (Anhang 2). Zu Beginn kommt es zu einem vegetativen Blütenbildungsgewebe. Im Zuge der Differenzierung der Ährchen über den Zeitverlauf entsteht die Ähre mit den noch nicht entwickelten Blütenanlagen. Die Anlage von Ährchenprimordien findet dabei überwiegend zwischen den phänologischen Entwicklungsstadien Bestockungsmitte (BBCH 25) und Ein-Knoten-Stadium (BBCH 31) statt (LANDES 1989). Zu Beginn und während der sogenannten „Großen Periode“ (BBCH 32-37: Streckung des Halmes) bilden sich diese zu fertigen Blütchen aus. Voraussetzung für die Bildung der Blüten ist einerseits der Kältereiz (Vernalisation), andererseits die Tageslänge (12-14 h Licht, Langtagspflanze).

Die Periode der Ährchendifferenzierung sowie die „Große Periode“ legen damit in den frühen Entwicklungsphasen bis zur Ausbildung der fertigen Ähre maßgeblich die Kornzahl pro Pflanze fest. Nach STOY (1973) wird der Hauptassimilationsstrom in die wachsende Ähre geleitet, sodass Reduktionsprozesse erst zum Ende dieser Phase einsetzen.

Eine sehr kritische Phase der Ertragsbildung für die Saatgutproduktion von Hybridgerste stellt die Blüte dar. Für Wintergerste liegen hier allerdings nur sehr wenige Arbeiten vor. SCHOOP (1986) befasste sich dagegen intensiv mit der Ausbildung der Einzelährenerträge und dem Entwicklungsabschnitt von der Blüh- bzw. Bestäubungsphase bis zur Kornausbildung bei Weizen.

Nach der Blüte beginnt die Periode der Kornfüllung und nach POMMER und KEYDEL (1980) tritt der letzte Engpass auf, wenn zu diesem Zeitpunkt nicht mehr ausreichend gesunde Assimilationsfläche (Fahnenblatt und Spelzen) vorhanden sind und zu wenig Assimilate nachgeliefert werden. Untersuchungen von MICHAEL (1981) zeigen, dass in den ersten zwei bis drei Wochen nach der Befruchtung, wenn über die Hälfte der Assimilate gebildet werden, die Assimilatanlieferung in der Regel gesichert ist und ein Überangebot vorliegt. Gegen Ende der Blüte führt die abnehmende Assimilationsfläche zu einem Defizit (STOY 1973). STOY (1977) und EVANS (1993) weisen darauf hin, dass das Angebot an Assimilationsfläche ("Source") und assimilierter Lieferung von der Bereitstellung der „Sink“-Kapazität abhängt. Die Gesamtmenge an N liegt bei ca. 60-70 %, um ein mögliches Überangebot gegen Ende der Entwicklung zu vermeiden. Ein Überangebot kann zu sekundären Trieben, grünem Stroh und schwierigen Erntebedingungen sowie zu einem Anstieg der Ernteverluste führen. GEIGER (1961) beschreibt die "aktive Oberfläche" als optimalen Blattflächenindex von 4,5 bis 5 und HEYLAND (1984) weist auf ein Optimum in Bezug auf die Endkulturdicke hin, um das richtige Verhältnis von „Source“ und „Sink“- Kapazität zu gewährleisten.

2.2.2 Ertragsphysiologie

Seit 1989 haben sich die Forschungsschwerpunkte im Pflanzenbau verschoben (HAY und PORTER 2006). Dies ist sowohl auf das zunehmende Bevölkerungswachstum zurückzuführen als auch auf die allgemeine Erkenntnis, dass eine Steigerung der Produktion kein akzeptables Ziel ist, wenn die Anbausysteme mittel- bis langfristig nicht nachhaltig sind. Demzufolge muss die grüne Revolution - sie stellte sicher, dass die Nahrungsmittelproduktion in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts dem Bevölkerungswachstum vorausging - durch die immergrüne Revolution abgelöst werden, da diese die vielen Disziplinen der Agrar- und Sozialwissenschaften nutzt um die langfristige Produktion einer angemessenen Versorgung mit qualitativ hochwertigen Lebensmitteln sicherzustellen (SWAMINATHAN 1998). Im gleichen Zeitraum hat sich das Wissen über Pflanzen auf molekularer Ebene erweitert (STEIN 2007). In den ersten Jahren des 21. Jahrhunderts wurde jedoch erkannt, dass der Fortschritt im Hinblick auf verbesserte Pflanzensorten und Anbausysteme eine Zusammenarbeit auf allen Ebenen, vom Gen bis zum Feld und darüber hinaus, erfordert.

Derzeit konzentrieren sich deshalb viele Forschungsarbeiten auf die Ertragsphysiologie mit Schwerpunkt auf Szenarien zum Klimawandel in verschiedenen bodenklimatischen Regionen (BÖTTCHER und KAGE 2009, WEIGEL 2009). Darüber hinaus verwenden Züchter Pflanzenmodelle, um Arten auszuwählen, die zu den Klimaveränderungen passen (UPTMOOR 2006, SCHACHTSCHNEIDER 2009). Ansonsten sind Kultursimulationsmodelle auf einem lokalen bodenklimatischen Gebiet derzeit selten und die Entwicklung multifaktorieller Modelle ist noch nicht abgeschlossen (CADISCH 2006). Im Fokus der Wissenschaft des Pflanzenbaus stehen deshalb gegenwärtig die Modellierung von Anbausystemen, Phänotypisierung und Ertragsvorhersage basierend auf digitalisierten Daten.

Die fundamentalen und klassischen Arbeiten im Pflanzenbau bis in die 1980er Jahre sind wichtige Grundlagen für die Weiterentwicklung dieser Modelle sowie der Beschreibung der Entwicklung und des Wachstums der Pflanzen.

Einige Wissenschaftler beschäftigten sich daher sehr intensiv mit der Blatt- und Triebentwicklung, da die Blattflächenentwicklung, die Photosynthese und die Evapotranspiration wichtige Bestandteile aller integrierten Pflanzenwachstumsmodelle sind (GALLAGHER 1985, KLEPPER et al. 1985, PORTER 1985, RIETCHIE et al. 1986). Die Blatt- und Triebbildung wird durch das Phyllochron beschrieben. Das Phyllochron ist die Zeitspanne zwischen dem sequenziellen Austreten der Blätter am Trieb einer Pflanze, die als Blatterscheinung durch die akkumulierten Temperatursummen dargestellt wird. Diese Messung wird von Agronomen zur Beschreibung des Wachstums und der Entwicklung von Getreide verwendet.

Eine ganze Reihe von Wissenschaftlern untersuchten dieses Forschungsgebiet um Pflanzenbausysteme und das Wachstum von Getreide zu beschreiben (GALLAGHER 1979, BAUER et al.

1984, RICKMAN et al. 1984, RITCHIE et al. 1986, RITCHIE 1987). Aus dieser Perspektive ist es sehr wichtig, dass das Phyllochron für die Vegetationszeit durch die Umweltbedingungen bereits während des Keimlingsaufkommens aus dem Boden fixiert wird (BAKER et al. 1980, KIRBY et al. 1985, DELÉCOLLE et al. 1985, KIRBY and PERRY 1987). Das Phyllochron variiert je nach Saatzeit, Breitengrad und Genotyp (BAKER et al. 1980, WIEGAND et al. 1981, BAUER et al. 1984, DELÉCOLLE et al. 1985, KLEPPER et al. 1985, RITCHIE et al. 1986, KIRBY und PERRY 1987).

Aus den Forschungsarbeiten zwischen 1980 und 1990 gingen neun verschiedene Beziehungen zur Beschreibung des Pflanzenwachstums für Getreide hervor (Mc MASTER 1995). Die Baker- und Kirby- Gleichung prognostiziert das Phyllochron basierend auf einer linearen Beziehung und Änderungen der Tageslänge nach dem Auflaufen des Getreides unter Freilandbedingungen. CAO (1989) verwendet ein logarithmisches Modell unter Berücksichtigung der Temperatur und Tageslänge. Dieser Versuchsansatz unter Laborbedingungen ist eine wichtige Abweichung von BAKER et al. (1980) und KIRBY und PERRY (1987) und ergänzt die Erkenntnisse aus den Freilandversuchen. MIGLIETTA (1991) beschreibt ein ontogenetisches Modell basierend auf einem Rückgang der Blattbildungsrate unter Berücksichtigung der photoperiodischen Effekte. Mehrere Wissenschaftler sehen deshalb die Temperatur, Vernalisation und Photoperiode als entscheidende Faktoren bei der Ausbildung der Erträge und der Ertragsstruktur an (BROOKING 1996, ROBERTSON et al. 1996, HAY 1999, BROOKING und JAMIESON 2002, BOYS und GEARY 2015).

Einen sehr wichtigen Einfluss auf den Ertrag und die Qualitätsbildung hat deshalb die Umwelt, das heißt die Temperatur, Wasserversorgung und Feuchtigkeit, sowie die Sonneneinstrahlung und CO₂-Konzentration (EVANS 1975, CHMIELEESKI 1998, HAY und PORTER 2006).

Zu hohe Temperaturen können einen negativen Einfluss auf die Zufuhr von Assimilaten haben und die Seneszenz beschleunigen. Insbesondere bei hohen Nachttemperaturen erhöhen sich dann die Atmung der Blätter, Stängel und Ähren (SPIERTZ 1974, CHOWDHURY und WARDLAW 1978). Hitzestress kann zu einer Verringerung der Getreideernte um bis zu 35 % führen (MACNICOL et al. 1993, STONE und NICOLAS 1995, SAVIN et al. 1997). Hohe Temperaturen in der Blütezeit können die Kornfüllungsphase verkürzen und zu negativen Einflüssen auf die Qualität und den Ertrag der Gerste führen (WARDLAW et al. 1989, WALLWORK et al. 1994, EAGLES et al. 1995, SAVIN und NICOLAS 1996, SAVIN et al. 1997, CHMIELEESKI 1998, WALLWORK 1998). Dass die hier genannten Ergebnisse, die teilweise aus Studien mit Weizen gewonnen wurden, auch auf Gerste übertragbar sind, bestätigt CHOWDHURY und WARDLAW (1978). Geringe Niederschläge und Trockenstress in der vegetativen und mit Beginn der generativen Entwicklung kann durch eine reduzierte Biomasseakkumulation und eine geringere Anzahl von Ertragsorganen pro Flächeneinheit zu erheblichen Ertragseinbußen führen (DE RUITER und BROOKING 1994, SAVIN und NICOLAS 1996). Dies hat erheblichen Einfluss auf die Ertragsbildung (HSIAO 1973, LAWLOR et al. 1981, MORGAN und RIGGS 1981, MATSUDA und RAYAN 1990, LONG et al. 1998). SAVIN und NICOLAS (1996) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass Wasserknappheit

nach der Blüte einen größeren Einfluss auf den Ertrag hat als hohe Temperaturen. Der Wasserverbrauch der Kulturpflanzen und damit das Ausmaß der Auswirkungen von Trockenstress ist sortenspezifisch (EHLERS 1997). Begrenzte Strahlungsintensitäten in verschiedenen Entwicklungsstadien führen zu Veränderungen in der Ertragsbildung mit geringerer Kornausbeute, ungünstiger Sortierung und Korngröße (SPIERTZ 1974, WARDLAW et al. 1989, CRANSTOUN 1992, GRASHOFF und D'ANTUONO 1997). Höchsterträge moderner Sorten sind offenbar nur zu realisieren, wenn noch während der Kornfüllung in ausreichendem Maße Strahlung aufgenommen und Assimilate gebildet werden können (BÖTTCHER und KAGE 2009).

Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Wachstumsfaktoren können auftreten, die Auswirkungen der einzelnen Faktoren sind schwer voneinander zu trennen (HAY und PORTER 2006). Im Allgemeinen sind die Entwicklung und das Wachstum der Pflanzen sehr komplex. Darüber hinaus können eine Reihe von Faktoren das Phyllochron (Mc MASTER und WILHELM 1995) beeinflussen, wie unter anderem Wasser (BAKER et al. 1986, KRENZER et al. 1991), Stickstoff (BAUER et al. 1984, LONGNECKER et al. 1993), Lichtqualität und Lichtintensität (BUGBEE und SALISBURY 1988, SKINNER und SIMMONS 1993), Bodengüte (MASLE und PASSIOURA 1987), Saatgutqualität (GERM 1966, KRUG 1969, PETERSON et al. 1989) und agrotechnische Maßnahmen. Zu den agrotechnischen Maßnahmen gehören der Aussattermin (MARTIN et al. 1993), die Saatstärke und der Standraum (MUELLE und HEEGE 1981, GROSSE-HOHKAMP 1983) und dadurch induziert die Konkurrenzbedingungen innerhalb des Pflanzenbestandes (DE WIT 1960, AUFHAMMER 1999).

HAY und KIRBY (1991) geben deshalb das Phyllochron bei einer Basistemperatur von 0 °C mit ca. 60 bis 160 °C-Tage für Weizen an. Nach WEISSTEINER (2003) korrelieren die akkumulierten Temperatursummen über einer Basistemperatur von 3°C sehr eng ($R^2 = 0,93$) mit dem Eintritt in die verschiedenen phänologischen Wachstumsphasen für Sommergerste. GALLAGHER et al. (1983) und MARTIN et al. (1993) berichten von einer für das Wachstum von Wintergerste notwendigen Temperatur über 4°C. KIRBY et al. (1985) studierte in diesem Zusammenhang die Blatt- und Triebentwicklung im Getreide und entwickelte ein Schema zur Blattbildungsrate und Triebentwicklung. Hier wird angenommen, dass zwischen dem Erscheinen eines Triebes 3 Phyllochronintervalle vergehen. Ebenso ist bekannt, dass das Wachstum von Seitenwurzeln mit der Bestockung zunimmt (AGUIRRE und JOHNSON 1991, WHABI und GREGORY 1995).

Auch die reproduktive Organausbildung ist an die vegetative Entwicklung der Blätter und Triebe gekoppelt. Die früh angelegten Blätter und Triebe haben einen Entwicklungsvorsprung (HAY und KIRBY 1991, JAMIESON et al. 1998, KIRBY 1999), die Ährchendifferenzierung beginnt mit dem Doppelringstadium. Das hängt im Wesentlichen von der Saatzeit ab (HAY 1986). Mit verspäteter Aussaat nimmt das Phyllochron ab. KIRBY und APPELYARD (1984), DELÉCOLLE et al. (1989), HAY und ELLIS (1998) und KIRBY (1999) messen deshalb der reproduktiven Phase vom Doppelringstadium bis zur Ährchendifferenzierung einen besonderen Stellenwert bei der Blüte bei.

2.3 Pflanzenbauliche Bestimmungsgründe für die Hybridsaatgutproduktion in Technischen Mischungen

2.3.1 Saatgutproduktionssystem Hybridwintergerste und Besonderheiten

Bei der Kreuzung mehrerer Erbkomponenten muss gewährleistet sein, dass das Hybridsaatgut zu 85 % aus dieser Kreuzung stammt. Die nationalen Vorschriften hierzu wurden EU-weit im Rahmen des Agrarabkommens und in Übereinstimmung mit internationalen Vorschriften harmonisiert. Es gibt im Wesentlichen drei Regelungen für die Zertifizierung von Saatgut:

- a.) Commission Directive 1999/54/EC (66/402/EEC) von 1996 und 2006
- b.) OECD SCHEMES for varietal certifications (2014)
- c.) Implementierung und Einbindung in nationale Gesetzgebung

In Anlehnung an die Vorschläge des Bundessortenamtes wurden die Regelungen zur Saatgutverordnung bei der OECD diskutiert (BUNDESSORTENAMT 2014). Mit der Durchführungsrichtlinie (EU) 2015/1955 hat die EU-Kommission die bestehenden EU-Rechtsvorschriften für Saatgut von Hybridsorten der Gerste geändert (STIEWE 2015), mit der Vorgabe, diese bis zum 30.06.2016 in nationales Recht umzusetzen (BUNDESRAT 2016). Geändert wurden die Anhänge I und II der Richtlinie 66/402/EWG des Rates über den Verkehr mit Getreidesaatgut (ABl. L 284 vom 30.10.2015, S 142). Bei der Saatgutproduktion von zertifiziertem Saatgut finden Feldbestandskontrollen und Nachkontrollprüfungen zur Sortenreinheit statt. Die Anforderungen an die männliche Sterilität sind strenger gefasst wurden (99,8 %/99,5 %). Für die Nachkontrolle von Zertifiziertem Saatgut wurde der Wert von 90 % Sortenreinheit auf 85 % abgesenkt.

Die Sortenreinheit wird durch die CMS-Linie, die Produktion der Zuchtgartenvorstufe, der Vorstufengeneration erster und zweiter Ordnung sowie des Basissaatgutes erhalten. Dies geschieht im Streifenanbau. Die CMS und Maintainer-Linie haben keine dominanten Restorergerne, das Saatgut auf der Mutterlinie bleibt daher steril. Die praktische Umsetzung der Z-Saatgutproduktion kann sowohl im Streifenanbau als auch in technischer Mischung erfolgen. Das Hybridsaatgut ist vollständig fertil. Allerdings enthält das Saatgut in der technischen Mischung einen Anteil der Vaterlinie und beeinflusst die Sortenreinheit. Für die Saatgutproduktion in technischen Mischungen sprechen einerseits die Befruchtungsbiologie der Gerste, andererseits die Wirtschaftlichkeit der Saatgutproduktion. Der Vermehrungskoeffizient, also die Erntemenge Saatgut je Pflanze, ist bei Getreide im Vergleich zu anderen Kulturen (Raps, Mais und Zuckerrüben) gering.

Schoop (1986) beschreibt in seiner Literatur, dass mit dem Ährenschieben die Blüte einsetzt und Wintergerste dabei geschlossen abblüht. Das heißt, die Bestäubung der Narbe erfolgt weitestgehend durch den Pollen der Staubbeutel innerhalb des gleichen Blütchens. Das Abblühen kann, je nach Umweltbedingungen, bis zu 8 Tage andauern. Entscheidend ist hierbei auch, dass dabei eine Hierarchie in der zeitlichen Abfolge des Abblühvorganges besteht. In Anlehnung an EVANS (1972) beginnt die Blüte mit der Ähre des Haupthalmes innerhalb der Pflanze und innerhalb der Ähre in den Ährchen dicht oberhalb der Ährenmitte. Die Abblühdauer einer Ähre beträgt etwa 5-6 Tage, während sich innerhalb eines Ährchens mit der ersten Blüte das Abblühen des Ährchens bis zu 3 Tagen hinzieht. Die Blüh- bzw. Bestäubungsphase einer einzelnen Blüte währt etwa 20 Minuten, die Befruchtung erfolgt etwa 1 bis 4 Stunden nach der Bestäubung der Narbe.

Wintergerste ist auf natürlicher Basis Selbstbefruchter. Das Pollenschüttungsvermögen pro Ähre im Vergleich zu Roggen ist erheblich geringer. Es beträgt nur ca. 10 % der Menge des Roggens (EASTHAM und SWEET 2002). Gerstenpollen ist relativ klein (ca. 35-45 µm im Durchmesser) und leicht (EASTHAM und SWEET 2002). Aufgrund seiner Größe und des Gewichtes ist die Bestäubungsleistung bei größeren Entfernungen (Streifenproduktion) unzureichend.

Durch die kleistogame Befruchtung wird Selbstbefruchtung begünstigt, sodass die Pollenschüttung bereits beginnt, bevor die Blüten geöffnet sind und nach dem Öffnen andauert (TURUSPEKOV et al. 2005). Bei offen blühenden Typen sind die Antheren bei der Pollenschüttung außerhalb der Blüte (BRIGGS 1978, NELSON et al. 2001). Bereits nach ca. 5 Minuten keimt der Pollen auf der Narbe aus (BRIGGS 1978). Das Pollenschlauchwachstum, die Zellteilungsvorgänge und weitere Aspekte der Kornbildung dauern ca. 45 Minuten (BRIGGS 1978) und hängen sehr stark von der Temperatur ab.

Die Variabilität bei der Antherenbildung und Pollenschüttung ist sowohl genetisch als auch umweltbedingt sehr groß (ABDEL-GHANI et al. 2005). Die Überlebensfähigkeit des Gerstenpollens reicht bis zu 26 Stunden. Die Fertilität der Narbe hält 6-8 Tage nach dem Öffnen der ersten Blüte an (RIDDLE und SUNESON 1944). Untersuchungen von GUPTA et al. (2000) zeigen, dass nach 4 h, bei 23 °C und 75 % Luftfeuchtigkeit 80 % der Pollen überleben. PARZIES et al. (2005) ermittelten dagegen deutlich längere Lebenszeiten bei Gerstenpollen (bei 40 °C ca. 26 h). Daher sollte die Blühverzögerung minimal 24 h und maximal 8 Tage betragen (RIDDLE und SUNESON 1944, PARZIES et al. 2005). GILES (1989) und RITALA et al. (2002) berichten, dass 54 % der Pollen bereits nach einer Flugdistanz von 1,5-3,0 m hinsichtlich ihrer Mobilität abnehmen. Diese Untersuchung wurde unter Berücksichtigung von CMS-Linien durchgeführt.

2.3.2 Interaktionen und Auswirkungen intervarietaler und intraspezifischer Konkurrenz im Pflanzenbestand

In Pflanzengemeinschaften wird Konkurrenz als die zentrale Interaktion zwischen Individuen erachtet (CONNEL 1983, GRACE und TILMAN 1990). Diese Einschätzung findet ihren Ausdruck in verschiedenen quantitativen Modellen (KEDDY 1989, SILANDER und PACALA 1990).

Betrachtet man zwei interagierende Arten, so kann jede Art positiv, negativ oder überhaupt nicht beeinflusst sein. Daraus ergeben sich sechs Typen von Wechselwirkungen. Interaktionen zwischen mehr als zwei Arten lassen sich anhand dieses Modells nicht mehr darstellen. Aus dem Kontinuum dieser Interaktionen lässt sich ein diskretes Schema (Abbildung 3) zur Kategorisierung von Interaktionstypen formen (ODUM 1999).

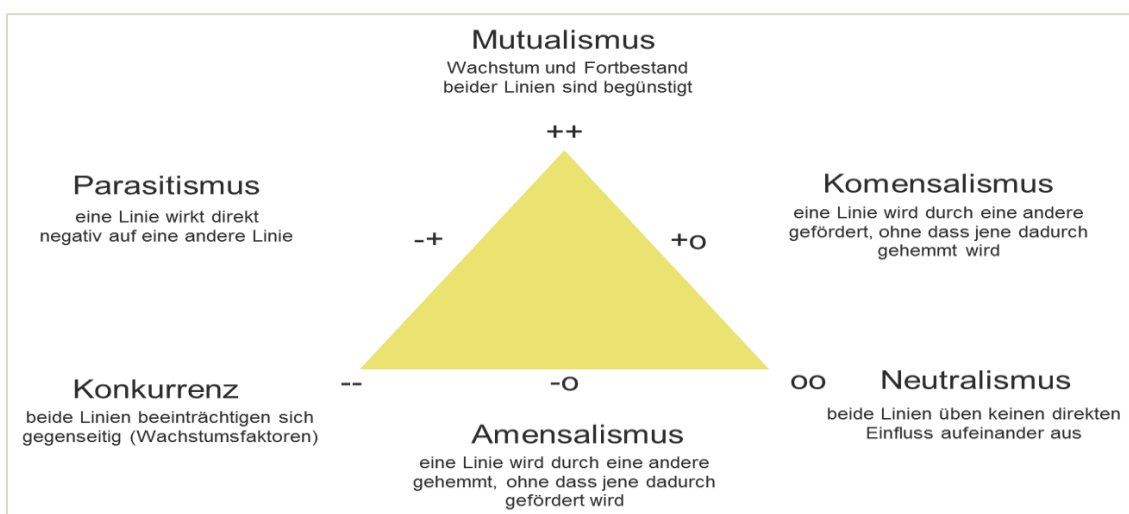


Abbildung 3: Interaktionstypen zwischen zwei Arten in Pflanzengemeinschaften (ODUM 1999, verändert)

Durch die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen, die Absorption und Reflexion von Licht und anderen Einflüssen verändert jede einzelne Pflanze ihre Umwelt (AUFHAMMER 1999). Zwei Arten stehen in Konkurrenz zueinander, wenn die verfügbaren Wachstumsfaktoren begrenzt sind (WILSON 1988, SNAYDON 1996). Nach DE WIT (1960) haben einzelne Individuen eines Pflanzenbestandes das gleiche Aufnahmevermögen für Wachstumsfaktoren, konkurrieren dabei aber um den gleichen Raum zur gleichen Zeit. Dies könnte zur suboptimalen Ausnutzung der Ressourcen über die Vegetationsperiode in Mischungen führen. Bei hinreichend genetischer Varianz der Pflanzen mit unterschiedlichen Entwicklungsverläufen können Konkurrenzwirkungen geringer und die Nutzung der Wachstumsfaktoren optimiert werden (TAYLOR 1978). Untersuchungen über die Konkurrenz um Licht bei Weizen von PUCKRIDGE (1968) zeigen deutliche Kornertragssteigerungen durch eine Standraumvergrößerung zwischen Doppelringstadium und Ährenschieben. WILLEY und HOLLIDAY (1971) beschreiben analog eine deutliche Verminderung des Kornertrags durch Beschattung der Gerste während der Ährenentwicklung. Auch Ergebnisse von EDWARDS und ALLARD (1963) deuten darauf hin, dass Licht entscheidend für die Konkurrenz zweier Gerstensorten ist.

WAHBI et al. (1995) berichten über unterschiedliche Wurzelentwicklung von Gersten-Genotypen. BÖHM (1973) teilt diese nach ihrem Wachstum und ihrer Wurzelarchitektur in zwei Gruppen ein. Intensive Typen bilden danach den Hauptteil ihrer Wurzelmasse in den oberen Bodenschichten, extensive Typen haben in der Regel einen größeren Wurzeltiefgang. BECHER und MAUBACH et al. (2009) vermuten eine zügigere und effektivere Adventivwurzelbildung der Hybridgerste im Vergleich zu konventionellen Sorten. ANDREWS und NEWMAN (1970) berichten von einer positiven Korrelation zwischen seminaler Wurzelbildung bzw. Adventivwurzelbildung und der N-Aufnahme. Nach Untersuchungen von HARTMANN und ALLARD (1964) sind Gerstensorten mit einem dichteren Wurzelsystem vor allem bei Wasser- und N-Mangel konkurrenzstärker. Stärkere Konkurrenzeffekte in Bezug auf das Wurzelwachstums treten in der großen Periode zwischen Schossbeginn und Ährenschieben auf (HURD 1968, THROUGHTON und WITTINGTON 1969). Auch die Ergebnisse von LEE (1960) zeigen eine starke Kronenwurzelbildung, vor allem bei kampfkraftigen und vitalen Sorten zu Schossbeginn. Nach LEE (1960) tritt Konkurrenz nicht vor dem Schossbeginn auf, sondern erst während des massiven Längenwachstums von BBCH 33 bis BBCH 35. Seine Erkenntnisse lassen sich dabei nicht auf dichtere Pflanzenbestände übertragen, da hier bereits in der Bestockung Wechselwirkungen auftreten.

Auf den Einfluss der Wuchshöhe in Mischungen und einer damit erhöhten Konkurrenzkraft verweisen RAJESWARA RAO und PRASAD (1982, 1984) sowie JENSEN und FEDERER (1964). Untersuchungen von SANDFAER (1954) zeigen allerdings auch, dass hohe Wuchstypen bei niedriger Bestandesdichte zu einer Verringerung der Konkurrenz führen. SUNESON (1949) selektierte in einem Langzeitversuch über 16 Jahre eine Mischung aus 4 verschiedenen Sorten. Am Versuchsende hatten sich zwei Sorten, die auch im Reinanbau am ertragreichsten und gesündesten waren, durchgesetzt. Beide Sorten unterschieden sich kaum in der Wuchshöhe und im Termin des Ährenschiebens, sodass unter diesen Versuchsbedingungen die Konkurrenzfähigkeit einer Sorte nicht zu beurteilen war.

VALENTINE (1982) differenziert die Durchsetzungsfähigkeit einer Sorte anhand morphologischer Merkmale. Planophile Typen sind konkurrenzstärker als Typen mit kriechendem Wachstum und erektophiler Blattstellung. Auch STÜTZEL (1985) bestätigte, dass Genotypen mit starker Massebildung in der Jugendentwicklung und planophiler Blattstellung in jeder seiner Mischungen dominierend waren. Weiterhin verweisen STÜTZEL (1985) und KEMPF (1990) auf Mischungseffekte als Folge produktionstechnischer Maßnahmen wie Düngung, Fungizid- und Wachstumsreglereinsatz. Hierbei können Wechselwirkungen entstehen.

Die zeitliche Überlappung von Anlage- und Reduktionsprozessen können sich durch produktionstechnische Maßnahmen auf mehrere Ertragsstrukturparameter gleichzeitig auswirken (HARMS 1982) und Mischungseffekte hervorrufen (STÜTZEL 1985, KEMPF 1990). Durch die Konkurrenzbeziehung zwischen den Ertragskomponenten haben Veränderungen einer Komponente

einen mehr oder wenig großen Einfluss auf die nachfolgende Komponente. HEYLAND und TRIEBEL (1992) sowie HARMS (1982) berichten über negative Korrelationen zwischen der Bestandesdichte und Kornzahl je Ähre sowie zwischen der Bestandesdichte und Tausendkornmasse, so dass insgesamt eine negative Korrelation zwischen der Bestandesdichte und dem Einzelähren-ertrag festzustellen war. Vergleichbare Ergebnisse berichten FURRER und STAUFER (1970), BACHTHALER (1971), KRATSCH (1972), DEBRUCK (1972), SCHEER (1983) und PIORR (1991). Untersuchungen von CHRISTEN (1990) und CHRISTEN et al. (1992) zeigen standort- und jahresspezifische Effekte in Bezug auf die Ertragskomponenten, sowie die grundsätzliche Möglichkeit der Reduktion aller Ertragskomponenten.

2.3.3 Einflussnahme auf intervarietale und intraspezifische Konkurrenz im Pflanzenbestand durch produktionstechnische Maßnahmen

Mit der Aussaatstärke wird unter Berücksichtigung der Sorteneigenschaften und der Standortfaktoren festgelegt wie sich die Ertragskomponenten auf den Gesamtertrag auswirken können (GEISLER 1983). Über die Saatstärke und die Standraumzuteilung wird die anzustrebende Bestandesdichte sowie die intraspezifische und intervarietale Konkurrenz um Wachstumsfaktoren gesteuert (DE WIT 1960). Je höher die Pflanzenzahl, desto höher ist die Konkurrenz bei gleichem Angebot an Wachstumsfaktoren (AUFHAMMER 1999).

Diese Konkurrenz beginnt bereits während der Keimung um Keimwasser (SCHENKE 1993). Eine Erhöhung der Saatstärke geht mit einem Anstieg der Keimdichte (FURRER 1965, TRIEBEL 1982) einher und führt, je nach Rahmenbedingungen, zu einem geringeren Feldaufgang (TRIEBEL 1982, KOCHS 1989). Nach GERM (1966), KRUG (1969) und MEER (1989) können Keimfähigkeit, Triebkraft, Feldaufgang, Gesundheitszustand und die Tausendkornmasse Einfluss auf die Ertragsbildung nehmen. Dies bestätigen auch Arbeiten von MALLACH (1929), PIEPER (1952), KLAPP (1967), KRUG (1969), STEINER (1980) und HEYLAND (1984). MUELLE und HEEGE (1981) berichten, dass eine Verringerung der Saatmenge bedingt durch die abnehmende intraspezifische Konkurrenz zu höheren Feldaufgängen führt. Nach FURRER (1965), FURRER und STAUFFER (1978) und HEYLAND (1983) kann durch eine optimale Saatgutqualität in Kombination mit günstigen Anbaubedingungen die Aussaatstärke verringert werden und führt dann dennoch zu höheren Bestandesdichten. Verringerte Aussaatstärken führten in mehreren Untersuchungen zu einer besseren Keimung, Überwinterung, Bestockung, Standfestigkeit, Kornzahl je Ähre und Tausendkornmasse (ZWEIFLER 1955, FURRER 1965, FURRER und STAUFFER 1970, BACHTHALER 1971, 1978).

Weiterhin können Infektionen und Krankheiten wie Mehltau, Gelbrost, Cercospora und Braunrost in enggestellten Pflanzenbeständen und höheren Saatstärken auftreten, sodass dies wiederum zu Ertragsdepressionen führen kann (BOECKHOLT 1962, TEN HAG 1976, WERNER

1992). Schwächere Halmbasen sind nach HEYLAND (1972) eine Folge engerer Abstände, da Lichtmangel und Konkurrenz die Halmlänge und nicht die Halmwanddicke fördert.

Die Wechselwirkungen und der Einfluss der Saatstärke auf die Bestockung und Ährenzahl je Pflanze wurden in mehreren Arbeiten beschrieben (FURRER und STAUFER 1970, KRATSCH 1972, TRIEBEL 1982, SCHEER 1983). Eine Verringerung der Saatmenge und mehr Standraum führen zu einer erhöhten Anzahl von Bestockungstrieben, sodass eine erhöhte Anzahl Ähren je Pflanze auftreten kann. Einzelpflanzen bilden bei geringeren Bestandesdichten eine größere Blattfläche je Pflanze aus, wobei der Blattflächenindex abnimmt. GEIGER (1961) beschrieb in diesem Zusammenhang die „tätige Oberfläche“ als einen optimalen Blattflächenindex von 4,5 bis 5. HEYLAND (1972) weist auf ein Optimum hinsichtlich der Bestandesdichte hin. In einer Vielzahl von Untersuchungen ist die Bestandesdichte die wichtigste Ertragskomponente (HEUSER 1954, SCHRIMPF 1961, WIEDENBRÜG 1961, FREYMÜLLER 1964, FURRER und STAUFFER 1970, KRATSCH 1972, TRIEBEL 1982, SCHEER 1983). Mehrheitlich führten die oben genannten Autoren die positiven Ertragseffekte auf eine stärkere Bestockung zurück. Die Entwicklung und Ausbildung der übrigen Ertragskomponenten wurde dabei durch günstigere Standraumverhältnisse der Einzelpflanzen erklärt.

Grenzwertbeziehungen zwischen Ertragszuwachs und sinkenden Einzelpflanzenerträgen beschreiben nach FISCHBECK et al. (1982) eine Optimumskurve (WOLLNY 1885) in Abhängigkeit von der Bestandesdichte. In diesem Zusammenhang berichtet HEUSER (1928) über einen Kompensationsbereich, der durch einen „unteren Schwellenwert“ und „oberen Schwellenwert“ definiert ist. Innerhalb dieses Bereiches werden sinkende Einzelpflanzenerträge durch den Ertragszuwachs der Bestandesdichte ausgeglichen. Mit abnehmender Bestandesdichte verringert sich der Kompensationsbereich, sodass intraspezifische Konkurrenzwirkungen einen höheren Einfluss auf die Ertragsbildung haben. In den Grenzbereichen muss deshalb mit einer geringeren Ertragsstabilität gerechnet werden (BOGUSLAWSKI und DEBRUCK 1973). Eine Änderung innerhalb des Kompensationsbereichs bedeutet aber auch, dass eine Verringerung der Saatstärke über einen bestimmten Bereich hinaus zu gleichen Erträgen führen kann (BÄUMER 1964). Verschiedene Untersuchungen an Winterweizen (KERSTING 1982, GROSSE-HOKAMP 1983, WERNER 1992) zeigen Mehrerträge bei reduzierten Saatstärken trotz Pflanzenzahlen von unter 200 Körner je m². Die ertragsbestimmenden Ertragsparameter wurden über die Beährung, Kornzahl je Ähre oder der Tausendkornmasse ausgeglichen.

HEUSER (1954) berichtet über eine gleichmäßigere Bestockung, bessere Wurzelentwicklung, höhere Bestandesdichte und höhere Erträge bei einer Verringerung der Reihenabstände und bei gleichbleibenden Saatstärken. Dies führt er auf die günstigeren Standraumverhältnissen innerhalb der Reihe zurück. Ähnliche Ergebnisse erzielen BOGUSLAWSKI und DEBRUCK (1973). BACHTHALER (1971) betont, dass bei gleichzeitiger Verringerung der Reihenweite und Saat-

stärke Höchsterträge möglich sind. Nach DAMBROTH (1979) können Nachteile bei weiten Reihenabständen durch unterschiedlich kräftige und heterogene Einzelpflanzen auftreten.

PUCKRIDGE und DONALD (1967) halten eine verstärkte Triebreduktion bei ungünstigen Standräumen und Verringerung der Reihenweite für möglich. Nach GROSSE-HOKAMP (1983) ergibt sich eine günstigere Pflanzenentwicklung bei einem Verhältnis von Reihenabstand zu Kornabstand in der Reihe von 4:1. Die Ertragsunterschiede zwischen den verschiedenen Saatechniken, zum Beispiel Einzelkornsaat, Breitsaat, Bandsaat oder engerreihige Drillsaat, waren im Gegensatz dazu gering und wurden über die jeweiligen ertragsbestimmenden Parameter ausgeglichen. Auch die Untersuchungen von WERNER (1992) stimmen überwiegend mit denen von GROSSE-HOKAMP (1983) überein, wobei durch die Variation der Reihenabstände die entstehende zwischenpflanzliche Konkurrenz eine Beeinflussung der Pflanzenmorphologie und damit eine Verbesserung der Ertragsfähigkeit der Einzelpflanze bewirken kann. MUELLE und HEEGE (1981) und HAKANSSON (1984) stellten hingegen einen Ertragsanstieg von 0,4-0,7 % pro cm fest, wenn der Reihenabstand zwischen 10 und 20 cm reduziert wurde.

Auch weitere Wissenschaftler bzw. Forschungsstudien, wie beispielsweise von VANDERMERR (1989), SNAYDON (1991), JOKINEN (1991), MUNDT et al. (1996) und SNAYDON (1996) diskutieren die Standraumverteilung kritisch.

HEEGE (1967) verwies auf die großen Streuungen der konventionellen Saatechnik. Vorteile der Einzelkornablage äußern sich vor allem in einer wesentlich größeren Homogenität der Einzelpflanzen, die Streuung in der Kornzahl pro Ähre und in der Ährenzahl je Pflanze ist bei diesem Säverfahren wesentlich geringer (NUYKEN 1972). Die Arbeiten von GROSSE-HOKAMP (1983) und WERNER (1992) lassen auch Vorteile der Einzelkornsaat aufgrund der Standraumoptimierung beim Einsatz geringer Saatstärken für Hybridgetreide oder auch Hybridgerstenvermehrungen vermuten. In der Praxis sind im Getreideanbau die Reihenweiten überwiegend durch die zur Verfügung stehende Technik vorgegeben, wobei die Drillsaat als Standardverfahren angewendet wird (GEISLER 1983). Bedeutende Einflussmöglichkeiten zur Regulierung von Bestandesdichte, Steuerung von Konkurrenzbeziehungen und Optimierung des Standraums der Einzelpflanzen obliegt deshalb in der gegenwärtigen landwirtschaftlichen Praxis der Saatstärke.

3 Material und Methoden

3.1 Standort

Zur Klärung der Versuchsfragen wurden in den Jahren 2010/2011 und 2011/2012 Feldversuche auf zwei Standorten durchgeführt. Die Standorte unterscheiden sich in der Höhenlage, Bodenart und Bonität der Böden sowie der Vegetationszeit und der Witterung (Tabelle 1).

Tabelle 1: *Standortspezifische Daten von Köthen und Wolkenburg, dargestellt als durchschnittlicher Jahresniederschlag [mm], Jahresdurchschnittstemperatur [°C], Höhenlage ü. NN [m], Bodentyp, Ackerzahl und Humusgehalt [%]*

| Standortspezifische Daten | Einheit | Köthen | Wolkenburg |
|---|---------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Jahresniederschlag $\bar{\varnothing}$ | [mm] | 490 | 574 |
| Jahresdurchschnittstemperatur $\bar{\varnothing}$ | [°C] | 9,3 | 8,8 |
| Höhenlagen ü. NN | [m] | ca. 80 | ca. 230 |
| Bodentyp | -- | Löss-Schwarzerde (Tschernosem) | Parabraunerde aus Lösslehm |
| Ackerzahl | -- | 80-96 Bodenpunkte | 55 Bodenpunkte |
| Humusgehalt | [%] | 1,8-2,5 | 1,1-1,9 |

Köthen

Der Standort Köthen liegt auf einer Höhe von ca. 80 m über NN im mitteldeutschen Trockengebiet am Südrand der Magdeburger Börde im nordöstlichen Regenschatten des Harzes. Die langjährige Niederschlagssumme liegt bei 490 mm, die langjährige Tagesmitteltemperatur bei ca. 9,3 °C (DWD). Der Bodentyp des Standortes ist eine Löss-Schwarzerde (Tschernosem). Die Entstehung des Bodens basiert auf kalkreichen Lockergesteinen, überwiegend auf Löss unter kontinentalen, semihumiden und semiariden Klimabedingungen. Die Bodenart ist ein schluffig-toniger Lehm mit ca. 80-96 Bodenpunkten. Der Humusgehalt liegt bei ca. 1,8-2,5 %.

Wolkenburg (Limbach-Oberfrohna)

Der Standort Wolkenburg (Limbach-Oberfrohna) liegt auf ca. 230 m über NN im Mittelsächsischen Hügelland nordwestlich von Chemnitz und südöstlich von Altenburg. Die langjährige Niederschlagssumme liegt bei 574 mm und die mittlere Tagesmitteltemperatur bei 8,8 °C (Station Ehrenhain, DWD). Der Bodentyp des Standortes ist eine Parabraunerde aus Lösslehm über verschiedenen Gesteinen. Typisch für diesen Standort sind reliefbedingt wechselnde Bodenverhältnisse. Die Bodenart ist ein schluffiger Lehm mit ca. 55 Bodenpunkten.

3.2 Witterungsverlauf

2010/2011

Der Herbst 2010/2011 war unbeständig, kühl und regenreich. Im August fielen überdurchschnittlich hohe Niederschläge (DWD 2011). Der September war kühl und zu nass. Es fielen deutlich mehr Niederschläge als im langjährigen Mittel. Anfang Oktober war das Wetter unbeständig, bis Mitte des Monats herrschten günstige Bedingungen. In der zweiten Oktoberhälfte sowie Anfang November fielen erneut Niederschläge und die Temperaturen sanken. Die Vegetationsruhe setzte in der zweiten Novemberdekade ein und es folgte ein früher Wintereinbruch mit viel Schnee und sehr niedrigen Temperaturen. Starke Wechselfröste zu Vegetationsbeginn im März bis Mitte April beeinträchtigten das Wachstum auf beiden Standorten. Das Frühjahr 2011 war im weiteren Verlauf sehr trocken und sonnig. Im Vergleich zum langjährigen Mittel wurden ca. 50 % des Niederschlages erreicht. In Köthen lag die Niederschlagsmenge von März bis Mai bei 56 mm, dies entspricht ca. 46 % des langjährigen Mittels. In Wolkenburg fielen in diesem Zeitraum 84 mm, was ca. 60 % des langjährigen Mittels entspricht. Die Niederschläge kurz vor der Blüte brachten keine nachhaltige Entspannung in Bezug auf die nutzbare Feldkapazität. Anfang Juni setzte sich die anhaltende Trockenheit bei hohen Temperaturen fort. Mitte bis Ende Juni kam es dann zu überdurchschnittlich hohen Niederschlägen und regional zu Starkregenereignissen. Diese hielten bis Juli an. Dadurch verzögerte sich die Ernte.

2011/2012

Der Herbst 2011 war durch warmes, trockenes und sonnenscheinreiches Wetter gekennzeichnet. Im September war es warm, sonnig und etwas zu trocken. In den ersten beiden Monatsdekaden traten Starkregenereignisse auf. Der Oktober entwickelte sich ähnlich wie der September. In den beiden kommenden Dekaden sanken die Temperaturen ab. Der November war einer der trockensten Monate seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Der Winter 2011/2012 begann sehr warm und nass. Als Folge der erhöhten Winterniederschläge wurde die Feldkapazität erreicht. Bedingt durch den milden Januar hielt das Wachstum an, erst Anfang Februar folgte ein plötzlicher Temperatursturz. Ohne Schneelagen herrschten strenge Kahlfröste mit bis zu -22 °C. Auf den Versuchsstandorten schützte eine Schneedecke die Bestände. In Wolkenburg setzte die Vegetation im Frühjahr deutlich später ein. Der Frühling war im Vergleich zum LZM deutlich zu trocken, allerdings nicht so extrem wie im Jahr 2011. Insgesamt war der Witterungsverlauf ähnlich. Der März war, wie 2011, trocken und sonnig. Der April entsprach dem LZM. Im Mai waren die Niederschläge unterdurchschnittlich. Die nutzbaren Feldkapazitäten lagen im Frühjahr unter 50 %. Besonders in der letzten Maidekade waren die Bodenfeuchten sehr gering.

Abbildung 4 und Abbildung 5 stellt den Witterungsverlaufs in den Versuchsjahren 2010/2011 und 2011/2012 sowie dem langjährigen Mittel für den Standort Köthen und Wolkenburg dar.

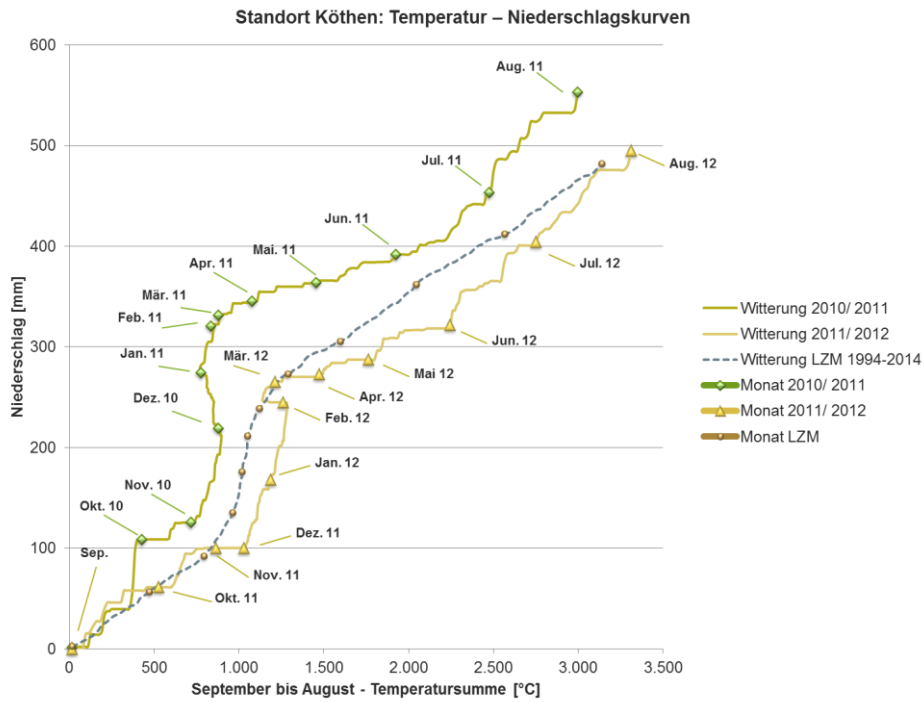


Abbildung 4: Darstellung des Witterungsverlaufs als Pluviogramm [Temperatursumme in °C und Niederschlagssumme in mm] in den Versuchsjahren 2010/2011 und 2011/2012 sowie dem langjährigen Mittel für den Standort Köthen

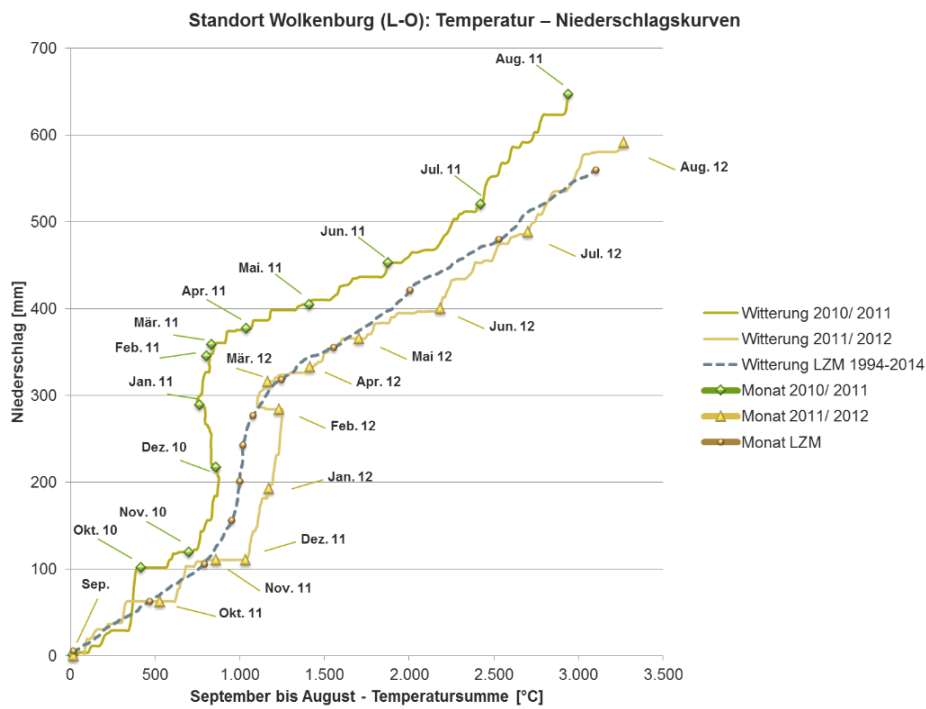


Abbildung 5: Darstellung des Witterungsverlaufs als Pluviogramm [Temperatursumme in °C und Niederschlagssumme in mm] in den Versuchsjahren 2010/2011 und 2011/2012 sowie dem langjährigen Mittel für den Standort Wolkenburg

3.3 Versuchsaufbau

Bei der Versuchsanlage handelt es sich um eine dreifaktorielle Streifen-Spaltanlage (3/3/3) mit 27 Prüfgliedern in vierfacher Wiederholung (Abbildung 6). Der Gesamtumfang betrug 216 Prüfparzellen in Form von Doppelparzellen je Prüfglied und gliederte sich in drei Teilstücke. Zwischen den Großteilstücken wurde Winterroggen zur Isolation gedrillt. Die Versuchsfaktoren können wie folgt zusammengefasst werden:

Versuchsdauer: 2 Jahre (2010/2011 und 2011/2012)

Standorte: Köthen und Wolkenburg (Limbach-Oberfrohna)

Restoreranteil: 6, 8 und 10 %

Sorte: Balloon, Zzoom und Element

Saatstärke: S1 = 130 Körner/m², S2 = 180 Körner/m² und S3 = 230 Körner/m²

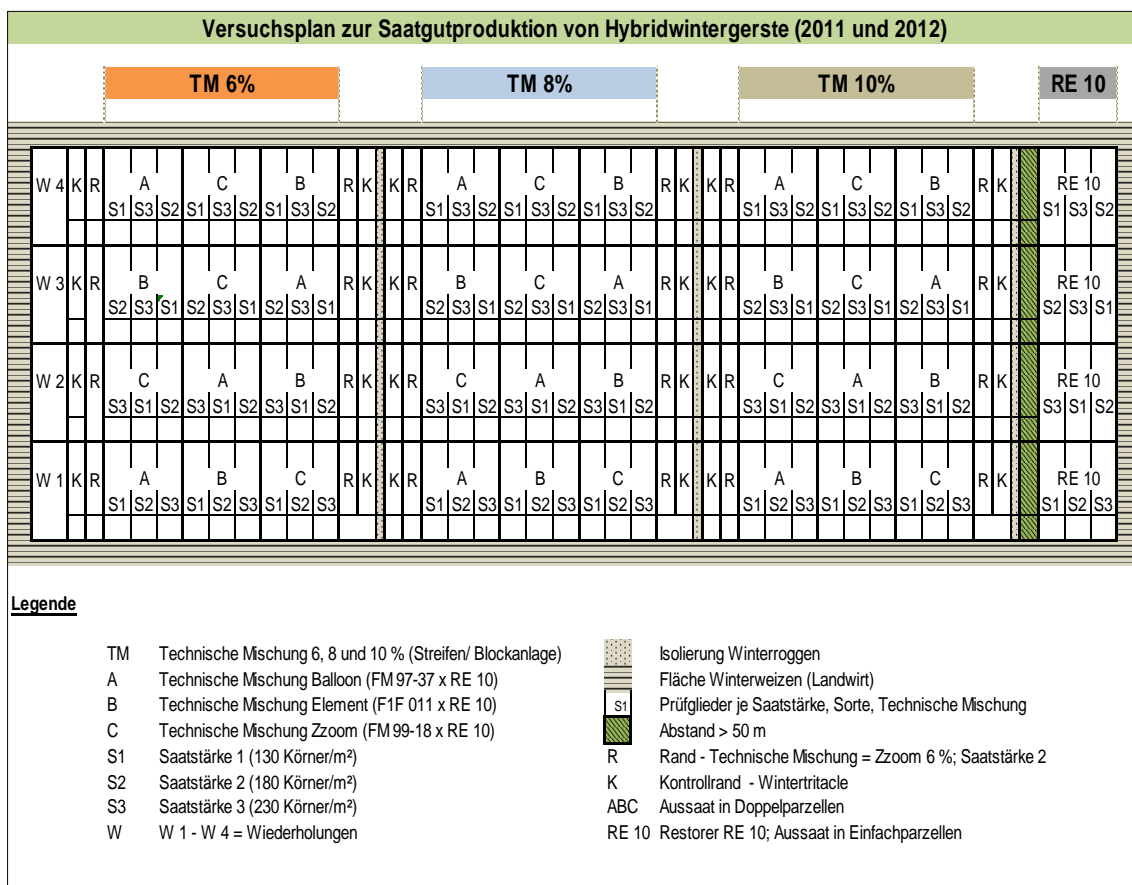


Abbildung 6: Aufbau der Versuchsanlage und Darstellung des Versuchsplans als dreifaktorielle Streifen-Spaltanlage (3/3/3) mit 27 Prüfgliedern in vierfacher Wiederholung

3.4 Versuchsdurchführung

Produktionstechnik

Tabelle 2: Produktionstechnische Daten bei der Versuchsdurchführung in Abhängigkeit von Jahr und Standort, Vorfrucht, Vor-Vor-Frucht, Aussaattermin und Erntetermin.

| Jahr | 2010/2011 | | 2011/2012 | |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Köthen | Wolkenburg | Köthen | Wolkenburg |
| Vorfrucht | Winterraps | Winterraps | Winterraps | Kartoffel |
| Vor-Vor-Frucht | Winterweizen | Winterweizen | Winterweizen | Winterweizen |
| Aussaattermin | 25.09.2010 | 16.09.2011 | 23.09.2010 | 13.09.2011 |
| Erntetermin | 17.07.2011 | 09.07.2012 | 20.07.2011 | 11.07.2012 |

Die wichtigen produktionstechnischen Daten sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Aussaat und Ernte der Parzellen erfolgte mit Versuchstechnik der Firma Syngenta Seeds. Die Amazone-Drillmaschine hatte einen Reihenabstand von 13,5 cm. Die Parzellen wurden in das bestehende Fahrgassensystem quer zur Bearbeitungsrichtung des Landwirtes gelegt, sodass die Brutto-Parzellenlänge zwischen 1,5 x 13,5 und 1,5 x 18 m variierte. Die Parzellen wurden mit einem Hege- und Zürn-Parzellendrescher im Kerndruschverfahren auf einer Fläche von 1,5 x 13 m in Köthen und 1,5 x 10 m in Wolkenburg beerntet. Die übrige Parzellenfläche diente als Probenahme- fläche. Bei der Versuchsanlage wurde auf echte Wiederholungen bei den Großteilstücken (Restoreranteil) verzichtet, innerhalb dieser Großteilstücke wurden die Sorten und Saatstärken randomisiert. Aufgrund der in der Literatur beschriebenen Erkenntnisse zu Pollenmobilität sollten die Parzellen hinreichend groß sein, um Rand- und Nachbareffekte zu egalisieren.

Die Bodenbearbeitung wurde betriebsüblich durchgeführt. Nach der Ernte der Vorfrucht wurde die Stoppelbearbeitung mit der Scheibenegge durchgeführt. Bei der Saatbettbereitung direkt vor der Aussaat fand ein tiefer Bearbeitungsgang von 20-25 cm statt. Das Saatbett wurde mit entsprechender Packerwalze am Grubber rückverfestigt, wobei die oberen 3-4 cm locker blieben um eine sichere und gleichmäßige Saatgutablage zu gewährleisten. Die Aussaat erfolgte im Mulchsaatverfahren.

Die Durchführung von Düngung und Pflanzenschutz erfolgte betriebsüblich (Anhang 3). Der Herbizideinsatz fand im frühen Nachauflauf im Herbst statt. Die verwendeten Wirkstoffe richteten sich in jedem Jahr nach dem vorherrschenden Unkrautspektrum. Weitere Pflanzenschutzmaßnahmen orientierten sich am Auftreten von Krankheiten sowie Schädlingen. Die Standfestigkeit wurde situativ über entsprechende wachstumsregulatorische Maßnahmen gesichert.

Sorte

Die Sortenwahl umfasste zwei Einfachhybriden und eine Dreifachhybride (Tabelle 3). Als Einfachhybriden kamen folgende Sorten zum Einsatz: „Balloon“ (FM 97-37 x RE 10) als Einzelährentyp mit planophiler Blattstellung sowie „Zoom“ (FM 99-18 x RE 10) als Korndichtetyp mit erektophiler Blattstellung. Beide Mutterlinien FM 97-37 und FM 99-18 sind repräsentativ für die ersten Zulassungen von Hybriden. Zudem wurde die Sorte „Element“ (F1F 011 x RE 10) eingesetzt, die als Einzelährentyp mit einer stark ausgeprägten planophilen Blattstellung die erste Zulassung einer Dreifachhybriden darstellt. Die Sorteneigenschaften werden von den unterschiedlichen Eigenschaften der sterilen CMS-Mutterlinie bestimmt. Der Restorer (RE 10) ist ein Einzelährentyp mit einer leicht erektophilen Blattstellung und ist Mischungspartner bei den jeweiligen Sorten.

Tabelle 3: Sortenmerkmale und Eigenschaften (Züchtereinstufungen)

| Sortenmerkmale und Eigenschaften | | F1F 011 | FM 97-37 | FM 99-18 | RE 10 |
|----------------------------------|------------------------------|-----------|----------|----------|----------|
| Allgemeine Daten | Art | CMS (F1F) | CMS (FM) | CMS (FM) | Restorer |
| | Sortentyp | EA-Typ | EA-Typ | KD-Typ | EA-Typ |
| | Hybride (ZS) | Element | Balloon | Zzoom | Mischung |
| Morphologische Merkmale | Ährenschieben | 4 | 5 | 4 | 7 |
| | Reife | 5 | 5 | 5 | 6 |
| | Pflanzenlänge | 6 | 5 | 4 | 7 |
| Neigung zu | Auswinterung | 5 | 5 | 6 | 4 |
| | Lager | 6 | 3 | 5 | 7 |
| | Halmknicken | 5 | 5 | 6 | 5 |
| | Ährenknicken | 6 | 7 | 8 | 6 |
| Anfälligkeit für | Mehltau | 6 | 5 | 4 | 4 |
| | Netzflecken | 5 | 4 | 5 | 3 |
| | Rhynchosporium | 5 | 5 | 4 | 4 |
| | Zwergrost | 6 | 5 | 5 | 4 |
| | Gelbmosaikvirusresistenz | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ertrags-eigenschaften | Bestandesdichte | 4 | 3 | 5 | 4 |
| | Kornzahl/Ähre | 8 | 5 | 7 | 7 |
| | Tausendkornmasse | 6 | 6 | 5 | 9 |
| | Kornertrag Stufe I | 8 | 5 | 7 | 7 |
| | Kornertrag Stufe II | 8 | 6 | 8 | 7 |
| sonstige Merkmale | Bestockung (schwach/stark) | 4 | 3 | 8 | 6 |
| | Vitalität | 7 | 4 | 8 | 8 |
| | Entwicklung Frühjahr | 7 | 4 | 6 | 9 |
| | Konkurrenz (gering/stark) | 7 | 5 | 2 | 3 |
| | Wuchsform (aufrecht/liegend) | 3 | 4 | 8 | 6 |

Ertragsanalytische Untersuchungen

Die Ertragsstrukturanalyse fand auf drei Ebenen statt: Technische Mischung (gesamte Population), Vaterlinie und Mutterlinie (Tabelle 4).

Die Ertragsanalyse der technischen Mischung wurde anhand der Druschergebnisse aus den Parzellen vollzogen. Neben dem Ertrag [dt/ha] bei einer Trockensubstanz von 86 % wurde zudem die Tausendkornmasse erhoben.

Die Erhebungen in Bezug auf die Ertragsstruktur der Vaterlinie dienen zur Beurteilung von Mischungseffekten und der Ermittlung der Sortenreinheit in Abhängigkeit der Versuchsfaktoren. Die Anzahl an Restorerähren je m² wurde fünfmal pro Parzelle an 1 m² und in vierfacher Wiederholung ermittelt. Die Bestimmung der Kornzahl und die Anzahl fertiler und steriler Spindelstufen erfolgte an 10 Restorerpflanzen je Wiederholung.

Die Sortenreinheit ermittelt sich anhand der errechneten Korndichte der technischen Mischung und der ermittelten Korndichte der Vaterlinie. Aus Sicht der Saatguterzeugung wird zur wirtschaftlichen Beurteilung die Multiplikationsrate als Kennzahl aus der Korndichte der technischen Mischung und dem eingesetzten Saatgut errechnet. Der Vermehrungskoeffizient, also die Kornzahl je Pflanze, ergibt sich aus der Trieb- und Kornzahl der technischen Mischung. Dabei wird die Kornzahl über die Korndichte und Ährenzahl errechnet. Die Triebzahl ergibt sich aus den Zählungen während des Vegetationsverlaufs und dem Bestockungskoeffizienten. Letzteres ermittelt sich aus dem Feldaufgang und der Ährenzahl zur Ernte.

Die Untersuchungen auf der Mutterlinie dienen der Ermittlung des Ertragspotenzials und der Charakterisierung der verschiedenen Genotypen. Es können Rückschlüsse und Wechselwirkungen der Bestäubung und Kornansatz in Abhängigkeit der Versuchsfaktoren herausgearbeitet werden. Es wurden 100 Ähren der Mutterlinie je Prüfglied bei vier Wiederholungen vor der Ernte entnommen.

An zehn BBCH-Stadien (Anhang 4) wurden Bonituren und Probenahmen in Bezug auf die Ertragsbildung und Ertragsstruktur durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind zusammenfassend die erhobenen und errechneten Parameter dargestellt:

Tabelle 4: Ertragsanalytische Untersuchungen

| Ertragsebene | Erhobene Parameter | Einheit | |
|--|--|---|--------------------------|
| Technische Mischung | Keimpflanzenzahl | [Pflanzen/m ²] | |
| | Triebzahl | [Triebe/m ²], [Triebe/Pflanze] | |
| | Ablagetiefe zu BBCH 25-29 | [mm] | |
| | Ährenzahl | [Ähren/m ²] | |
| | Korngewicht auf der Probefläche | [kg/Parzelle] | |
| | Tausendkornmasse (TKM) | [g] | |
| | Besatz an Mutterkorn | [Anzahl Mutterkorn/200 g] | |
| | Bonitur Zwiewuchs, Lager, Mängel | [1 bis 9] | |
| | Vaterlinie | Anzahl Restorerähren (RE AZ m ²) | [Ähren/m ²] |
| | | Anzahl Restorertriebe (RE Tr) | [Triebe/Pflanze] |
| | | Anzahl fertiler Spindelstufen des Restorers (RE Sp) | [Spindelstufen/Ähre] |
| | | Anzahl steriler Spindelstufen je Ähre (RE SP fe) | [Spindelstufen/Ähre] |
| | Mutterlinie | Anzahl der Körner je Ähre des Restorers (RE KZAE) | [Kornzahl/Ähre] |
| | | Anzahl fertiler Spindelstufen je Ähre (FM SP fe) | [Spindelstufen/Ähre] |
| Anzahl steriler Spindelstufen je Ähre (FM SP st) | | [Spindelstufen/Ähre] | |
| Anzahl der Körner je Ähre (FM KZAE) | | [Kornzahl/Ähre] | |
| Ertragsebene | Errechnete Parameter | Einheit | |
| Technische Mischung | Relativer Feldaufgang | [%] | |
| | Anzahl der Körner je Ähre (KZAE) | [Kornzahl/Ähre] | |
| | Einzelährenertrag (EAE) | [g] | |
| | Einzelpflanzenertrag (EPE) | [g] | |
| | Kornzahl je Pflanze (KZP) | [Kornzahl/Pflanze] | |
| | Korndichte (KD) | [Körner/m ²] | |
| | Multiplikationsrate (M rate) | [Faktor] | |
| | Vaterlinie | Sortenreinheit (Verhältnis der Korndichte von Mutter- und Vaterlinie) | [%] |
| | | Relative Anzahl der Restorer in der technischen Mischung (RE AZ rel) | [%] |
| | | Korndichte der Vaterlinie (RE KD) | [Körner/m ²] |
| Ertrag der Vaterlinienpflanze (RE KZP) | | [Kornzahl/Pflanze] | |
| Mutterlinie | Anzahl der Restorerpflanzen (RE Pfl. m ²) | [Pflanzen/m ²] | |
| | Relative Anzahl der Restorerpflanzen (RE Pfl. m ² rel) | [%] | |
| | Korndichte der Mutterlinie (FM KD) | [Körner/m ²] | |
| | mögliche Kornzahl je fertiler Spindelstufe (FM KZAE _m) | [Kornzahl/Ähre] | |
| | Anzahl Spindelstufen je Ähre (FM SP) | [Spindelstufen/Ähre] | |
| | Relativer Saatgutansatz (FM SA) | [%] | |

3.5 Statistische Auswertung

Die Aufarbeitung des Datenmaterials sowie dessen Sortierung und Rangierung erfolgte mit Excel. Die statistische Verrechnung wurde mit dem Programm SAS vorgenommen. Die grafischen Darstellungen wurden mit dem Programm JMP, welches auf SAS basiert, erstellt.

Die Mittelwerte wurden mit der Prozedur GLM errechnet, die Prüfung auf Signifikanz mit dem Tukey-Kramer-Test. Bei ungleicher Gruppenbesetzung kam die Option „lsmeans“ zur Anwendung. Hierbei werden Unterschiede zwischen den gewichteten Mittelwerten durch Buchstaben gekennzeichnet. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikant voneinander verschiedene Mittelwerte. Zur Gewährleistung der Varianzhomogenität wurden die Daten der verschiedenen Probenahmeterminen getrennt nach Terminen verrechnet. Die Signifikanzen der F-Werte wurden je nach Irrtumswahrscheinlichkeit wie folgt bezeichnet:

- $p > 5 \%$ nicht signifikant (n.s.)
- $p < 5 \%$ signifikant (*)
- $p < 1 \%$ hoch signifikant (**)
- $p < 0,1 \%$ sehr hoch signifikant (***)

Bei der statistischen Verrechnung wurden im ersten Schritt die Jahre und Standorte getrennt verrechnet, sodass die Versuchsfaktoren und deren Wechselwirkungen einzeln dargestellt werden können. Im zweiten Schritt wurden die Versuchsfaktoren gegen die Umweltfaktoren getestet. Hierdurch wurden die Jahre und Standorte als echte Wiederholung verrechnet. Dies ermöglicht eine statistische Aussage zu Klärung der Frage des Versuchsfaktors in Bezug auf den Vaterlinienanteil, da bei diesem Versuchsfaktor keine echten Wiederholungen angelegt wurden.

4 Ergebnisse

Die Entwicklung der Bestandesdichte im Vegetationsverlauf spiegelt die Ertragsbildung der Wintergerste dar. Auch die Erträge, Ertragskomponenten und die Einzelpflanzenanalyse geben Auskunft über den Ertragsaufbau. Zur Beurteilung von Mischungseffekten bei der Saatgutproduktion von Hybridergerste und deren Einfluss auf die Sortenreinheit werden sowohl die Ertragsstrukturparameter der technischen Mischung als auch der Mutterlinie sowie Einzelpflanzenleistung der Vaterlinie beurteilt. Die einzelnen Komponenten stehen dabei in Wechselwirkung zueinander. Aus der Zusammensetzung des Ertrages lassen sich Rückschlüsse auf die Wirkung der Produktionsfaktoren sowie die Einflussnahme während der Vegetation ziehen. Die Variation der Produktionsfaktoren, wie der Restoreranteil in der technischen Mischung, der Genotyp und die Saatstärke, können hierbei zu Unterschieden führen. Interaktionen der Versuchsfaktoren werden insbesondere von den jahres- und standortspezifischen Faktoren überlagert. Diese Effekte sind sowohl bei der Ertragsbildung und der Ertragsleistung der technischen Mischung als auch bei den Ertragskomponenten der Saateltern vorhanden. Diese Mischungseffekte können dann die Sortenreinheit bedeutend beeinflussen.

4.1 Ertragsbildung

Die Ertragsbildung ist wesentlich durch die vegetative und generative Entwicklung der Pflanzen geprägt. Nach der Aussaat des Wintergetreides ist das Wachstum unter Kurztagsbedingungen zunächst durch die vegetative Entwicklung bestimmt. Der wesentliche ertragsbildende Prozess im Kurztag ist die Bestockung. Hierbei erfolgt die Anlage von Blättern, Trieben und Nebentrieben, welche leistungsfähige Ähren hervorbringen. Die Anlage von Trieben läuft parallel zur Anlage von Blättern. So erscheint mit jedem neuen Blatt gleichzeitig ein neuer Nebentrieb. Die generative Entwicklung verläuft parallel zur vegetativen Entwicklung. Im Langtag wird dann die Blütenbildung und Abreife initiiert.

In den vorliegenden Untersuchungen traten insbesondere jahres- und standortbedingte Interaktionen mit den Versuchsfaktoren auf. Vor allem die Sorten und Saatstärken beeinflussten die Pflanzenentwicklung. Unterschiede in Bezug auf die vegetative und generative Entwicklung bei den Versuchsfaktoren wurden beim Feldaufgang (BBCH 13), zu Vegetationsbeginn, im Ein-Knoten-Stadium (BBCH 31), vor dem Ährenschieben (BBCH 47), sowie zur Milchreife (BBCH 75) und zur Ernte (BBCH 91) ermittelt (Anhang 5 bis Anhang 8).

4.1.1 Vegetative Entwicklung

Die Temperatursummen sind Indikator für die Bestandesentwicklung und ermöglichen den Vergleich der Aussattermine der beiden Versuchsjahre. 2011 wurde auf beiden Standorten eine deutlich niedrigere Temperatursumme im Herbst sowie bis zum Ende der Bestockung im Frühjahr erreicht als 2012. In den beiden Versuchsjahren wurden während der Vegetation zu unterschiedlichen Terminen Pflanzenproben entnommen. Es wurden jeweils zu Vegetationsbeginn (BBCH 25-29) und zum Bestockungsende (BBCH 31) die Triebzahl je Pflanze bestimmt. Insgesamt ergaben sich dadurch 4 Messpunkte für jeden Standort (Anhang 9).

Abbildung 7 stellt die Entwicklung der Triebzahl je Pflanze in Abhängigkeit der Temperatursumme im Versuchsmittel dar. Die Tagesdurchschnittstemperaturen ($> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, Anhang 10) wurden dabei ab dem Feldaufgang kumuliert. Die Bestandes- und Triebentwicklung lässt sich hieraus ableiten und interpretieren. Die Funktion ist dargestellt als logarithmische Wachstumsfunktion (Abbildung 7, links). Auf der rechten Seite der Abbildung sind dann die logarithmierten Triebzahlen in Abhängigkeit der Temperatursumme als lineare Funktion abgebildet. Im Versuchsmittel konnten ca. 50 % ($R^2 = 0,519$, $r = 0,72^{***}$) anhand der exponentiellen Beziehung zwischen Temperatursumme und Bestandesentwicklung erklärt werden.

Die vegetative Entwicklung wurde 2012 witterungsbedingt und aus produktionstechnischer Sicht entsprechend positiv beeinflusst. Dies äußerte sich in einem höheren Feldaufgang, einer höheren Triebdichte und führte auf beiden Standorten 2012 zu höheren Ährenzahlen als 2011. Dies war auf eine günstigere Bestandesetablierung und Bestockung der Einzelpflanzen im Herbst und Frühjahr zurückzuführen.

Aufgrund der sehr nassen Bedingungen zur Saat 2010/2011 war die Ablagetiefe beeinflusst und mit 17 bis 19 mm verhältnismäßig gering. 2011/2012 führten optimale Bestellbedingungen zu einer angestrebten Saattiefe von 30 mm (Anhang 11). In Köthen wurden in beiden Versuchsjahren höhere Auflafraten im Vergleich zu Wolkenburg erzielt. Dies war auf die unterschiedliche Witterung und Bodenverhältnisse bei der Bestellung und während des Auflaufens der Saat zurückzuführen. Standortbedingte Unterschiede traten vor allem beim Feldaufgang auf, diese wurden mehr oder weniger im weiteren Vegetationsverlauf über die Bestockung der Einzelpflanzen ausgeglichen. In Abhängigkeit der Jahre und Standorte wurden Unterschiede im Feldaufgang von bis zu 23 % ermittelt (Anhang 12). Dies führte dann auch zu Unterschieden in den endgültigen Ährendichten.

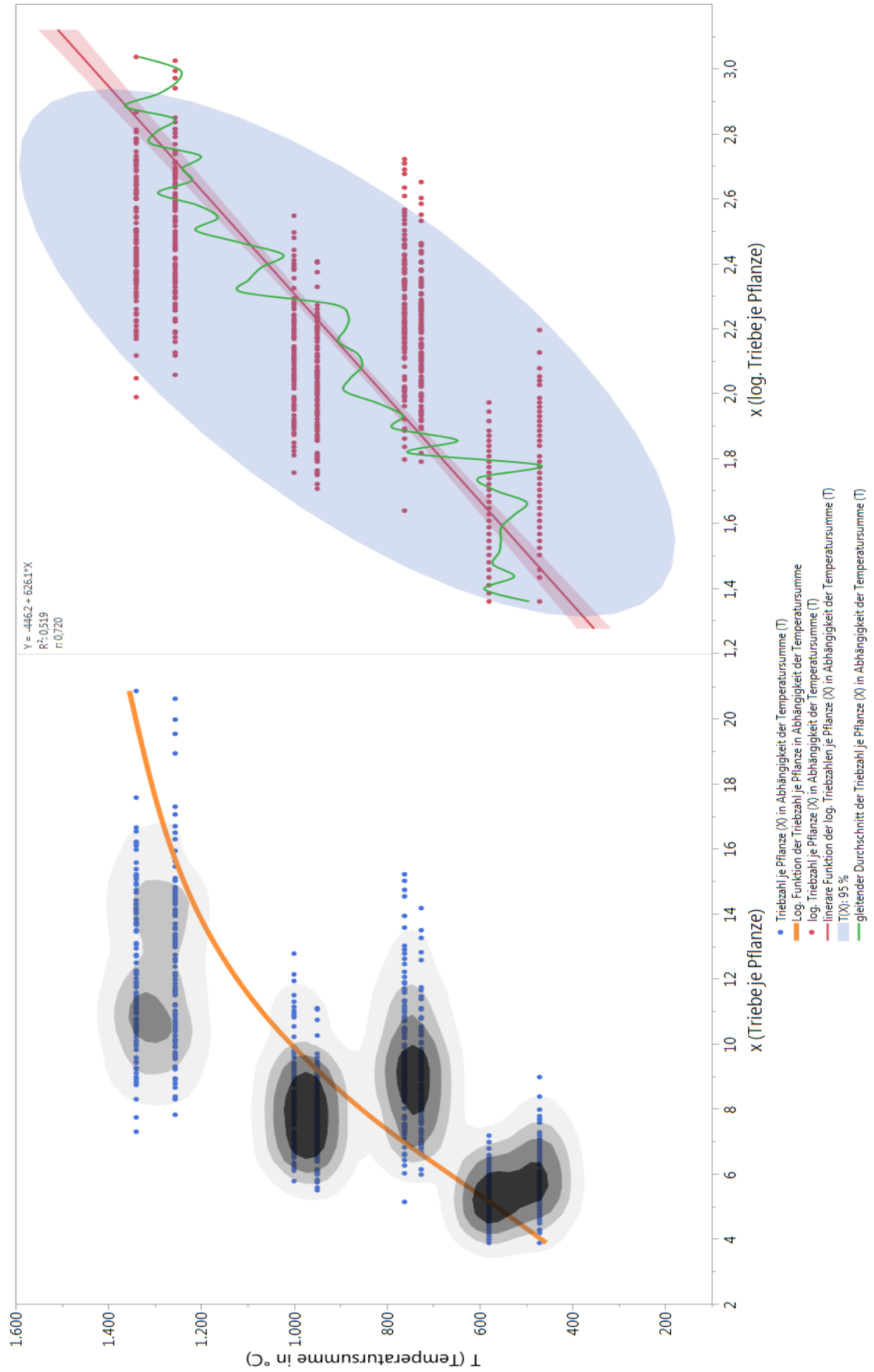


Abbildung 7: Entwicklung der Triebzahl je Pflanze (x) in Abhängigkeit der Temperatursumme (T) [°C] in Versuchsmitteln, dargestellt als log. Wachstumsfunktion

Im weiteren Vegetationsverlauf war die vegetative Entwicklung der Gerste zwischen den Standorten relativ ähnlich, jahresbedingte Unterschiede führten 2011 und 2012 jedoch zu sehr unterschiedlichen Pflanzenentwicklungen. Tabelle 5 stellt hierzu die Bestandesdichte und Ährenzahl sowie Triebzahl je Pflanze in Abhängigkeit von Jahr und Standort dar.

Tabelle 5: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebe/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Standort sowie im Versuchsmittel und im Mittel der Jahre und Standorte

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | |
|----------|------------|--|----------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| Jahr | Ort | BBCH 13 | Veg.Beg. | BBCH 31 | BBCH 91 | Veg.Beg. | BBCH 31 | BBCH 91 |
| 2011 | Köthen | 187 b | 990 b | 1.428 c | 474 c | 5,35 d | 7,81 c | 2,63 c |
| | Wolkenburg | 166 c | 994 b | 1.365 c | 432 d | 6,01 c | 8,40 b | 2,68 c |
| 2012 | Köthen | 202 a | 1.773 a | 2.457 a | 619 a | 8,97 b | 12,53 a | 3,21 a |
| | Wolkenburg | 189 b | 1.808 a | 2.242 b | 531 b | 9,76 a | 12,10 a | 2,94 b |
| 2011 | ∅ | 177 b | 992 b | 1.397 b | 453 b | 5,68 b | 8,10 b | 2,66 b |
| 2012 | | 195 a | 1.790 a | 2.349 a | 575 a | 9,36 a | 12,32 a | 3,07 a |
| ∅ | Köthen | 194 a | 1.382 a | 1.942 a | 547 a | 7,16 b | 10,17 a | 2,92 a |
| | Wolkenburg | 177 b | 1.401 a | 1.804 b | 482 b | 7,88 a | 10,25 a | 2,81 b |
| ∅ | ∅ | 186 | 1.391 | 1.873 | 514 | 7,52 | 10,21 | 2,86 |
| GD Tukey | | 7,5 | 82 | 128 | 7,1 | 0,26 | 0,43 | 0,14 |

Zu Vegetationsbeginn 2011 konnten auf beiden Standorten ca. 1.000 Triebe je m² gezählt werden. Die Triebdichte stieg bis zur Hauptbestockung an und erreichte in BBCH 31 mit ca. 1.400 Trieben/m² ein Maximum. Bis zur Ernte 2011 reduzierten sich die Bestände aufgrund der suboptimalen Entwicklung im Herbst sowie Trockenheit im Frühjahr deutlich. Die Triebdichte zu BBCH 31 betrug ca. 300 % im Vergleich zur endgültigen Ährendichte. Die Ährenzahl war mit 453 Ähren/m² auf einem insgesamt niedrigen Niveau. 2012 wurden zu Vegetationsbeginn annähernd doppelt so viele Triebe (1.800 Triebe/m²) wie 2011 ermittelt. Bis BBCH 31 begünstigten die Witterungsbedingungen 2012 auf beiden Standorten die Bestockung im Frühjahr, sodass maximal bis zu 2.500 Trieben/m² erreicht wurden. Bis zur Ernte 2012 reduzierte sich der Bestand auf 575 Ähren/m² und war damit auf einem deutlich höheren Niveau als 2011.

Die Bestandesdichte und Ährenzahl geben für sich genommen noch nicht ausreichend Hinweise auf die Wirkung der einzelnen Produktionsfaktoren. Um deren Einfluss zu verdeutlichen werden die Bestockungs- und Beährungskoeffizienten herangezogen. Eine hohe Ährenzahl pro Quadratmeter kann zum einen über eine hohe Pflanzendichte, zum anderen durch einen hohen Bestockungskoeffizienten erzielt werden.

Der Bestockungskoeffizient zu Vegetationsbeginn 2011 war mit 5-6 Trieben/Pflanze deutlich geringer als 2012 (9-10 Trieben/Pflanze). Dieser stieg 2011 bis zum Stadium BBCH 31 auf 8 Triebe an, 2012 wurden zum gleichen Stadium 12 Trieben/Pflanze erreicht. Danach setzte während der Schossphase bis zur Ernte die Reduktion der Triebe ein, sodass 2011 (2,7 Trieben/Pflanze) weniger

Triebe zu produktiven Ähren ausgebildet wurden als 2012 (2,9 Triebe/Pflanze). Dies konnte auf beiden Standorten festgestellt werden. Einen unterschiedlichen Entwicklungsverlauf zeigten die Standorte in Bezug auf die Bestockungs- und Beährungskoeffizienten. Zu Vegetationsbeginn war im Mittel der Jahre die Triebzahl je Pflanze in Köthen geringer als in Wolkenburg, konnte aber bis Bestockungsende ausgeglichen werden. 2011 lagen keine Unterschiede in Bezug auf die Beährungskoeffizienten auf beiden Standorten vor. Dagegen war der Beährungskoeffizient in Köthen 2012 mit 3,2 Triebe/Pflanze bedeutend höher als in Wolkenburg (2,9 Triebe/Pflanze). Insgesamt führte dann die unterschiedliche Witterungskonstellation und die Standorteigenschaften zu einer höheren Beährung und zu höheren Ährendichten in Köthen.

Saatstärke

Die Saatstärke beeinflusste die Bestockung der Pflanzen während der Vegetation im Feldaufgang, zu Vegetationsbeginn, im Stadium BBCH 31 und BBCH 91 und führte zu unterschiedlichen Bestandes- und Ährendichten (Tabelle 6). Witterungsbedingt waren die Jahresunterschiede sehr deutlich, während geringere Standortunterschiede auftraten. Steigende Aussaatmengen führten unabhängig von der Witterung und des Standortes zu höheren Triebdichten, was mit abnehmenden Bestockungs- und Beährungskoeffizienten einher ging.

Tabelle 6: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebe/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke sowie im Versuchsmittel

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | |
|----------|----------------------------|--|----------|----------|---------|-------------------------------|---------|---------|--|
| Jahr | Saatstärke | BBCH 13 | Veg.Beg. | BBCH 31 | BBCH 91 | Veg.Beg. | BBCH 31 | BBCH 91 | |
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 138 f | 841 e | 1.277 d | 410 f | 6,1 d | 9,3 d | 3,0 b | |
| | S2 [180 K/m ²] | 176 d | 979 d | 1.397 cd | 459 e | 5,6 e | 8,0 e | 2,6 c | |
| | S3 [230 K/m ²] | 216 b | 1.156 c | 1.516 c | 491 d | 5,3 e | 7,0 f | 2,3 d | |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 151 e | 1.641 b | 2.209 b | 539 c | 10,8 a | 14,6 a | 3,7 a | |
| | S2 [180 K/m ²] | 198 c | 1.839 a | 2.363 ab | 578 b | 9,3 b | 11,9 b | 3,0 b | |
| | S3 [230 K/m ²] | 237 a | 1.892 a | 2.477 a | 608 a | 8,0 c | 10,4 c | 2,6 c | |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 144 c | 1.241 c | 1.743 c | 475 c | 8,5 a | 12,0 a | 3,3 a | |
| | S2 [180 K/m ²] | 187 b | 1.409 b | 1.880 b | 518 b | 7,4 b | 9,9 b | 2,8 b | |
| | S3 [230 K/m ²] | 227 a | 1.524 a | 1.997 a | 549 a | 6,7 c | 8,7 c | 2,5 c | |
| ∅ | ∅ | 186 | 1.391 | 1.873 | 514 | 7,5 | 10,2 | 2,9 | |
| GD Tukey | | 10,2 | 112 | 175 | 9,7 | 0,35 | 0,59 | 0,20 | |

Der Feldaufgang wurde durch die Erhöhung der Saatstärken negativ beeinflusst. Im Mittel der beiden Versuchsjahre war der relative Feldaufgang bei S1 111 %, fiel dann bei S2 (104 %) und S3 (99 %) deutlicher ab. Hierbei traten nennenswerte Unterschiede zwischen den Jahren und Standorten auf. Besonders in Wolkenburg war der Abfall der höheren Saatstärke erkennbar und erreichte einen geringeren Feldaufgang von 87-93 % im Vergleich zu Köthen (100-108 %).

2011 reagierten die Bestände auf beiden Standorten sehr deutlich auf die Erhöhung der Saatstärke. Bis zum Vegetationsbeginn im Frühjahr wurden ca. 850 Triebe/m² bei einer Aussaatstärke von 130 Körner/m² (S1) erreicht. Eine Erhöhung der Aussaatmenge um jeweils 50 Körner/m² bei den Saatstärken S2 und S3 führte dann zu einem Anstieg der Triebdichte auf ca. 1.000 (S2) und 1.150 Triebe/m² (S3). Im weiteren Vegetationsverlauf bestockten die Pflanzen bis BBCH 31 und die Triebzahlen stiegen bei allen Saatstärken um ca. 400 Triebe/m² an. Entsprechend wurden ca. 1.300 bis 1.500 Triebe/m² bei den unterschiedlichen Saatmengen erreicht. Im Verlauf der Schossphase reduzierten die Bestände deutlich und beeinflussten die endgültige Ährendichte. Bei einer Aussaatmenge von 230 Körner/m² (S3) wurden 491 Ähren/m² erreicht, die mittlere Saatstärke mit 180 Körner/m² (S2) fiel dann mit 459 Ähren/m² signifikant ab. Eine reduzierte Saatstärke von 130 Körner/m² (S1) verursachte mit 410 Ähren/m² die geringste Ährendichte.

2012 begünstigte die Witterung die Einzelpflanzenentwicklung im Vegetationsverlauf bis zum Ende der Bestockung und die Unterschiede zwischen den Saatstärken waren geringer. Bereits zu Vegetationsbeginn konnten mit einer reduzierten Saatmenge (S1) höhere Triebdichten als 2011 erreicht werden. Die Unterschiede zwischen der mittleren Saatstärke (S2) und der hohen Saatmenge (S3) waren dann geringer. Die Triebzahlen lagen zu Vegetationsbeginn bei ca. 1.650 Triebe/m² (S1), 1.850 Triebe/m² (S2) und 1.900 Triebe/m² (S3). Bis zum Ein-Knoten-Stadium stiegen diese an und waren mit ca. 2.200 bis 2.500 Triebe/m² auf einem sehr hohen Niveau. Dies äußerte sich zur Ernte auch in deutlich höheren Ährendichten. Diese stiegen mit der Saatmenge signifikant an: S1 lag bei 539 Ähren/m², S2 bei 578 Ähren/m² und S3 bei 608 Ähren/m².

Die standortbedingte Entwicklung der Einzelpflanzen und der Bestandesdichte unter Berücksichtigung der Saatstärken sind im Anhang 13 und Anhang 14 zusammengefasst. In Köthen wurde in beiden Jahren höhere Trieb- und Ährendichten als in Wolkenburg erreicht. 2012 beeinflussten in Wolkenburg niedrige Temperaturen und geringe Schneelagen im Winter die Entwicklung der Pflanzen, sodass Auswinterungserscheinungen die Entwicklung der Pflanzen nachhaltig überlagerten. Hierbei zeigte sich, dass die Frostempfindlichkeit bei steigenden Saatstärken und aufgrund der sehr üppigen Vorwinterentwicklung anstieg. Dies führte am Standort Wolkenburg zu ähnlichen Bestandesdichten zwischen den Saatstärken und insgesamt zu niedrigeren Ährendichten als in Köthen. Geringe Saatmengen konnten hingegen die Blatt- und Triebverluste durch eine vitale Anfangsentwicklung im Frühjahr ausgleichen. In Köthen schützte eine ausreichende Schneedecke die Pflanzen vor den eisigen Temperaturen im Februar, sodass die Bestandes- und Ährendichten weitestgehend unbeeinflusst blieben.

Dies konnte auch beim Bestockungsverhalten der Pflanzen beobachtet werden und die Saatstärkenunterschiede waren signifikant. Der Bestockungskoeffizient war übergeordnet abhängig von den Witterungsbedingungen (Jahr und Standort) und von der Saatstärke. Auch die Sorte und weitere produktionstechnische Einflussfaktoren, wie zum Beispiel N-Düngung und Pflanzenschutz, beeinflussten die Bestockung und Einzelpflanzenentwicklung.

Sorte

Die Sorten zeigten in beiden Jahren eine ähnliche Entwicklung in Bezug auf die Bestandesdichte und Triebzahlen je Pflanze (Tabelle 7). Standortsspezifische Unterschiede wurden insbesondere durch die unterschiedlichen Witterungsbedingungen in den Versuchsjahren verursacht (Anhang 15 und Anhang 16). Die Unterschiede zwischen den Sorten waren 2011 sehr deutlich und signifikant. 2012 wurde die Entwicklung einerseits durch die gute Vorwinterentwicklung, andererseits durch die tiefen Temperaturen beeinflusst und überlagert. Dies hatte zur Folge, dass die Unterschiede der Triebdichten in den wichtigen Stadien zu Vegetationsbeginn und zum Ein-Knoten-Stadium in BBCH 31 geringer waren als 2011. Die Pflanzen konnten mehr oder weniger stark die Entwicklung über die Bestockung kompensieren.

Tabelle 7: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und der Triebzahl [Triebe/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Sorte

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | |
|----------|---------|--|----------|----------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| Jahr | Sorte | BBCH 13 | Veg.Beg. | BBCH 31 | BBCH 91 | Veg.Beg. | BBCH 31 | BBCH 91 |
| 2011 | Balloon | 176 d | 878 d | 1.264 e | 425 e | 5,1 f | 7,3 d | 2,5 d |
| | Element | 179 cd | 1.124 c | 1.576 d | 457 de | 6,4 d | 9,0 c | 2,6 cd |
| | Zzoom | 175 d | 974 d | 1.350 e | 478 d | 5,6 e | 8,0 d | 2,8 bc |
| | RE 10 | 173 d | 955 d | 1.489 d | 469 d | 5,6 e | 8,8 c | 2,8 bc |
| 2012 | Balloon | 194 ab | 1.575 b | 2.369 ab | 563 b | 8,3 c | 12,6 a | 3,0 b |
| | Element | 188 bc | 1.731 b | 2.225 b | 614 a | 9,5 ab | 12,1 ab | 3,4 a |
| | Zzoom | 204 a | 2.065 a | 2.455 a | 548 c | 10,3 a | 12,3 ab | 2,8 bc |
| | RE 10 | 192 ab | 1.629 b | 2.099 c | 567 b | 8,6 bc | 11,2 b | 3,1 ab |
| ∅ | ∅ | 185 | 1.366 | 1.853 | 515 | 7,4 | 10,2 | 2,9 |
| GD Tukey | | 10 | 114 | 172 | 10 | 0,37 | 0,58 | 0,19 |

Auf beiden Standorten wurde 2011 die höchste Triebdichte zu Vegetationsbeginn bei der Sorte Element (1.124 Triebe/m²) erreicht, die Sorten Balloon (878 Triebe/m²), Zzoom (974 Triebe/m²) und RE 10 (955 Triebe/m²) fielen signifikant ab. Auch in BBCH 31 waren die Unterschiede zwischen der Dreifachhybriden (Element) und den beiden Einfachhybriden (Zzoom, Balloon) deutlich und konnten statistisch abgesichert werden. Die Triebdichte stieg in BBCH 31 bei der Sorte Element auf ca. 1.500 Triebe/m² an und die Vaterlinie RE 10 erreichte ein ähnliches Niveau. Balloon und Zzoom erzielten dagegen geringere Triebdichten in BBCH 31. Im Gegensatz dazu unterschieden sich die Anzahl an Ähren zur Ernte zwischen Element, Zzoom und der Vaterlinie kaum (457 bis 478 Ähren/m²). Die geringste Ährenzahl wurde bei der Sorte Balloon (425 Ähren/m²) ermittelt. Die unterschiedlichen Trieb- und Ährendichten waren in der Regel auf die Bestockung der Einzelpflanzen und der innerpflanzlichen Konkurrenz zurückzuführen. Die Vaterlinie RE 10 und die Sorte Zzoom waren besonders bestockungsfreudig und konnten die angelegten Triebe auch bis zur Ernte erhalten (2,8 Triebe/Pflanze). Element und Balloon erzielten 2011 geringere Bährungskoeffizienten.

2012 waren die Triebdichten auf einem deutlich höheren Niveau als 2011. Die Sortenunterschiede zu den wichtigen Probennahmeterminen waren deshalb geringer und konnten über die günstigen Produktionsbedingungen kompensiert werden. Zu Vegetationsbeginn wurden über alle Versuchsfaktoren die höchsten Triebdichten bei der Sorte Zzoom erreicht. Bis zum Ein-Knoten-Stadium stieg die Triebzahl auf maximal 2.455 Triebe/m² bei Zzoom an. Die Sorte Balloon (2.369 Triebe/m²) lag auf etwa gleichem Niveau, wobei die Sorte Element (2.225 Triebe/m²) etwas abfiel. Die Triebzahl der Vaterlinie war mit 2.099 Triebe/m² am geringsten, was auf einen geringeren Feldaufgang zurückzuführen war. Entgegen dieser Beziehung wurden die höchsten Ährenzahlen bei Element (614 Ähren/m²) erreicht. Die Unterschiede bei den anderen Sorten waren gering (548 bis 567 Ähren/m²). Dieser Effekt konnte auf eine bessere Trieberhaltung der Sorte Element (3,4 Ähren/Pflanze) zurückgeführt werden. Die Beährungskoeffizienten der Vaterlinie RE 10 und den anderen beiden Sorten fielen geringfügig ab.

In Bezug auf die Pflanzenentwicklung reagierten die Sorten insgesamt auf beiden Standorten ähnlich. Bei der Sorte Zzoom war die Auflauftrate höher als bei den anderen beiden Genotypen. Dies führte 2012 auch zu Vegetationsbeginn zu einer höheren Triebdichte. Die Sorte Zzoom wurde in Wolkenburg dann stärker durch die tiefen Temperaturen beeinflusst und reagierte darauf mit geringeren Trieb- und Ährendichten. Besonders umweltstabil zeigte sich die Sorte Element. Während der Vegetation wurden deutlich höhere Bestockungsgrade und Ährenzahlen gemessen. Zur Ernte 2012 (BBCH 91) erreichte die Sorte Element vor allem in Wolkenburg mit 597 Ähren/m² die höchsten Ährenzahlen. Die Sorte Balloon fiel mit 531 Ähren/m² ab, die geringste Ährenzahl wies die Sorte Zzoom (465 Ähren/m²) auf.

Sorte und Saatstärke

Die Bestandes- und Triebentwicklung war eng an die Temperaturansprüche der Sorten gekoppelt. Neben der Temperatursumme überlagerten aber auch die Versuchsfaktoren das Bestimmtheitsmaß dieser Beziehung (Abbildung 8), sodass dieses bis auf ca. 75 % anstieg (Anhang 17). Hierbei reagierten vor allem die Sorten und Saatstärken sehr unterschiedlich auf die vegetative und generative Entwicklung. Es zeigte sich, dass die Mutterlinie der Sorte Balloon ($r = 0,790^{***}$) höhere Temperaturansprüche hat als die F1F-Linie der Sorte Element ($r = 0,725^{***}$) und die Mutterlinie der Sorte Zzoom. Die Mutterlinie FM 99-18 der Sorte Zzoom zeigte die geringsten Ansprüche an die Temperatur ($r = 0,680^{***}$). Die Unterschiede zwischen den Saatstärken waren dabei gering. Das Bestimmtheitsmaß lag bei $R^2 = 0,561$ bis $0,612$ und die Triebzahlen je Pflanze korrelierten sehr eng mit der Temperatursumme ($r = 0,749^{***}$ bis $0,782^{***}$).

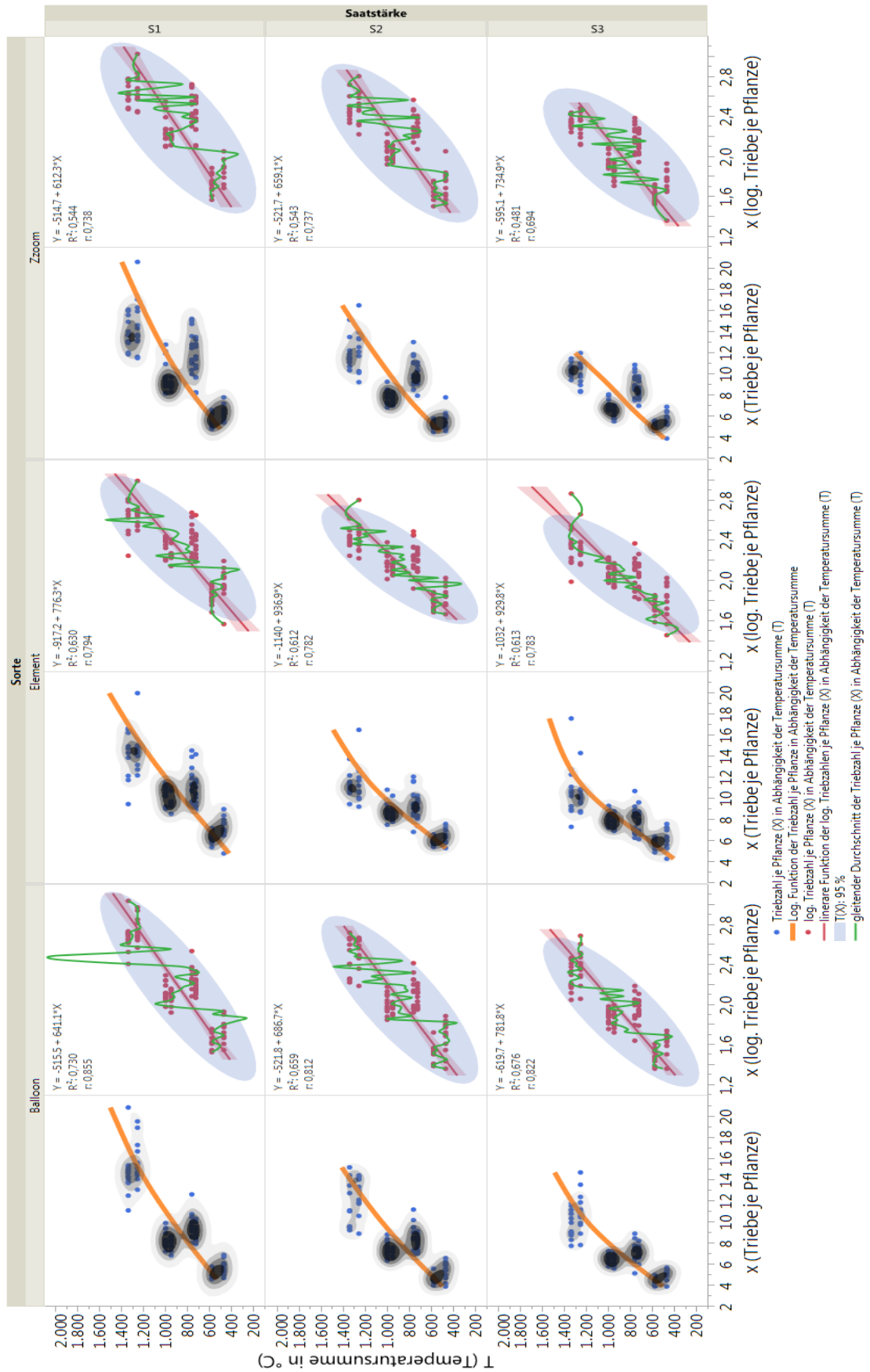


Abbildung 8: Entwicklung der Triebzahl je Pflanze (x) in Abhängigkeit der Temperatursumme (T) [°C] unter Berücksichtigung der Versuchsfaktoren (Sorte und Saatstärke), dargestellt als log. Wachstumsfunktion

Tabelle 8 zeigt die Bestandesdichte und Triebentwicklung in Abhängigkeit der Sorten und Saatstärken. Die Daten für Köthen und Wolkenburg sind im Anhang 18 bis Anhang 21 dargestellt.

Tabelle 8: Entwicklung der Bestandesdichte [Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebe/Pflanze] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke

| Faktor | | Bestandesdichte [Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | |
|----------|----------------------------|--|----------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| Sorte | Saatstärke | Veg.Beg. | BBCH 31 | BBCH 91 | Veg.Beg. | BBCH 31 | BBCH 91 |
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 1.048 f | 1.657 c | 446 g | 7,4 bc | 11,7 a | 3,2 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 1.272 e | 1.849 bc | 504 e | 6,7 d | 9,7 bc | 2,7 cd |
| | S3 [230 K/m ²] | 1.360 de | 1.943 ab | 533 c | 5,9 e | 8,4 e | 2,4 e |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 1.278 e | 1.753 bc | 509 de | 9,0 a | 12,3 a | 3,6 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 1.430 bcd | 1.849 bc | 532 c | 7,8 b | 10,1 b | 2,9 c |
| | S3 [230 K/m ²] | 1.574 ab | 2.100 a | 565 a | 6,9 d | 9,3 cd | 2,6 de |
| Zoom | S1 [130 K/m ²] | 1.396 cde | 1.819 bc | 469 f | 9,0 a | 11,9 a | 3,2 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 1.525 abc | 1.941 ab | 519 de | 7,8 b | 10,0 bc | 2,8 cd |
| | S3 [230 K/m ²] | 1.638 a | 1.947 ab | 551 b | 7,1 cd | 8,5 de | 2,4 e |
| ∅ | ∅ | 1.391 | 1.873 | 514 | 7,5 | 10,2 | 2,9 |
| GD Tukey | | 150 | 234 | 13 | 0,47 | 0,80 | 0,26 |

2011 erreichte Element (Dreifachhybride) bis zum Stadium BBCH 31 höhere Triebdichten bzw. annähernd das gleiche Niveau mit S1 im Vergleich zu S2 und S3 der Sorten Balloon und Zoom (Einfachhybriden). Die Saatstärke S3 bei Element lag nur geringfügig über S2. Im Vergleich zu den Sorten Zoom und Element fiel die Ährenzahl bei Balloon vor allem mit der verringerten Saatstärke (S1) erheblich ab. Auch S2 und S3 lagen deutlich unterhalb der Ährendichten von Zoom und Element bei vergleichbarer Saatmenge. 2012 verhielt sich die Pflanzenentwicklung ähnlich, während bis zum Ein-Knoten-Stadium alle Genotypen die geringere Saatmenge kompensieren konnten. Die endgültigen Ährenzahlen unterschieden sich jedoch signifikant. Bei Element waren die Unterschiede in Bezug auf die Ährenzahl in Abhängigkeit von der Saatstärke gering, lediglich S1 fiel im Vergleich zu S2 und S3 etwas ab.

In beiden Jahren und auf beiden Standorten zeigte sich, dass die Sorte Balloon ein deutlich geringeres Kompensationspotenzial und höhere Temperatursprüche hat als die Sorten Element und Zoom. Vor allem die Herbstentwicklung war dabei entscheidend, da die früh angelegten Triebe einen Entwicklungsvorsprung hatten. Balloon zeigte eine verhaltene Jugendentwicklung, die Anlage von Nebentrieben war bedeutend geringer als bei Zoom. Daher reagierte Balloon überwiegend mit einer geringeren Ährenzahl und insgesamt einer heterogenen Triebhierarchie zur Ernte. Die Dreifachhybride Element war sehr stabil und vital, niedrige Aussaatstärken wurden auch bei schwierigen Produktionsbedingungen über die Bestockung kompensiert und zu produktiven Ähren geführt. Die Sorte Zoom zeichnete sich durch eine zügige Herbstentwicklung und einem hohem Kompensationsvermögen aus, während die Winterhärte deutlich geringer war als bei den Sorten Balloon und Element.

Restoreranteil

Zu den verschiedenen Probenahmeterminen in Bezug auf die Entwicklung der Bestandesdichte und Triebzahlen je Pflanze in Abhängigkeit des Restoreranteils ergaben sich keine nennenswerten Unterschiede in Köthen und Wolkenburg (Anhang 22 und Anhang 23).

4.1.2 Generative Entwicklung

Die Bestockung der Pflanzen wird durch die Schossneigung der Sorten und Saatstärken beeinflusst. Steigende Saatstärken führen zu einer verringerten Bestockung der Einzelpflanze und zu einer zügigeren Streckung nach Bestockungsende. Die Sorten zeigten hierbei deutliche Unterschiede in Bezug auf die Höhe des Vegetationskegels in den verschiedenen Entwicklungsstadien (Abbildung 9, Anhang 24). Dies erklärt die innerpflanzlichen Konkurrenzwirkungen, induziert durch die Sorten und Saatstärken. Diese haben einen Einfluss auf die Bestockung sowie der weiteren vegetativen und generativen Pflanzenentwicklung während der Streckung (Schossphase).

Es zeigte sich, dass die Sorte Element mit zunehmender Saatstärke deutlich früher in die Schossphase übergeht und somit zu einer frühzeitigen Reduktion der Nebentriebe führte. Dieser Effekt verstärkte sich aufgrund des breiten Blattapparates der F1F-Linie sowie der starken Massebildung. Auch die Sorte Zzoom neigte genetisch bedingt zum frühzeitigen Schossen, aufgrund der geringen Blattmasse wurden jedoch weniger Nebentriebe reduziert. Das Längenwachstum der Sorte Balloon trat etwas später ein als bei den Sorten Element und Zzoom, das breite Blatt sowie die hohen Temperatursprüche der Sorte führten allerdings zu einer verstärkten Reduktion von Nebentrieben während der Schossphase. Dies war auf die innerpflanzliche Konkurrenz zurückzuführen, die schließlich die endgültige Ährenzahl negativ beeinflusste.

Parallel zur vegetativen Entwicklung der Bestockung beginnt die Ährenanlage (Abbildung 10, Anhang 25). Die Periode der Ährchendifferenzierung und die Große Periode legen in den frühen Entwicklungsphasen bis zur Ausbildung der fertigen Ähre maßgeblich die Kornzahl pro Pflanze fest. Die maximale Anzahl angelegter Primordien zu BBCH 31 lag 2012 bei 21 und war damit bedeutend höher als 2011 (13). Bereits zu Vegetationsbeginn 2012 war die Anzahl doppelt so hoch. Die Sorte Element erreichte das Maximum an Spindelstufen, Zzoom und Balloon fielen etwas ab. Die Sorten unterschieden sich hierbei insbesondere zwischen den Haupt- und Nebentrieben deutlich. Balloon reagierte mit einem sehr starken Abfall der angelegten Spindelstufen an den Nebentrieben, die Sorten Element und Zzoom zeigten sich hierbei sehr ausgeglichen.

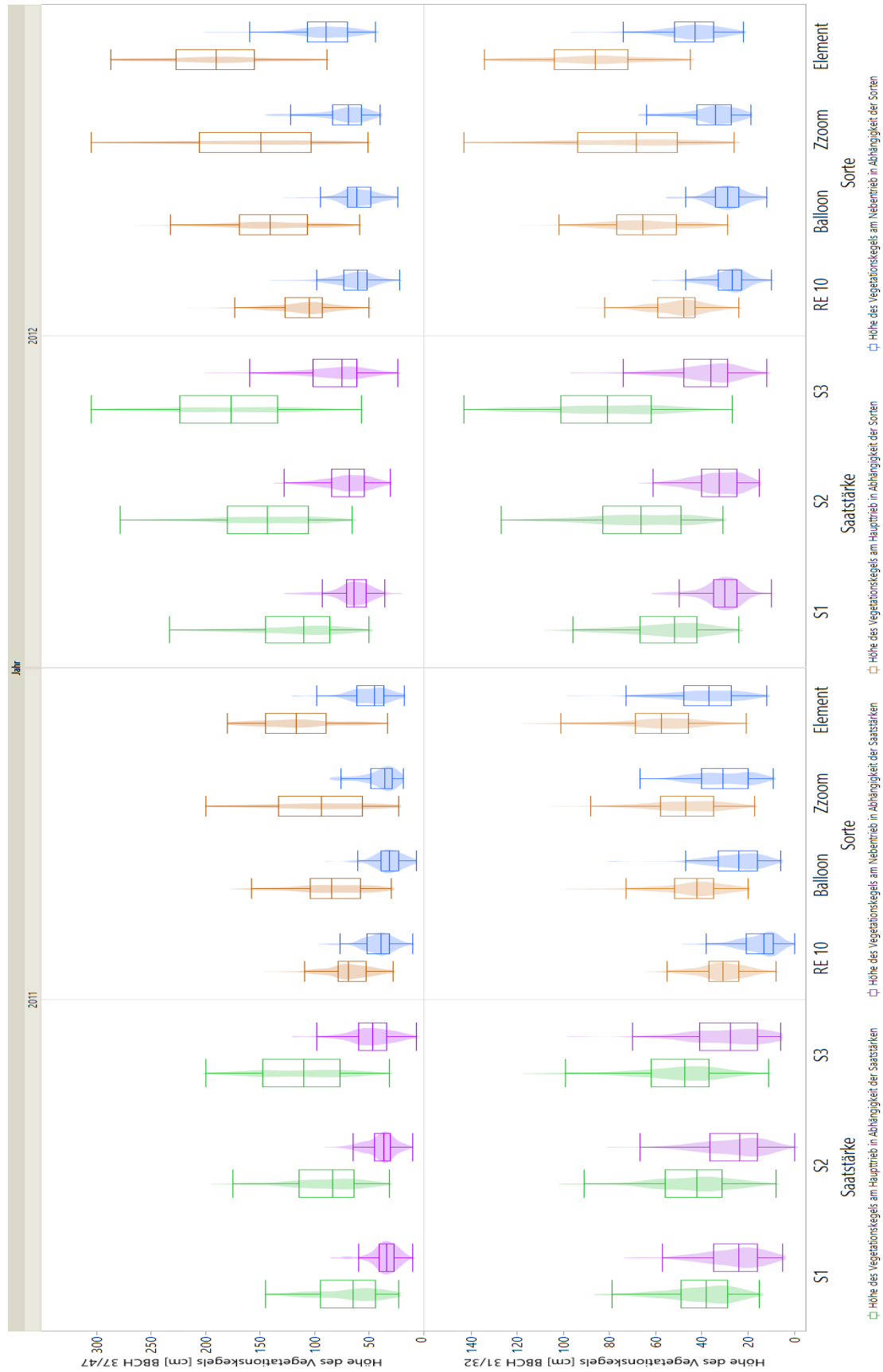


Abbildung 9: Höhe des Vegetationskegels [cm] am Haupt- und Nebetrieb in Abhängigkeit von Sorte [N=120] und Saatzstärke [N=160] zu BBCH 31/32 und BBCH 37/47

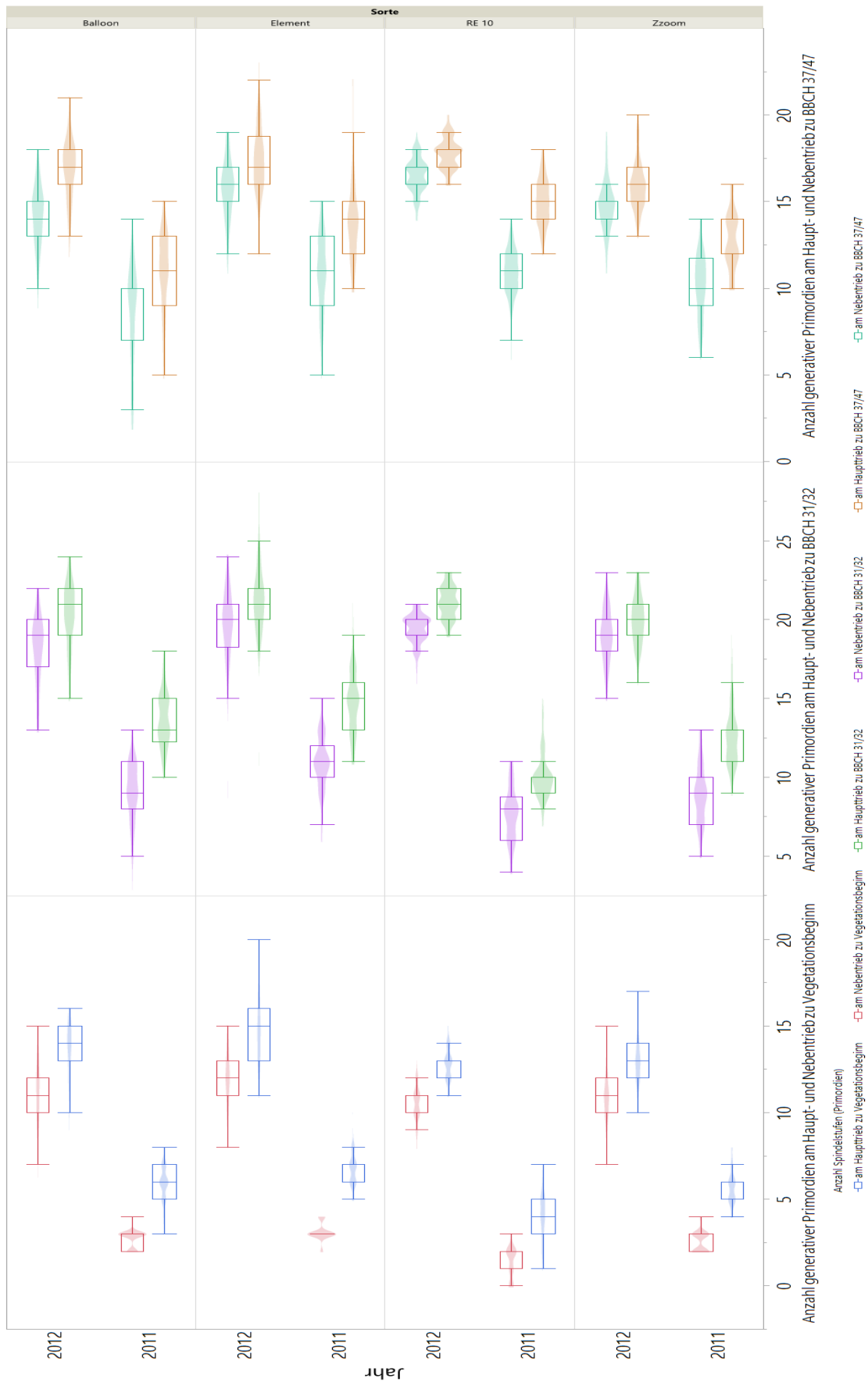


Abbildung 10: Anzahl generativer Primordien am Haupt- und Nebentrieb je Vegetationskegel in Abhängigkeit von Jahr und Sorte zu Vegetationsbeginn, BBCH 31/32 und BBCH 37/47 [N=120]

Tabelle 9 zeigt die Anzahl der Spindelstufen der Mutter- und Vaterlinie in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie von Jahr und Saatstärke. Die Ermittlung der Werte basiert dabei auf Zählungen in reinen Beständen, Mischungseffekte beeinflussen diese Erhebungen nicht. Das Ertragspotential der verschiedenen Linien war zwischen den Jahren sehr unterschiedlich. Die unterschiedlichen Sortenreaktionen waren genetisch bedingt, wurden aber auch durch die Produktionsfaktoren (Saatstärke) beeinflusst. Dies kann, unabhängig vom Auftreten von Mischungseffekten, Einfluss auf die Sortenreinheit in der Mischung haben.

Tabelle 9: Mögliche Kornzahl und Anzahl der Spindelstufen (Primordien) zu BBCH 91 der Mutter- und Vaterlinie in Abhängigkeit von Jahr und Sorte, Jahr und Saatstärke sowie im Mittel der Sorten und Saatstärken

| Faktor | | Mögliche Kornzahl (BBCH 91) | Anzahl Spindelstufen (BBCH 91) | | |
|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------|--------|
| Jahr (J) | Sorte (SO)/ Saatstärke (ST) | gesamt | gesamt | fertil | steril |
| 2011 | RE 10 | 50,4 b | 19,3 c | 16,8 c | 2,5 c |
| | Balloon | 43,2 c | 19,8 c | 14,4 c | 5,4 a |
| | Element | 48,8 b | 20,6 b | 16,3 b | 4,3 b |
| | Zzoom | 55,9 a | 21,0 b | 18,6 a | 2,3 c |
| 2012 | RE 10 | 51,6 b | 21,5 b | 17,2 ab | 4,3 b |
| | Balloon | 47,7 b | 22,7 a | 15,9 b | 6,8 a |
| | Element | 49,2 b | 22,1 a | 16,4 b | 5,7 b |
| | Zzoom | 53,7 a | 21,2 b | 17,9 a | 3,3 d |
| ∅ | RE 10 | 51,0 b | 20,4 b | 17,0 b | 3,4 c |
| | Balloon | 45,3 c | 21,2 a | 15,1 c | 6,1 a |
| | Element | 48,9 b | 21,3 a | 16,3 b | 5,0 b |
| | Zzoom | 54,9 a | 21,1 a | 18,3 a | 2,8 d |
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 52,5 a | 21,5 b | 17,5 a | 4,0 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 48,6 bc | 20,3 c | 16,2 bc | 4,1 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 46,8 c | 19,5 d | 15,6 c | 3,9 b |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 51,9 a | 22,6 a | 17,3 a | 5,3 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 49,7 b | 21,8 ab | 16,6 b | 5,3 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 49,0 bc | 21,5 b | 16,3 bc | 5,2 a |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 52,2 a | 22,1 a | 17,4 a | 4,7 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 49,1 b | 21,1 b | 16,4 b | 4,7 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 47,9 b | 20,5 c | 16,0 b | 4,5 a |
| ∅ | ∅ | 49,7 | 21,2 | 16,6 | 4,6 |
| GD Tukey (J x SO, J x ST) | | 2,25 | 0,76 | 0,75 | 0,31 |

2011 ergab sich eine deutlich geringere Anzahl an Spindelstufen und somit möglicher fertiler Kornanlagen. Dies war auf die geringere vegetative und generative Entwicklung zurückzuführen. Die Sorten wiesen in beiden Jahren die gleiche Anzahl an Spindelstufen bzw. Kornanlagen auf. Im Schnitt der Jahre betrug die Gesamtspindelstufenanzahl 21. Die Anzahl steriler und fertiler Spindelstufen der Sorten waren dabei sehr unterschiedlich. Die beiden Einzelährentypen Element und Balloon neigten dazu, die untersten Spindelstufen stärker zu reduzieren. Die Anzahl

der sterilen Spindelstufen der Sorte Zzoom war in beiden Jahren signifikant geringer als bei den anderen beiden Sorten. Die maximal mögliche Kornzahl der Sorte Zzoom betrug im Mittel der Jahre und Standorte 55 und unterschied sich somit signifikant von den beiden Einzelährentypen. Im Vergleich der beiden Einzelährentypen zeigte sich, dass die Dreifachhybride Element an der Basis weniger reduzierte als die Einfachhybride Balloon. Zwischen den Sorten ergaben sich damit Unterschiede in Bezug auf die mögliche Kornanzahl je Ähre von ca. 10 %. Insbesondere die Sorte Balloon reagierte 2011 mit einer geringen Anzahl fertiler Spindelstufen und limitierte damit die mögliche Kornzahl je Ähre. Die maximal möglichen Kornanlagen waren 13 % geringer als bei der Sorte Element sowie 21 % unter dem Potential der Sorte Zzoom.

2012 reagierten alle Sorten mit einer stärkeren Basissterilität, während die sorten- und saatstärkenspezifischen Effekte im Vergleich zu 2011 ähnlich waren. Wie auch 2011 beeinflussten die Saatstärken die mögliche Kornanzahl und das Ertragspotential der Sorten. Geringere Saatstärken führten zu einer potenziell höheren Kornanzahl und einer höheren Anzahl an fertilen Spindelstufen. Entsprechend ihrer vegetativen und generativen Entwicklung sowie dem sortentypischen Ertragsaufbau zeigten die Sorten damit ein unterschiedliches Kompensationspotential.

Die Vaterlinie RE 10 ist Mischungspartner bei den jeweiligen Sortenkombinationen. Sie ist genetisch bedingt sowohl in Bezug auf die vegetative als auch der generativen Entwicklung zurück im Vergleich zu den Mutterlinien. Die im Allgemeinen spätere phänologische Entwicklung der Vaterlinie förderte die Blühsynchronisation innerhalb der technischen Mischung bei der Saatgutproduktion. Die Vaterlinie RE 10 zeichnete sich durch eine verhaltene Entwicklung im Herbst aus, die Frühjahrsentwicklung dagegen war vegetativ und generativ sehr zügig. Im Vergleich zu den Mutterlinien konnte der deutliche Rückstand auf die Pflanzenentwicklung zu Vegetationsbeginn im Frühjahr über die erhöhte Bestockung und Ährchendifferenzierung kompensiert werden. Die intraspezifische Konkurrenz der Vaterlinie (RE 10) war aufgrund der erektophilen Blattstellung geringer, was eine homogene Ährenausbildung ermöglichte. Das Ertragspotential der Vaterlinie war gekennzeichnet durch einen höheren Anteil fertiler Spindelstufen und einer geringeren Basissterilität sowie einer mittleren Bestandesdichte und hohen Tausendkornmasse.

Inwieweit die Vaterlinie in der technischen Mischung auf diese Konkurrenzbeziehungen als Folge der genetisch bedingten, verzögerten vegetativen und generativen Pflanzenentwicklung reagiert, wird bei der Beurteilung der Mischungseffekte sowie bei den Ertragskomponenten der Mutter- und Vaterlinie geklärt.

4.2 Erträge und Ertragskomponenten

Die Erträge und Ertragskomponenten der technischen Mischungen werden von den ertragsbildenden Prozessen in den Versuchsjahren sowie den Standortunterschieden gekennzeichnet. Diese Unterschiede stehen in einem sehr engen Zusammenhang mit der unterschiedlichen vegetativen und generativen Pflanzenentwicklung. Die Anlage von Trieben und Nebentrieben sowie die Blütenbildung werden hierbei wesentlich durch die Sorten und Saatstärken sowie deren Wechselwirkungen mit den Umweltfaktoren beeinflusst. Demensprechend ergeben sich Wechselwirkungen.

Die Standorte unterscheiden sich durch unterschiedliche Höhenlagen, Bodenarten und Bonität der Böden sowie der Vegetationszeit und der Witterung. Die Regionen weisen eine sehr unterschiedliche Temperaturentwicklung im Herbst auf. In der höheren Lage von Wolkenburg sind die Temperaturen zur Saat noch recht hoch, im Vergleich zu Köthen können sie aber im Oktober sehr schnell abfallen und die Vegetation im Frühjahr setzt typischerweise etwas später ein. Die Bestandesentwicklung in Köthen profitiert von dem milderen Einfluss unter Kurztagsbedingungen, sodass die Triebe und Nebentriebe mehr Zeit für eine stabile vegetative und generative Entwicklung haben. In beiden Versuchsjahren wurden in Köthen höhere Triebdichten bis zum Bestockungsende erreicht, was zu höheren Ährendichten führte. Aufgrund der Höhenlage in Wolkenburg werden in der Regel die Kornfüllung gefördert und geringere Bestandes- oder Korndichten über die Tausendkornmasse ausgeglichen. Insgesamt ergeben sich dadurch unterschiedliche Wirkungen in Bezug auf die Erträge und Ertragskomponenten in der technischen Mischung. Dies verursacht standortspezifische Mischungseffekte.

Die Erträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung werden zuerst im Versuchsmittel und in Abhängigkeit von Jahr und Standort dargestellt. Anschließend werden die Ergebnisse für die Hauptversuchsfaktoren (Restorer, Sorte und Saatstärke) und deren Wechselwirkungen abgehandelt.

4.2.1 Erträge und Ertragskomponenten in Abhängigkeit von Jahr und Standort

Standortbedingt traten in beiden Jahren unterschiedliche Effekte zwischen Restorer (RE), Sorte (SO) und Saatstärke (ST) und deren Wechselwirkungen auf (Tabelle 10 und Tabelle 11).

Tabelle 10: F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten [$Pr > F$] der Kornerträge am Standort Köthen im Jahr 2011 und 2012

| Jahr | Faktor | F-Wert | Pr > F | Signifikanz |
|------|----------|--------|--------|-------------|
| 2011 | RE | 14,9 | 0,0047 | ** |
| | SO | 53,0 | 0,0000 | *** |
| | RE*SO | 0,1 | 0,9634 | n.s. |
| | ST | 70,8 | 0,0000 | *** |
| | RE*ST | 0,3 | 0,8612 | n.s. |
| | SO*ST | 7,2 | 0,0001 | *** |
| | RE*SO*ST | 0,3 | 0,9640 | n.s. |
| | WDH | 0,5 | 0,7095 | n.s. |
| 2012 | RE | 45,7 | 0,0002 | *** |
| | SO | 162,5 | 0,0000 | *** |
| | RE*SO | 1,1 | 0,3777 | n.s. |
| | ST | 38,0 | 0,0000 | *** |
| | RE*ST | 4,5 | 0,0034 | ** |
| | SO*ST | 5,3 | 0,0012 | ** |
| | RE*SO*ST | 2,3 | 0,0330 | * |
| | WDH | 2,6 | 0,1483 | n.s. |

Tabelle 11: F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten [$Pr > F$] der Kornerträge am Standort Wolkenburg im Jahr 2011 und 2012

| Jahr | Faktor | F-Wert | Pr > F | Signifikanz |
|------|----------|--------|--------|-------------|
| 2011 | RE | 17,6 | 0,0000 | *** |
| | SO | 0,3 | 0,8467 | n.s. |
| | RE*SO | 3,7 | 0,0094 | ** |
| | ST | 0,9 | 0,4908 | n.s. |
| | RE*ST | 3,8 | 0,0757 | n.s. |
| | SO*ST | 73,8 | 0,0001 | *** |
| | RE*SO*ST | 60,3 | 0,0000 | *** |
| | WDH | 5,2 | 0,0057 | ** |
| 2012 | RE | 2,6 | 0,0811 | n.s. |
| | SO | 1,2 | 0,3280 | n.s. |
| | RE*SO | 4,9 | 0,0020 | ** |
| | ST | 2,4 | 0,0251 | * |
| | RE*ST | 12,9 | 0,0051 | ** |
| | SO*ST | 17,6 | 0,0000 | *** |
| | RE*SO*ST | 0,3 | 0,8467 | n.s. |
| | WDH | 3,7 | 0,0094 | ** |

Die Erträge in beiden Untersuchungsjahren waren auf einem sehr unterschiedlichen Niveau und auf die unterschiedlichen Bedingungen bei der Ertragsbildung zurückzuführen (Tabelle 12). 2011 wurden 38 dt/ha geerntet. Die Korndichte lag bei ca. 7.700 Körner/m², die Ährenzahl bei 536 Ähren/m² und die Tausendkornmasse (TKM) bei 49,6 g. 2012 war der durchschnittliche Ertrag mit 82 dt/ha sehr hoch. Er beruhte auf einer sehr hohen Korndichte (19.572 Körner/m²) und hohen Ährenzahl (575 Ähren/m²). Die TKM war mit 43 g erheblich geringer als 2011 und reagierte negativ auf höhere Korndichten.

Diese Konstellation der Erträge und Ertragskomponenten führte ebenso zu unterschiedlichen Einzelpflanzenenerträgen (Tabelle 13). Die Einzelpflanzenanalyse gibt Auskunft über den Ertragsaufbau der Einzelähren. Hierdurch lassen sich Rückschlüsse auf die Wirkung der Versuchsfaktoren ziehen. 2011 waren die Einzelpflanzenenerträge um ca. 50 % geringer als 2012. Dies äußerte sich u.a. in einer geringeren Kornzahl je Ähre.

Tabelle 12: *Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Standort sowie im Versuchsmittel und im Mittel der Jahre und Standorte, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]*

| Jahr | Standort | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|----------|------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 2011 | Köthen | 40,7 b | 8.166 c | 474 c | 50,8 a |
| | Wolkenburg | 35,2 c | 7.258 d | 432 d | 48,4 b |
| 2012 | Köthen | 82,7 a | 22.413 a | 619 a | 36,9 c |
| | Wolkenburg | 82,0 a | 16.730 b | 531 b | 49,1 b |
| 2011 | ∅ | 38,0 b | 7.712 b | 453 b | 49,6 a |
| 2012 | | 82,3 a | 19.572 a | 575 a | 43,0 b |
| ∅ | Köthen | 61,7 a | 15.289 a | 547 a | 43,8 b |
| | Wolkenburg | 58,6 b | 11.994 b | 482 b | 48,7 a |
| ∅ | ∅ | 60,1 | 13.642 | 514 | 46,3 |
| GD Tukey | | 1,4 | 406 | 7 | 0,7 |

Tabelle 13: *Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Standort sowie im Versuchsmittel und im Mittel der Jahre und Standorte, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)*

| Jahr | Ort | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|----------|------------|---------|---------|--------|-------|
| 2011 | Köthen | 2,26 c | 0,86 c | 17,2 c | 45 c |
| | Wolkenburg | 2,22 c | 0,81 d | 16,7 c | 46 c |
| 2012 | Köthen | 4,36 b | 1,35 b | 36,5 a | 118 a |
| | Wolkenburg | 4,56 a | 1,56 a | 31,9 b | 93 b |
| 2011 | ∅ | 2,24 b | 0,83 b | 17,0 b | 46 b |
| 2012 | | 4,46 a | 1,45 a | 34,2 a | 105 a |
| ∅ | Köthen | 3,31 a | 1,10 b | 26,8 a | 82 a |
| | Wolkenburg | 3,39 a | 1,19 a | 24,3 b | 69 b |
| ∅ | ∅ | 3,35 | 1,14 | 25,6 | 75 |
| GD Tukey | | 0,17 | 0,03 | 0,8 | 4 |

2011 wurden 17 Körner/Ähre ermittelt, 2012 war diese mit 34 Körner/Ähre bedeutend höher. Die Unterschiede zwischen beiden Jahren waren auf eine geringere Vorwinterentwicklung der Einzelpflanzen sowie einer geringeren Bestockung bis zum Entwicklungsstadium BBCH 31 im Frühjahr 2011 zurückzuführen. Entsprechend wurden 2011 nur 46 Körner/Pflanze ausgebildet, während 2012 105 Körner/Pflanze erreicht wurden. Trotz der geringeren TKM war der Einzelährenenertrag 2012 mit 1,5 g höher als 2011 (0,8 g). Der höchste Ertrag wurde mit 41 dt/ha am Standort Köthen erreicht. Die Korndichte lag in Köthen bei ca. 8.200 Körner/m², die Ährenzahl bei 474 Ähren/m² und die TKM bei 50,8 g. In Wolkenburg 2011 war der Ertrag mit 35 dt/ha geringer, was auf eine geringere Korndichte, Ährenzahl und einer geringeren TKM zurückzuführen war. Aufgrund des niedrigen Ertragsniveaus 2011 und sehr ähnlichen Bedingungen zur Ertragsbildung zwischen den Standorten, traten keine nennenswerten Ertragsunterschiede der Einzelähren und Einzelpflanzen in Köthen und Wolkenburg auf. Es wurde auf beiden Standorten ein Einzelpflanzenenertrag von 2,2 g und ein Einzelährenenertrag von 0,8 g ermittelt.

2012 lagen keine relevanten Ertragsunterschiede zwischen den Standorten vor. Die Erträge zeigten aber eine unterschiedliche Ausprägung der Ertragskomponenten. Diese wurden von der Witterung und den standortbedingten Produktionsbedingungen beeinflusst. In Köthen wurde eine sehr hohe Korndichte von ca. 22.400 Körner/m² bei 619 Ähren/m² erzielt. Die hohe Korndichte und witterungsbedingt zügige Abreife führte zu einer überproportionalen Abnahme der Tausendkornmasse (36,9 g). Aufgrund der besseren Bestockung in Köthen wurden höhere Kornzahlen pro Pflanze ermittelt als in Wolkenburg. Auch die Kornzahl je Ähre war in Köthen deutlich höher. Die Korndichte war in Wolkenburg 2012 um 33 % und die Ährenzahl um 16 % geringer als in Köthen, während eine höhere TKM die Ertragsleistung ausgleichen konnte. Dieser Effekt beruhte auf die Kompensationsleistung der Einzelpflanzen, wenn diese eine sehr gute vegetative Entwicklung bis zum Bestockungsende hatten. Somit konnten 2012 in Köthen und in Wolkenburg mit ca. 82 dt/ha identische Erträge geerntet werden.

4.2.2 Erträge und Ertragskomponenten in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke

In Anlehnung an die Varianzanalyse werden die wesentlichen Haupteffekte (RE, SO, ST) in Abhängigkeit von den Jahreseffekten in Bezug auf die Erträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung analysiert. In beiden Jahren war der Einfluss der Saatstärke sowohl in Köthen als auch in Wolkenburg geringer als die Sorte und der Restoreranteil, während die Saatstärken 2011 und 2012 den Ertrag sehr unterschiedlich beeinflussten. In beiden Jahren beeinflusste der Restoreranteil in der technischen Mischung auf beiden Standorten die Erträge sehr stark. Ebenso reagierten die Sorten witterungsbedingt sehr deutlich auf die Ertragsbildung in den einzelnen Versuchsjahren.

Restoreranteil

Tabelle 14 stellt die Erträge und Ertragskomponenten in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil im Mittel der Standorte dar. Die Erhöhung des Anteils an Vaterlinie ging in beiden Versuchsjahren mit einem deutlichen Ertragsanstieg einher, während die Standortunterschiede gering waren.

Tabelle 14: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]

| Jahr | Restoreranteil | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|----------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 2011 | 6 RE | 30,9 f | 6.203 f | 455 c | 49,8 a |
| | 8 RE | 38,2 e | 7.598 e | 465 b | 50,2 a |
| | 10 RE | 44,8 d | 9.335 d | 439 d | 48,8 b |
| 2012 | 6 RE | 73,3 c | 17.578 c | 576 a | 42,9 c |
| | 8 RE | 84,6 b | 20.144 b | 578 a | 42,8 c |
| | 10 RE | 89,0 a | 20.994 a | 572 a | 43,2 c |
| ∅ | 6 RE | 52,1 c | 11.890 c | 515 b | 46,4 a |
| | 8 RE | 61,4 b | 13.871 b | 522 a | 46,5 a |
| | 10 RE | 66,9 a | 15.164 a | 506 c | 46,0 a |
| ∅ | ∅ | 60,1 | 13.642 | 514 | 46,3 |
| GD Tukey | | 1,9 | 556 | 10 | 1,0 |

Höhere Erträge waren auf höhere Korndichten zurückzuführen. Im Versuchsmittel wurde der höchste Ertrag bei der zehnpromzentigen Mischung (10 RE) mit 67 dt/ha erreicht. Der Ertrag verringerte sich bei der achtprozentigen Mischung (8 RE) mit 61 dt/ha um 9 %. Ein weiterer Abfall des Ertrages um 17 % trat bei 6 % Vaterlinie (6 RE) ein. Dieser Ertragsabfall war sehr deutlich. Entsprechend verhielten sich die Korndichten mit ca. 15.000 Körner/m² (10 RE), 14.000 Körner/m² (8 RE) und 12.000 Körner/m² bei einem reduzierten Anteil Vaterlinie (6 RE).

2011 lag der Ertrag bei 31 dt/ha (6 RE), 38 dt/ha (8 RE) und 45 dt/ha (10 RE) und die Korndichte war mit ca. 6.000 bis 9.000 Körner/m² auf einem sehr geringen Niveau. Auch 2012 korrespondierten die Erträge mit der Korndichte. Bei der zehnpromzentigen Mischung lag der Ertrag 2012 bei 89 dt/ha und fiel auf 85 dt/ha (8 RE) geringfügig ab. Die Korndichten bewegten sich dabei im Bereich von ca. 20.000 bis 21.000 Körner/m². Ein sehr deutlicher Ertragsrückgang wurde mit 73 dt/ha und einer Korndichte von ca. 17.500 Körner/m² bei der sechsprozentigen Mischung ermittelt.

Die Ertragseffekte beeinflussten in beiden Jahren die Einzelpflanzenenerträge. Höhere Erträge und Korndichten resultierten in höhere Einzelpflanzenenerträge, wenn der Restoreranteil in der technischen Mischung erhöht wurde (Tabelle 15). Der Einzelpflanzenenertrag (EPE), der Einzelährenertrag (EAE), die Kornzahl je Ähre (KZAE) und die Kornzahl je Pflanze (KZP) stieg deshalb mit einer Zunahme des Restoreranteils an.

Tabelle 15: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)

| Jahr | Restoreranteil | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|----------|----------------|---------|---------|--------|-------|
| 2011 | 6 RE | 1,75 e | 0,67 f | 13,4 f | 35 e |
| | 8 RE | 2,30 d | 0,82 e | 16,3 e | 46 d |
| | 10 RE | 2,66 c | 1,02 d | 21,2 d | 55 c |
| 2012 | 6 RE | 3,98 b | 1,29 c | 30,6 c | 95 b |
| | 8 RE | 4,63 a | 1,49 b | 35,1 b | 110 a |
| | 10 RE | 4,76 a | 1,58 a | 36,9 a | 111 a |
| ∅ | 6 RE | 2,87 c | 0,98 c | 22,0 c | 65 c |
| | 8 RE | 3,47 b | 1,15 b | 25,7 b | 78 b |
| | 10 RE | 3,71 a | 1,30 a | 29,0 a | 83 a |
| ∅ | ∅ | 3,35 | 1,14 | 25,6 | 75 |
| GD Tukey | | 0,24 | 0,04 | 1,0 | 6 |

In beiden Jahren korrespondierten die Einzelpflanzenenerträge mit der Kornzahl je Pflanze und die Einzelährenerträge mit der Kornzahl je Ähre. Die TKM reagierte kaum und war in beiden Versuchsjahren sehr stabil, sodass steigende Einzelährenerträge und Einzelpflanzenenerträge auf höhere Kornzahlen je Ähre zurückzuführen waren. 2011 stiegen die Kornzahlen von 13 Körner/Ähre (6 RE) auf 16 Körner/Ähre (8 RE) bzw. 21 Körner/Ähre (10 RE) an und führten somit zu Einzelährenerträgen von 0,7 bis 1,0 g. Entsprechend lag die Multiplikationsrate zwischen 35 und 55 Körner/Pflanze und führte zu einem Einzelpflanzenenertrag von 1,8 bis maximal 2,7 g. Im Gegensatz dazu führte 2012 ein deutlicher Anstieg der Kornzahl je Ähre bei einer Erhöhung des Vaterlinienanteils von 6 auf 8 % zu einem höheren Ertrag der Einzelpflanzen. Die höchsten Kornzahlen wurden bei den höheren Mischungsanteilen mit 37 Körner/Ähre (10 RE) und 35 Körner/Ähre (8 RE) erzielt und fielen bei 6 % Restoreranteil mit 31 Körnern/Ähre sehr deutlich ab. Die Vermehrungsrate war dadurch mit 95 Körner/Pflanze deutlich geringer als bei einem Mischungsanteil von 8 und 10 % in der technischen Mischung (111 Körner/Pflanze). Dies führte dann auch zu einem geringeren Einzelpflanzenenertrag von 4,0 g bei 6 % Vaterlinie, während ca. 4,7 g bei den beiden höheren Mischungsanteilen (8 RE und 10 RE) ermittelt wurden.

Im Versuchsmittel ergaben sich nur sehr geringe Unterschiede in Bezug auf die Ährenzahlen zwischen den verschiedenen Mischungsverhältnissen. Diese waren auf die Versuchsanlage zurückzuführen und unterstützen das entsprechende Design und die Versuchsauswertung. Hierbei wurde bewusst auf echte Wiederholungen für den Restorer verzichtet, um eine gegenseitige Beeinflussung bzw. Nachbarschaftseffekte in den Parzellen durch die Befruchtung der Pollen der Vaterlinie zu vermeiden. Die Ährendichte in Köthen und Wolkenburg blieb dabei unbeeinflusst. Die standortspezifischen Daten für Köthen und Wolkenburg sind hierfür im (Anhang 26 bis Anhang 29) zusammengefasst.

Sorte

Tabelle 16 und Tabelle 17 geben einen Überblick über die Erträge, Ertragskomponenten und die Erträge der Einzelähren bzw. Einzelpflanzen in Abhängigkeit von Jahr und Sorte. Die Parzellen-erträge und Ertragskomponenten der Sorten reagierten sehr unterschiedlich in den Versuchsjahren und es traten Wechselwirkungen auf.

Tabelle 16: *Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]*

| Jahr | Sorte | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|----------|---------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 2011 | Balloon | 32,1 e | 6.443 e | 425 f | 49,7 a |
| | Element | 33,2 e | 6.895 e | 457 e | 49,4 a |
| | Zzoom | 48,6 d | 9.797 d | 478 d | 49,7 a |
| 2012 | Balloon | 85,8 b | 19.877 b | 563 b | 44,2 b |
| | Element | 88,1 a | 20.678 a | 614 a | 43,5 b |
| | Zzoom | 73,0 c | 18.161 c | 548 c | 41,2 c |
| ∅ | Balloon | 59,0 b | 13.160 b | 494 c | 47,0 a |
| | Element | 60,7 a | 13.786 a | 535 a | 46,4 a |
| | Zzoom | 60,8 a | 13.979 a | 513 b | 45,4 b |
| ∅ | ∅ | 60,1 | 13.642 | 514 | 46,3 |
| GD Tukey | | 1,9 | 556 | 10 | 1,0 |

Tabelle 17: *Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)*

| Jahr | Sorte | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|----------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 2011 | Balloon | 1,89 e | 0,75 e | 15,2 d | 38 e |
| | Element | 1,93 e | 0,73 e | 15,2 d | 40 e |
| | Zzoom | 2,90 d | 1,02 d | 20,6 c | 58 d |
| 2012 | Balloon | 4,66 b | 1,54 a | 35,2 a | 107 b |
| | Element | 4,99 a | 1,45 b | 33,8 b | 116 a |
| | Zzoom | 3,72 c | 1,38 c | 33,5 b | 93 c |
| ∅ | Balloon | 3,27 b | 1,14 b | 25,2 b | 73 b |
| | Element | 3,46 a | 1,09 c | 24,5 c | 78 a |
| | Zzoom | 3,31 b | 1,20 a | 27,1 a | 76 ab |
| ∅ | ∅ | 3,35 | 1,14 | 25,6 | 75 |
| GD Tukey | | 0,24 | 0,04 | 1,0 | 6 |

2011 wurde mit 49 dt/ha der höchste Ertrag bei der Sorte Zzoom erreicht, bei den Sorten Element und Balloon fiel dieser um 48 bis 53 % ab. Dieser Mehrertrag der Sorte Zzoom beruhte auf einer höheren Korndichte und höheren Einzelpflanzenenerträgen. Die Korndichte von Zzoom war 2011 mit ca. 10.000 Körner/m² am höchsten und fiel bei den Sorten Element und Balloon mit ca. 6.500 bis 7.000 Körner/m² sehr deutlich ab. Der Einzelpflanzenenertrag der Sorte Zzoom lag bei

2,9 g, während Element und Balloon mit jeweils 1,9 g geringere Werte erreichten. Die unterschiedlichen Einzelpflanzenenerträge waren sowohl auf eine bessere Bestockung und Ährendichte als auch eine höhere Kornzahl je Ähre zurückzuführen. Entsprechend erreichte Zzoom mit 478 Ähren/m² und 21 Körner/Ähre eine höhere Ährendichte und Kornzahl als die beiden anderen Sorten. Aufgrund der geringen Kompensationsfähigkeit über die Bestockung wurde bei der Sorte Balloon mit 425 Ähren/m² die geringste Ährendichte ermittelt, die Ährenzahl der Sorte Element lag bei 457 Ähren/m². Beide Sorten konnten 15 Körner/Ähre ausbilden. Die TKM unterschied sich nicht und war mit 49 bis 50 g auf einem gleich hohem Niveau.

2012 reagierten die Sorten sehr unterschiedlich bei der Ertragsbildung, sodass auch die Erträge und Ertragskomponenten entsprechend beeinflusst wurden. So erzielten, im Gegensatz zu 2011, Balloon (86 dt/ha) und Element (88 dt/ha) höhere Erträge als Zzoom (73 dt/ha). Der Ertragsunterschied korrespondierte mit der Korndichte je Flächeneinheit, der TKM und den Einzelpflanzenenerträgen. Die Korndichte der Sorten Balloon und Element lag bei ca. 20.000 bis 21.000 Körner/m² und fiel dagegen bei der Sorte Zzoom mit ca. 18.000 Körner/m² deutlich ab. Die Ährenzahl der Sorte Element war mit 614 Ähren/m² am höchsten, Balloon bildete 563 Ähren/m² aus und Zzoom hatte mit 548 Ähren/m² die geringste Ährendichte.

Die Unterschiede zwischen der Kornzahl je Ähre (33 bis 35 Körner/Ähre) waren gering. Entsprechend führten die höheren Einzelpflanzenenerträge der Sorten Element (5,0 g) und Balloon (4,7 g) zu höheren Erträgen als bei Zzoom (3,7 g). Diese höheren Einzelpflanzenenerträge beruhten vor allem auf einer besseren Bestockung und Triebhaltung. Dies äußerte sich auch in einer höheren Kornzahl pro Pflanze bei Element und Balloon im Vergleich zu Zzoom. Die Multiplikationsrate war bei Element mit 116 Körner/Pflanze am höchsten, Balloon fiel mit 107 Körner/Pflanze geringfügig ab und deutlich geringer war die Vermehrungsrate mit 93 Körner/Pflanze bei Zzoom. Element kompensierte hierbei niedrigere Kornzahlen über eine bessere Bestockung, die Sorte Balloon glich eine geringere Bestandesdichte mit einer höheren Kornzahl je Ähre und höheren TKM aus. Im Gegensatz zu den geringeren Unterschieden der Kornzahlen zwischen den Sorten wurde der Einzelährenertrag wesentlich durch die unterschiedliche TKM der Sorte beeinflusst. Den höchsten Einzelährenertrag wies Balloon mit 1,54 g und einer TKM von 44,2 g auf. Der Einzelährenertrag der Sorte Element fiel aufgrund der geringeren TKM von 43,5 g auf 1,45 g ab. Die TKM der Sorte Zzoom war mit 41,2 g deutlich geringer als bei Element und Balloon und erzielte damit auch einen geringeren Einzelährenertrag (1,38 g).

In der Regel zeigten die Sorten sowohl in Köthen als auch in Wolkenburg in beiden Jahren eine ähnliche Ausprägung der Erträge und Ertragskomponenten (Anhang 30 bis Anhang 33).

Saatstärke

Die Saatstärken beeinflussten die Erträge und Ertragskomponenten auf beiden Standorten in beiden Versuchsjahren sehr unterschiedlich. Während 2011 höhere Saatstärken zu höheren Erträgen führten, konnten 2012 höhere Erträge bei geringeren Saatstärken ermittelt werden.

Höhere Aussaatmengen führten allgemein zu höheren Ährendichten. Entsprechend unterschieden sich die Ertragskomponenten der Einzelpflanzen in der technischen Mischung sehr deutlich. Der Einzelpflanzenenertrag, der Einzelährenertrag, die Kornzahl je Ähre und die Kornzahl je Pflanze stiegen in der Regel mit einer Reduktion der Saatstärke an. Dieser Effekt beruhte auf eine Verringerung der Konkurrenz bei geringeren Bestandsdichten und dem Kompensationsvermögen der Pflanzen (Tabelle 18 und Tabelle 19).

Tabelle 18: *Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]*

| Jahr | Saatstärke | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|----------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 35,0 e | 7.054 e | 410 f | 50,0 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 38,1 d | 7.723 d | 459 e | 49,6 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 40,8 c | 8.358 c | 491 d | 49,2 a |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 83,5 a | 19.686 ab | 539 c | 43,3 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 83,3 a | 19.894 a | 578 b | 42,7 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 80,2 b | 19.136 b | 608 a | 42,9 b |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 59,3 b | 13.370 b | 475 c | 46,6 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 60,7 a | 13.808 a | 518 b | 46,2 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 60,5 a | 13.747 a | 549 a | 46,0 b |
| ∅ | ∅ | 60,1 | 13.642 | 514 | 46,3 |
| GD Tukey | | 1,9 | 556 | 10 | 1,0 |

Tabelle 19: *Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)*

| Jahr | Saatstärke | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|----------|----------------------------|---------|---------|---------|-------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 2,61 a | 0,85 a | 17,2 a | 53 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 2,20 b | 0,83 b | 16,8 b | 45 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 1,91 c | 0,82 b | 16,9 ab | 39 C |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 5,66 a | 1,57 a | 36,7 a | 133 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 4,26 b | 1,46 b | 34,4 b | 101 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 3,44 c | 1,34 c | 31,5 c | 82 c |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 4,14 a | 1,21 a | 26,9 a | 93 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 3,23 b | 1,14 b | 25,6 b | 73 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 2,68 c | 1,08 c | 24,2 c | 60 c |
| ∅ | ∅ | 3,35 | 1,14 | 25,6 | 75 |
| GD Tukey | | 0,24 | 0,04 | 1,0 | 6 |

Das sehr niedrige Ertragsniveau 2011 zeigte, dass die Ertragsleistung wesentlich durch die Aussaatstärke beeinflusst wurde. Die Erträge stiegen mit zunehmender Aussaatstärke an. Das Ertragsmaximum wurde bei der höheren Aussaatmenge S3 mit 230 Körnern/m² (41 dt/ha) erreicht. Dieser Ertrag fiel bei einer Reduzierung der Aussaatstärke auf 180 Körner/m² (S2) um 3 dt/ha signifikant ab. Die geringsten Erträge wurden dann mit 35 dt/ha bei einer Aussaatmenge von 130 Körnern/m² erzielt. Steigende Aussaatmengen führten zu höheren Ährendichten und die Erträge korrespondierten mit der Korndichte. Es wurden 428 Ähren/m² bei S1, 477 Ähren/m² bei S2 und 519 Ähren/m² bei S3 ermittelt. Die Korndichte stieg hierbei ebenfalls mit der Saatstärke an, sodass ca. 7.000 Körner/m² (S1), 7.700 Körner/m² (S2) und maximal 8.400 Körner/m² (S3) erreicht wurden. Die Kornzahl je Ähre reagierte 2011 nur sehr verhalten auf die unterschiedlichen Saatstärken, sodass höhere Erträge auf höhere Ährenzahlen zurückzuführen waren. Die TKM fiel tendenziell mit der Zunahme der Aussaatstärke ab. Dies steht in enger Beziehung mit dem Anstieg der Korndichte. Die Pflanzen bestockten stärker bei geringeren Saatstärken und dies führte zu steigenden Einzelpflanzenerträgen.

2012 stellte sich ein gegensätzliches Bild dar. Die Parzellenerträge und Korndichten nahmen in der Tendenz mit der Erhöhung der Aussaatstärke ab. Es wurden Erträge von 84 dt/ha bei S1 und 83 dt/ha bei S2 erreicht. Der Ertrag bei der höheren Saatstärke S3 fiel mit 80 dt/ha deutlicher ab. Ebenso lag die Korndichte bei S3 (ca. 19.000 Körner/m²) unter den beiden geringeren Aussaatmengen S1 und S2 (bis ca. 20.000 Körner/m²). Die Ährenzahlen stiegen mit zunehmender Aussaatmenge signifikant an. So bildeten sich bei S1 539 Ähren/m², bei S2 578 Ähren/m² und bei S3 das Maximum von 608 Ähren/m² aus. Dagegen wurden 2012 deutliche Unterschiede bei allen Ertragsmerkmalen der Einzelpflanzen ermittelt. Die Kornzahl lag mit 37 Körnern/Ähre bei S1 am höchsten und fiel bei S2 (34 Körner/Ähre) sowie S3 (32 Körner/Ähre) signifikant ab. Dies führte zu einem höheren Einzelährenertrag bei S1 (1,6 g) im Vergleich zu S2 (1,5 g) und S3 (1,3 g). Aufgrund der höheren Kornzahl je Ähre in Kombination mit einer stärkeren Bestockung erreichte der Einzelpflanzenertrag mit 5,7 g bei S1 das Maximum, die Saatstärken S2 (4,3 g) und S3 (3,4 g) lagen deutlich darunter. Dies äußerte sich auch in einer höheren Vermehrungsrate bezogen auf die Einzelpflanze bei S1 mit 133 Körner/Pflanze als bei S2 (-32 %) und S3 (-62 %).

Die Erträge, Ertragskomponenten und Einzelpflanzenerträge zeigten ähnliche Effekte in den beiden Versuchsjahren und auf beiden Standorten (Anhang 34 bis Anhang 37).

4.2.3 Erträge und Ertragskomponenten in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke und deren Wechselwirkungen

Die Varianzanalyse gibt Aufschluss über die Wirkung der einzelnen Produktionsfaktoren. Tabelle 20 stellt hierfür die F-Werte und die Übertretungswahrscheinlichkeiten ($Pr > F$, $p > 0,5$) der Kornerträge dar. Die Unterschiede zwischen den Umwelt- und Versuchsfaktoren waren sehr deutlich. Übergeordnet zeigte sich, dass die jahresbedingten Unterschiede in der Pflanzenentwicklung zu unterschiedlichen Erträgen und zu Wechselwirkungen mit den Versuchsfaktoren führten. Die Standorte unterschieden sich in den Erträgen, wobei insbesondere der Vaterlinienanteil in der technischen Mischung einen signifikanten Einfluss auf die Erträge hatte. Die Sorten und Saatstärken standen in Abhängigkeit von den Umweltfaktoren in Wechselbeziehungen zueinander und hatten einen entscheidenden Einfluss sowohl auf die Ertragsbildung als auch auf die absoluten Erträge.

Tabelle 20: F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten [$Pr > F$] der Kornerträge in Abhängigkeit von Jahr (J), Standort (SD), Restoreranteil (RE), Sorte (SO) und Saatstärke (ST) und deren Wechselwirkungen

| Faktor | F-Wert | Pr > F | Signifikanz |
|------------------------------|----------|--------|-------------|
| Restorer (RE) | 540,2 | 0,0000 | *** |
| Sorte (SO) | 10,0 | 0,0004 | *** |
| Restorer*Sorte | 9,2 | 0,0000 | *** |
| Saatstärke (ST) | 5,6 | 0,0075 | ** |
| Restorer*Saatstärke | 1,9 | 0,1328 | n.s. |
| Sorte*Saatstärke | 8,0 | 0,0001 | *** |
| Restorer*Sorte*Saatstärke | 1,2 | 0,3211 | n.s. |
| Standort (SD) | 69,1 | 0,0000 | *** |
| Standort*Restorer | 8,6 | 0,0009 | *** |
| Standort*Sorte | 28,7 | 0,0000 | *** |
| Standort *Restorer*Sorte | 2,8 | 0,0390 | * |
| Standort*Saatstärke | 1,9 | 0,1683 | n.s. |
| Standort*Restorer*Saatstärke | 0,2 | 0,9150 | n.s. |
| Standort*Sorte*Saatstärke | 1,0 | 0,4319 | n.s. |
| Jahr (J) | 14.203,7 | 0,0000 | *** |
| Jahr*Restorer | 10,2 | 0,0003 | *** |
| Jahr*Sorte | 719,9 | 0,0000 | *** |
| Jahr*Restorer*Sorte | 2,4 | 0,0713 | n.s. |
| Jahr*Saatstärke | 50,7 | 0,0000 | *** |
| Jahr*Restorer*Saatstärke | 1,2 | 0,3358 | n.s. |
| Jahr*Sorte*Saatstärke | 3,8 | 0,0113 | * |
| Standort*Jahr | 41,5 | 0,0000 | *** |
| Standort*Jahr*Restorer | 15,4 | 0,0000 | *** |
| Standort*Jahr*Sorte | 15,0 | 0,0000 | *** |
| Standort*Jahr*Saatstärke | 4,6 | 0,0167 | * |

Aufgrund der schwierigen Aussaatbedingungen mit viel Nässe und einer suboptimalen Bestandesetablierung 2010/2011 wurde ein sehr niedriges Ertragsniveau erreicht. Das Wachstum der Pflanzen und die Erträge wurden während der Vegetation durch die kühlen Temperaturen im Herbst, einen harten Winter und einem späten Vegetationsbeginn im Frühjahr mit Wechselfrösten negativ beeinträchtigt. Die zunehmende Trockenheit im Frühjahr verschärfte die Situation, sodass 2011 keine Wechselwirkungen zwischen Restorer, Sorte und Saatstärke auftraten. Der Einfluss von Mischungseffekten zwischen den Saateltern war damit geringer als die vegetative und generative Entwicklung der Pflanzen. Primär reagierten die Pflanzen 2011 daher bei steigenden Saatstärken mit höheren Trieb- und Ährendichten, was zu höheren Erträgen führte. Dieser Effekt trat mehr oder weniger unabhängig von dem Restoreranteil oder der Sorte auf.

2012 führten optimale Wachstumsbedingungen im Herbst sowohl in Köthen als auch in Wolkenburg zu einer sehr starken Vorwinterentwicklung. Das weitere Wachstum wurde im Februar 2012 durch eine kurze, aber sehr starke Frostphase mit geringen Schneelagen beeinflusst. In Köthen war der Einfluss der Witterung im Winter/Frühjahr geringer als in Wolkenburg, da eine ausreichende Schneedecke die Pflanzen schützte. Die Bestände in Köthen zeigten geringere Auswinterungserscheinungen als in Wolkenburg. Die Blatt-, Trieb- und Pflanzenverluste konnten im weiteren Vegetationsverlauf über die Einzelpflanzen auf beiden Standorten mehr oder weniger kompensiert werden, sodass Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren auftraten. Dieses Kompensationsvermögen war 2012 auf die bessere Vorwinterentwicklung der Pflanzen zurückzuführen. Dadurch war es möglich, dass die Erträge bei geringeren Bestandesdichten über die Bestockung und die Kornzahl je Ähre sowie der TKM ausgeglichen werden konnten. Die Erträge standen sehr stark unter dem Einfluss der Sorten und Saatstärken und verursachten unterschiedliche Konkurrenzbeziehungen in der technischen Mischung. Hierbei waren die Sortenunterschiede sehr deutlich. Diese Wechselwirkungen beeinflusste die Entwicklung der Vaterlinie in der technischen Mischung und somit ergaben sich unter diesen Produktionsbedingungen Interaktionen zwischen Restorer, Sorte und Saatstärke.

Abbildung 11 stellt die Erträge der technischen Mischung in Abhängigkeit von dem Restoreranteil, der Sorte und der Saatstärke in beiden Jahren und an beiden Standorten dar. Im Anhang 38 und Anhang 39 sind die ausführlichen Erträge zusammengefasst.

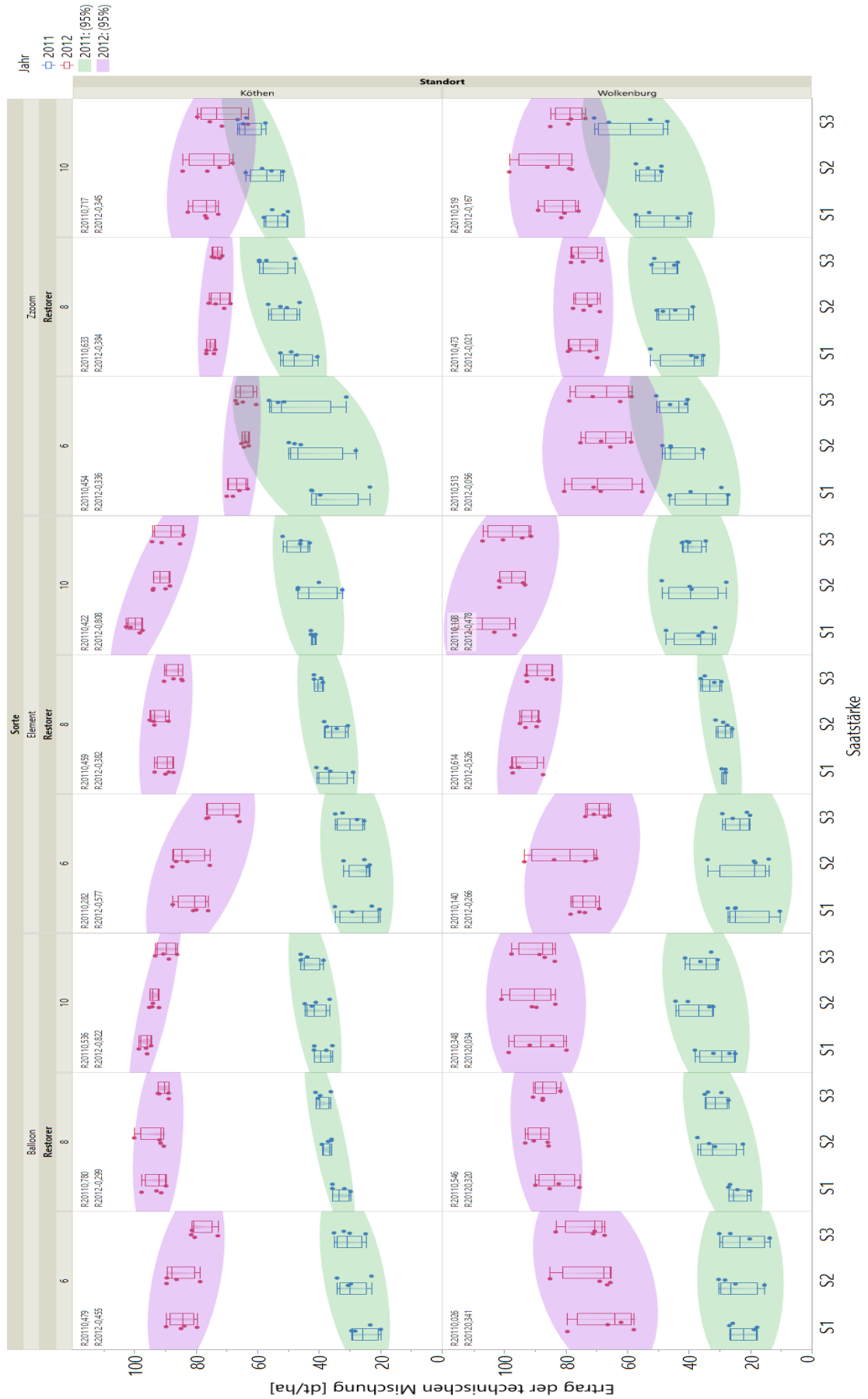


Abbildung 11: Ertrag [dt/ha] der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke im Jahr 2011 und 2012 am Standort Köthen und Wolkenburg

Die Ausprägung und Wirkung auf die Erträge und Ertragskomponenten der Sorten und Saatstärken sowie deren Wechselwirkungen waren auf beiden Standorten sehr ähnlich und werden deshalb exemplarisch für den Standort Köthen dargestellt (Tabelle 21 bis Tabelle 24). Die Erträge und Ertragskomponenten für Wolkenburg 2011 und 2012 sind im Anhang 40 bis Anhang 43 ergänzend zusammengefasst.

2011 führten höhere Aussaatstärken zu höheren Ähren- und Korndichten sowie zu höheren Erträgen. Die Sorten zeigten unter diesen Bedingungen unterschiedliche Kompensationsleistungen in Abhängigkeit der Aussaatmenge. Der höchste Ertrag wurde 2011 in Köthen bei der Sorte Zzoom bei S3 erzielt. Dieser lag bei 56 dt/ha, gefolgt von S2 mit 51 dt/ha und S1 mit einem deutlichen Abfall auf 46 dt/ha. Die Unterschiede zwischen den Saatstärken und Ährenzahlen bei den Sorten Element und Balloon waren im Vergleich zur Sorte Zzoom geringer. Die Sorte Element erzielte einen Ertrag von 39 dt/ha bei S3. S1 (35 dt/ha) und S2 (34 dt/ha) fielen im Vergleich zu S3 signifikant ab. Element kompensierte insbesondere im unteren Saatstärkenbereich die Bestandesdichte über eine stärkere Bestockung. Dies führte trotz geringerer Keimpflanzenzahl zu einer gleichmäßigeren Ährenausbildung. Im Gegensatz zur Dreifachhybride Element konnte die Einfachhybride Balloon geringere Saatstärken nicht kompensieren. Den geringsten Ertrag erreichte die Sorte Balloon mit 33 dt/ha bei S1. Dies korrespondierte dann auch mit einer deutlich geringeren Ährenzahl bei S1 (393 Ähren/m²) im Vergleich zu S2 und S3 (460 bis 495 Ähren/m²). Die Unterschiede zwischen den Saatstärken in Bezug auf die TKM und der Einzelährenerträge waren gering. Der Einzelpflanzenenertrag und die Kornzahl je Pflanze nahmen mit zunehmender Aussaatmenge bei allen Sorten ab. Die höchsten Einzelpflanzenenerträge und Einzelährenerträge 2011 wurden bei der Sorte Zzoom ermittelt und waren auf höhere Kornzahlen zurückzuführen.

Tabelle 21: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]

| Sorte | Saatstärke | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|--------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 32,5 f | 6.296 ef | 393 e | 51,7 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 35,8 de | 6.968 cd | 460 d | 51,5 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 37,8 de | 7.364 cd | 495 bc | 51,3 ab |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 34,9 ef | 7.332 df | 441 d | 50,1 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 34,3 ef | 7.143 df | 462 cd | 50,5 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 39,0 d | 8.254 bce | 522 ab | 49,8 ab |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 46,0 c | 8.899 cd | 449 d | 51,8 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 50,6 b | 10.068 b | 508 bc | 50,3 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 55,6 a | 11.166 a | 541 a | 49,9 b |
| ∅ | ∅ | 40,7 | 8.166 | 474 | 50,8 |
| GD Tukey max | | 6,0 | 2.138 | 45 | 5,8 |
| GD Tukey min | | 3,0 | 615 | 29 | 1,0 |

Tabelle 22: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Köthen, dargestellt als Einzelpflanzenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)

| Sorte | Saatstärke | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|--------------|----------------------------|----------|---------|----------|---------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 2,39 bcd | 0,82 b | 16,0 bcd | 46 bce |
| | S2 [180 K/m ²] | 1,90 ef | 0,78 bc | 15,2 cd | 37 dfg |
| | S3 [230 K/m ²] | 1,66 f | 0,76 bc | 14,9 cd | 32 f |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 2,45 bc | 0,80 bc | 16,9 abc | 53 abd |
| | S2 [180 K/m ²] | 1,91 def | 0,74 c | 15,5 d | 41 cefg |
| | S3 [230 K/m ²] | 1,67 f | 0,75 bc | 15,9 bcd | 35 efg |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 3,24 a | 1,03 a | 19,9 ab | 63 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 2,74 b | 1,00 a | 19,9 ab | 55 abc |
| | S3 [230 K/m ²] | 2,36 cde | 1,03 a | 20,7 a | 47 bcde |
| ∅ | ∅ | 2,26 | 0,86 | 17,2 | 45 |
| GD Tukey max | | 0,48 | 0,08 | 4,4 | 16 |
| GD Tukey min | | 0,37 | 0,07 | 1,3 | 9 |

2012 führten geringere Aussaatstärken bei allen Sorten zu höheren Erträgen. Niedrige bis mittlere Ährendichten förderten die Einzelpflanze, erhöhten die Korndichten und erzeugten eine stabile Kornqualität. Höhere Ährendichten zeigten eine stärkere Anfälligkeit für Schneeschimmel und setzten die Winterhärte aufgrund der sehr starken Vorwinterentwicklung herab, sodass die Erträge und die übrigen Ertragskomponenten negativ beeinflusst wurden. Der höchste Ertrag wurde bei Balloon und reduzierten Saatstärken (ca. 91 dt/ha) erreicht, während die Erträge der Sorte Element bei S1 und S2 geringer waren. S3 bei Balloon (86 dt/ha) und Element (82 dt/ha) fielen dagegen signifikant ab. Die geringsten Erträge wurden bei Zzoom (70 bis 73 dt/ha) erzielt, wobei keine relevanten Ertragsunterschiede zwischen den Saatstärken ermittelt wurden. Die geringeren Erträge im Vergleich zu Balloon und Element hatten ihre Ursache in einer deutlich geringeren TKM und geringeren Kornzahl je Ähre. Auch die stärkere Anfälligkeit für Schneeschimmel der Sorte Zzoom führte zu einem stärkeren Ertragsabfall, bedingt durch geringere Einzelpflanzenerträge und einer geringeren Kompensationsfähigkeit über die TKM. Bei geringeren Ährenzahlen zeigten Balloon und Element bei optimalen Produktionsbedingungen im Jahr 2012 ein hohes Kompensationsvermögen. Die Einzelpflanzenerträge lagen dann bei S1 mit mehr als 6 g auf einem sehr hohen Niveau, S2 (>4 g) und S3 (> 3 g) fielen dagegen ab. Höhere Einzelährenerträge korrespondierten mit höheren Kornzahlen. Hierbei zeigte die Einfachhybride Balloon die größten Unterschiede zwischen den Saatstärken. Die Dreifachhybride Element zeigte im unteren Saatstärkenbereich stabile Erträge, bei zunehmender Bestandesdichte fiel die Kornzahl je Ähre konkurrenzbedingt ab und beeinflusste die Ertragsleistung insgesamt.

Tabelle 23: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]

| Sorte | Saatstärke | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|--------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 91,2 a | 23.211 ab | 552 d | 39,3 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 91,1 a | 23.910 a | 601 c | 38,1 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 86,4 bc | 22.916 ab | 632 abc | 37,8 ab |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 90,3 ab | 23.592 a | 602 c | 38,3 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 89,1 ab | 24.286 a | 631 abc | 36,8 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 82,2 c | 22.208 bc | 661 ab | 37,1 b |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 73,1 d | 21.053 cd | 598 cd | 34,7 d |
| | S2 [180 K/m ²] | 70,5 d | 20.212 d | 627 bc | 34,9 cd |
| | S3 [230 K/m ²] | 70,1 d | 20.330 d | 667 a | 34,7 d |
| ∅ | ∅ | 82,7 | 22.413 | 619 | 36,9 |
| GD Tukey max | | 4,6 | 1.647 | 48 | 2,1 |
| GD Tukey min | | 3,6 | 1.377 | 36 | 1,9 |

Tabelle 24: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)

| Sorte | Saatstärke | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|--------------|----------------------------|---------|---------|----------|--------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 6,22 a | 1,7 a | 42,1 a | 158 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 4,39 b | 1,5 b | 39,8 a | 115 de |
| | S3 [230 K/m ²] | 3,40 cd | 1,4 c | 36,3 bcd | 90 f |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 6,23 a | 1,5 b | 39,4 ab | 163 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 4,44 b | 1,4 bc | 38,6 abc | 121 cd |
| | S3 [230 K/m ²] | 3,54 c | 1,2 d | 33,7 de | 96 ef |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 4,80 b | 1,2 d | 35,4 cd | 139 bc |
| | S2 [180 K/m ²] | 3,38 cd | 1,1 e | 32,3 e | 97 ef |
| | S3 [230 K/m ²] | 2,79 d | 1,1 e | 30,6 e | 81 f |
| ∅ | ∅ | 4,36 | 1,35 | 36,5 | 118 |
| GD Tukey max | | 0,67 | 0,12 | 3,6 | 20 |
| GD Tukey min | | 0,66 | 0,09 | 3,0 | 19 |

Die Wechselwirkungen zwischen den Sorten und Saatstärken waren in beiden Jahren und auf beiden Standorten vergleichbar. Standortbedingte Unterschiede traten vor allem bei den Sorten Zzoom und Element auf, welche auf die unterschiedliche Witterung und Standortvoraussetzungen in Köthen und Wolkenburg (Anhang 40 bis Anhang 43) zurückzuführen waren.

Die Erträge wurden durch die Erhöhung des Vaterlinienanteils in der technischen Mischung positiv beeinflusst. Höhere Erträge korrespondierten mit den Einzelährenerträgen und Einzelpflanzenenerträgen. Hierbei förderten niedrige Saatmengen das Wachstum und die Entwicklung der Pflanzen bzw. Vaterlinie im Vegetationsverlauf 2011/2012 (Tabelle 25 und Tabelle 26).

Tabelle 25: *Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]*

| Restoreranteil | Saatstärke | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|----------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 6 RE | S1 [130 K/m ²] | 77,4 c | 20.914 cd | 586 cde | 37,0 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 77,7 c | 21.507 bc | 613 bcde | 36,1 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 71,7 d | 19.895 d | 656 a | 36,1 a |
| 8 RE | S1 [130 K/m ²] | 86,0 b | 22.888 abc | 584 ef | 37,5 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 86,2 ab | 23.443 ab | 628 abcd | 36,7 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 83,4 b | 22.690 abc | 656 ab | 36,7 a |
| 10 RE | S1 [130 K/m ²] | 91,1 a | 24.055 a | 581 df | 37,9 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 86,9 b | 23.457 ab | 618 abcd | 37,0 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 83,6 b | 22.871 abc | 648 ab | 36,7 a |
| ∅ | ∅ | 82,7 | 22.413 | 619 | 36,9 |
| GD Tukey max | | 5,1 | 2.022 | 48 | 2,2 |
| GD Tukey min | | 3,6 | 1.377 | 36 | 1,9 |

Tabelle 26: *Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)*

| Restoreranteil | Saatstärke | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|----------------|----------------------------|---------|---------|---------|--------|
| 6 RE | S1 [130 K/m ²] | 5,30 b | 1,3 cde | 36,0 bc | 144 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 3,70 d | 1,3 de | 35,1 c | 104 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 2,80 E | 1,1 f | 30,4 d | 77 d |
| 8 RE | S1 [130 K/m ²] | 6,00 A | 1,5 ab | 39,6 ab | 160 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 4,50 C | 1,4 cd | 37,6 bc | 123 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 3,70 D | 1,3 e | 34,8 c | 100 c |
| 10 RE | S1 [130 K/m ²] | 5,90 ab | 1,6 a | 41,4 ab | 156 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 3,90 cd | 1,4 bc | 38,0 bc | 107 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 3,30 de | 1,3 de | 35,4 c | 90 cd |
| ∅ | ∅ | 4,36 | 1,35 | 36,5 | 118 |
| GD Tukey max | | 0,67 | 0,12 | 3,7 | 20 |
| GD Tukey min | | 0,66 | 0,09 | 3,0 | 19 |

Dies zeigte sich vor allem anhand der besseren Befruchtung der Einzelähren und respektive in einer höheren Kornzahl je Ähre bei steigendem Vaterlinienanteil. Die Kornzahl bei einer Erhöhung des Vaterlinienanteils und gleicher Saatstärke erhöhte sich um ca. 2-4 Körner/Ähre. So betrug die Kornzahl je Ähre bei S1 und 6 % Vaterlinie 36 Körner/Ähre, stieg bei 8 % Vaterlinie

auf 40 Körner/Ähre an und erreichte bei 10 % Vaterlinie das Maximum von 41 Körner/Ähre. Ähnliches traf für S2 und S3 zu, wobei sich die Unterschiede verringerten. Steigende Kornzahlen führten zu höheren Einzelährenerträgen und resultierten in einem höheren Einzelpflanzenertrag. Hierbei zeigte sich, dass eine Erhöhung des Mischungsanteils von 6 auf 8 % der Vaterlinie zu deutlich höheren Einzelährenerträgen führte, während der zusätzliche Anstieg des Ertrages bei einem Mischungsanteil von 10 % geringer wurde. Bei zunehmender Saatstärke, steigender Bestandesdichte und zunehmender Konkurrenz wurde die Kompensationsfähigkeit der Einzelpflanzen geringer, sodass sich die Ertragsunterschiede bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Vaterlinie verringern.

Vor allem die Dreifachhybride Element konnte höhere Vaterlinienanteile in der technischen Mischung in höhere Erträge umsetzen. Die Dreifachhybride Element zeigte deutliche Ertragseffekte bei einem zunehmenden Vaterlinienanteil und abnehmender Saatstärke. Auch bei der Sorte Balloon konnte diese Reaktion beobachtet werden. Entsprechend wurde 2012 in Köthen der höchste Ertrag bei der Sorte Element mit der geringen Saatstärke S1 und einem Mischungsanteil von 10 % Vaterlinie ermittelt (100 dt/ha). Der Ertrag fiel bei S2 (92 dt/ha) und S3 (89 dt/ha) deutlich ab. Der Vergleich zur achtprozentigen Mischung bei S1 (90 dt/ha) zeigte einen Abfall um 10 dt/ha (GD max = 10 dt/ha) und lässt sich damit statistisch absichern. Bei der Sorte Balloon wurde der höchste Ertrag bei der zehnpromtigen Mischung mit 96 dt/ha erzielt (S1), S2 (94 dt/ha) und S3 (90 dt/ha) fielen im Vergleich zu Element nur tendenziell ab. Die Unterschiede der Erträge bei 8 % Vaterlinie waren zwischen den Saatstärken und im Vergleich zur zehnpromtigen Mischung gering. Ein sehr starker Ertragsrückgang bei beiden Sorten (Element und Balloon) wurde bei der 6%igen Mischung festgestellt und kann durch die höhere Konkurrenz zwischen Mutter- und Vaterlinie in der technischen Mischung begründet werden. Die Sorte Zzoom zeigte 2012 signifikant geringere Erträge als die Sorten Balloon und Element. Die Entwicklung und Ertragsleistung von Zzoom wurden dabei durch die Witterung überlagert.

Besonders unter den klimatischen Extremen 2012 stellten sich sehr unterschiedliche Wirkungen zwischen Restoreranteil und Sorte am Standort Wolkenburg dar (Tabelle 27 und Tabelle 28). Der höchste Ertrag wurde bei der Sorte Element und einem Vaterlinienanteil von 10 % erreicht (101 dt/ha). Eine Reduzierung des Vaterlinienanteils von 10 auf 8 % führte zu einer deutlichen Ertragsminderung um 10 %. Eine weitere Reduzierung von 8 auf 6 % Vaterlinie verursachte dann einen Rückgang des Ertrages um 23 %. Die Unterschiede zwischen den Mischungsanteilen der Sorten Balloon und Zzoom waren dagegen geringer.

Die Mehrererträge in Folge einer Erhöhung des Vaterlinienanteils wirkten sich auf die Ertragskomponenten aus. Insbesondere die Korndichten stiegen mit einem zunehmenden Vaterlinienanteil an. Diese höheren Korndichten beruhten auf deutlich höhere Kornzahlen, wobei die Ährendichten sortenbedingt die Erträge beeinflussten. Die TKM war in der Regel stabil, sodass höhere Ein-

zelährenerträge und Einzelpflanzenenerträge auf höhere Kornzahlen zurückzuführen waren. Besonders die Kornzahlen je Pflanze zeigten sehr deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Mischungsanteilen und Sorten auf. Dies war zum einen auf die unterschiedliche Bestockung der Sorten zurückzuführen, zum anderen reagierten die Sorten mit unterschiedlichen Mehrerträgen auf die Erhöhung des Restoreranteils in der technischen Mischung. Die Erträge stiegen zwar bei allen Sorten mit Erhöhung des Vaterlinienanteils an, wobei der deutlichste Ertragssprung bei einer Steigerung des Vaterlinienanteils von 6 % auf 8 % ermittelt wurde. Die Dreifachhybride Element konnte eine weitere Steigerung der Vaterlinie auf 10 % in nochmals deutlich höhere Erträge umsetzen.

Tabelle 27: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Sorte sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]

| Restoreranteil | Sorte | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|----------------|---------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 6 RE | Balloon | 70,4 e | 14.251 de | 527 cde | 49,5 a |
| | Element | 74,6 de | 15.127 de | 604 a | 49,4 a |
| | Zzoom | 67,9 e | 13.772 e | 469 de | 49,5 a |
| 8 RE | Balloon | 86,3 bc | 17.339 bc | 536 abcd | 49,8 a |
| | Element | 91,7 b | 18.451 b | 597 ab | 49,7 a |
| | Zzoom | 74,3 de | 16.053 cd | 465 e | 46,5 b |
| 10 RE | Balloon | 89,7 bc | 17.633 bc | 530 bcde | 50,9 a |
| | Element | 100,9 a | 20.401 a | 590 abc | 49,6 a |
| | Zzoom | 82,0 cd | 17.547 bc | 462 e | 46,8 b |
| ∅ | ∅ | 82,0 | 16.730 | 531 | 49,1 |
| GD Tukey max | | 8,7 | 1.942 | 70 | 2,5 |
| GD Tukey min | | 7,9 | 1.942 | 70 | 2,5 |

Tabelle 28: Ertragskomponenten der Einzelpflanzen der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Sorte sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)

| Restoreranteil | Sorte | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|----------------|---------|---------|----------|----------|--------|
| 6 RE | Balloon | 4,09 cd | 1,34 cd | 27,2 de | 83 cd |
| | Element | 4,61 bc | 1,24 d | 25,2 e | 93 bcd |
| | Zzoom | 3,32 e | 1,46 bcd | 29,5 cde | 67 e |
| 8 RE | Balloon | 4,72 bc | 1,62 ab | 32,7 bcd | 95 bc |
| | Element | 5,21 ab | 1,54 abc | 31,1 bcd | 105 ab |
| | Zzoom | 3,65 de | 1,64 ab | 35,2 ab | 79 de |
| 10 RE | Balloon | 5,13 b | 1,70 ab | 33,5 abc | 101 b |
| | Element | 5,88 a | 1,72 ab | 34,7 abc | 119 a |
| | Zzoom | 4,40 c | 1,79 a | 38,3 a | 94 bc |
| ∅ | ∅ | 4,56 | 1,56 | 31,9 | 93 |
| GD Tukey max | | 0,72 | 0,27 | 5,6 | 15 |
| GD Tukey min | | 0,72 | 0,26 | 5,4 | 15 |

4.3 Mischungseffekte und Sortenreinheit

Die Erträge und Ertragskomponenten auf der Ebene der Mischungspartner, also der Mutter- und Vaterlinie, geben Auskunft über die Wirkung inner- und zwischenpflanzlicher Konkurrenzwirkungen in der technischen Mischung bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste. Insgesamt werden die Erträge und Ertragskomponenten von den ertragsbildenden Prozessen in den Versuchsjahren sowie den Standortunterschieden gekennzeichnet. Diese Unterschiede stehen in einem sehr engen Zusammenhang mit der unterschiedlichen vegetativen und generativen Pflanzenentwicklung. In Abhängigkeit der Versuchsfaktoren zeigte sich, dass die Anlage von Trieben und Nebentrieben sowie die Blütenbildung wesentlich durch die Sorten und Saatstärken und deren Wechselwirkungen und den Umweltfaktoren beeinflusst wurden.

Der Einfluss des Vaterlinienanteils in der technischen Mischung wirkte sich unter diesen unterschiedlichen Produktionsbedingungen vor allem auf die Erträge und damit auf die Ertragskomponenten der technischen Mischung aus. Dies verursachte auch eine Veränderung der Ertragskomponenten der Mutter- und Vaterlinie. Innerpflanzliche und zwischenpflanzliche Konkurrenzbeziehungen verursachten hierbei Mischungseffekte.

Diese Mischungseffekte hatten dann einen Einfluss auf die Erträge und die Einzelpflanzenleistung der Saateltern und somit auf die Sortenreinheit und Qualität der Saatgutproduktion bei Hybridgerste.

Die Daten werden zuerst im Versuchsmittel und in Abhängigkeit von Jahr und Standort dargestellt. Die unterschiedlichen Bedingungen für die Ertragsbildung zwischen den Jahren und Standorten und deren Einfluss auf die Ertragskomponenten erfordern im weiteren Verlauf die Darstellung der Versuchsfaktoren, respektive Restorer, Sorte und Saatstärke. Besonders die Wechselwirkungen ermöglichen eine Interpretation für das Auftreten von Mischungseffekten und Konkurrenzbeziehungen innerhalb der Saatgutmischung.

Eine eindeutige Aussage zur Beurteilung der Sortenreinheit kann aus dem Verhältnis der Korndichte der Vater- und Mutterlinie ermittelt werden. In den jeweiligen Abschnitten des Kapitels wird daher die Sortenreinheit unter Berücksichtigung dieser Mischungseffekte dargestellt. Auch hier werden die Ergebnisse unter dem Einfluss der jahres- und standortspezifischen Effekte sowie deren Wechselwirkungen zu den Versuchsfaktoren beurteilt. Die Ergebnisse ermöglichen damit eine Aufschlüsselung der Ertragskomponenten und Rückschlüsse auf die Ertragsbildung sowie deren Einfluss auf die Auswirkung von Mischungseffekten und der Sortenreinheit bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste in technischen Mischungen.

4.3.1 Mischungseffekte und Sortenreinheit in Abhängigkeit von Jahr und Standort

Die Ertragskomponenten der Mutterlinie sind Indikator für die unterschiedlichen Befruchtungsbedingungen (Tabelle 29). Entscheidende Ertragskomponenten der Mutterlinie sind dabei die Korndichte (FM KD), die Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und der Kornansatz (FM SA). Die Ertragskomponenten der Vaterlinie beeinflussen die Befruchtung und führen zu Mischungseffekten bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste (Tabelle 30). Wesentliche Ertragskomponenten der Vaterlinie sind die Anzahl an Restorerähren je Flächeneinheit (RE AZ m²), die Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und die Kornzahl je Pflanze (RE KZP). Hierbei ist auch die relative Anzahl an Restorerähren (RE AZ rel) bedeutend, da diese Auskunft über das Verhältnis des Vaterlinienanteils in Bezug auf die insgesamt erreichte Ährenzahl der technischen Mischung gibt. Eine entscheidende Größe ist die Korndichte der Vaterlinie (RE KD), weil hierdurch der endgültige Anteil des Restorers im Saatgut ermittelt werden kann.

Tabelle 29: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Standort sowie im Versuchsmittel und im Mittel der Jahre und Standorte, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Jahr | Standort | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|----------|------------|--------------------------------|---------|-----------|
| 2011 | Köthen | 6.975 c | 12,6 c | 26,6 a |
| | Wolkenburg | 6.298 d | 10,8 d | 23,8 b |
| 2012 | Köthen | 20.145 a | 34,9 a | 70,0 a |
| | Wolkenburg | 14.581 b | 29,2 b | 57,3 b |
| 2011 | ∅ | 6.637 b | 11,7 b | 25,2 b |
| 2012 | | 17.363 a | 32,1 a | 63,6 a |
| ∅ | Köthen | 13.560 a | 23,8 a | 48,3 a |
| | Wolkenburg | 10.440 b | 20,0 b | 40,5 b |
| ∅ | ∅ | 12.000 | 21,9 | 44,4 |
| GD Tukey | | 434 | 0,9 | 2,5 |

Tabelle 30: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Standort sowie im Versuchsmittel und im Mittel der Jahre und Standorte, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) sowie Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Jahr | Standort | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|----------|------------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 2011 | Köthen | 26,4 c | 5,6 c | 1.190 c | 44,3 b | 124 c |
| | Wolkenburg | 22,3 d | 5,2 c | 960 d | 42,9 c | 107 d |
| 2012 | Köthen | 48,8 a | 7,9 b | 2.268 a | 46,1 a | 177 a |
| | Wolkenburg | 46,8 b | 9,2 a | 2.150 b | 44,9 b | 160 b |
| 2011 | ∅ | 24,4 b | 5,7 b | 1.075 b | 43,6 b | 116 b |
| 2012 | | 47,8 a | 8,6 a | 2.209 a | 45,5 a | 168 a |
| ∅ | Köthen | 37,6 a | 6,8 b | 1.729 a | 45,2 a | 150 a |
| | Wolkenburg | 34,6 b | 7,5 a | 1.555 b | 43,9 b | 134 b |
| ∅ | ∅ | 36,1 | 7,1 | 1.642 | 44,6 | 142 |
| GD Tukey | | 1,9 | 0,5 | 98 | 1,1 | 8 |

2011 wurden ca. 6.600 Körner/m², 12 Körner/Ähre und ein Saatgutansatz von 25 % auf der Mutterlinie ermittelt. 2012 lag die Korndichte bei ca. 17.400 Körner/m². Dies war auf eine höhere Kornzahl (32 Körner/Ähre) und eine bessere Befruchtung der Mutterlinie (64 %) zurückzuführen. Höhere Saatgutansätze konnten dabei auf eine günstigere Entwicklung der Vaterlinie in der technischen Mischung zurückgeführt werden. 2011 wurden im Mittel 24 Restorerähren/m² gezählt und ein relativer Anteil der Vaterlinienähren von 5,7 % ermittelt. 2012 war der Bestäuberanteil mit 48 Restorerähren/m² bzw. 8,6 % somit bedeutend höher. Dies führte 2012 zu einer deutlich höheren Korndichte von ca. 2.200 Körner/m² im Vergleich zu 2011 (ca. 1.100 Körner/m²). Auch die Einzelpflanzenentwicklung der Vaterlinie in der Mischung wurde dadurch begünstigt. Indikator hierfür waren eine höhere Kornzahl je Ähre und Kornzahl pro Pflanze bei der Vaterlinie. Die Einzelpflanzenleistung der Vaterlinie lag mit 168 Körnern je Pflanze 45 % über dem Wert von 2011. Aufgrund der günstigen Produktionsbedingungen 2012 konnte sich die Vaterlinie in der technischen Mischung durchsetzen und beeinflusste damit die Befruchtung positiv. Eine bessere Entwicklung der Vaterlinie bzw. der gesamten Population förderte dann auch die Saatgutreinheit (Abbildung 12).

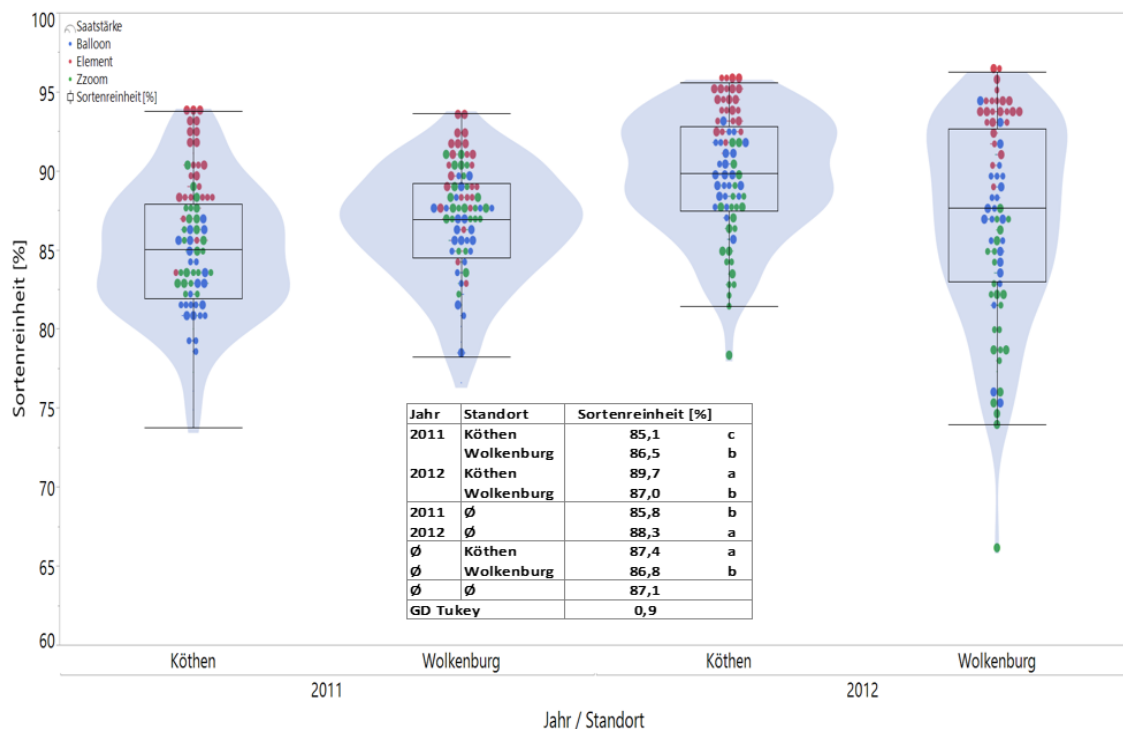


Abbildung 12: Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Jahr und Standort

2011 war die Sortenreinheit bedingt durch die unterschiedlichen Produktionsbedingungen mit 85,8 % signifikant geringer als 2012 (88,3 %) und am Standort Köthen wurde im Mittel eine höhere Sortenreinheit (87,4 %) erreicht als in Wolkenburg (86,8 %). Hierbei ergaben sich Wechselwirkungen zwischen den Jahren und Standorten.

Die geringste Sortenreinheit wurde 2011 in Köthen ermittelt (85,1 %). In Wolkenburg lag diese 2011 geringfügig höher (86,5 %), während 2012 die höchste Hybridität am Standort Köthen mit

89,7 % ermittelt werden konnte und in Wolkenburg mit 87,0 % stärker abfiel. Die günstigere Entwicklung der Vaterlinie in der technischen Mischung in Köthen 2011 konnte nur bedingt in einer höheren Hybridität umgesetzt werden. 2012 führte dies schließlich zu einem höheren Saatgutansatz und zu einer höheren Sortenreinheit als in Wolkenburg. Daraus resultierten standortspezifische Mischungseffekte bei allen Ertragsmerkmalen. In Köthen wurden in beiden Jahren bei den wichtigen Ertragskomponenten der Mutterlinie signifikant höhere Werte erzielt. Besonders 2012 lag die mittlere Korndichte mit mehr als 20.000 Körner/m² auf einem deutlich höheren Niveau als in Wolkenburg. Dies war durch eine hohe Kornzahl pro Ähre (35 Körner/Ähre) und einem sehr hohen Saatgutansatz (70 %) begründet. Die sehr tiefen Temperaturen, teils ohne Schneelagen, beeinflussten die Bestandesarchitektur und Befruchtung in Wolkenburg und der Saatgutansatz fiel mit 57 % signifikant ab.

Die Sortenreinheit wurde mehr oder weniger durch die Versuchsfaktoren, entsprechend Restorer, Sorte und Saatstärke beeinflusst (Tabelle 31). 2011 stand der Restorer unter einer stärkeren Konkurrenz, sodass der Einfluss auf die Sortenreinheit gering war. Im Gegensatz dazu zeigten sich 2012 aufgrund der guten Wachstumsbedingungen für die Pflanzen stärkere Effekte auf die Sortenreinheit. Die Saatgutqualität wurde am Standort Köthen und Wolkenburg in beiden Jahren zum einen sehr stark durch die Sorten und zum anderen durch die unterschiedlichen Saatstärken beeinflusst. Die Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren traten in Abhängigkeit von Jahr und Standort sehr unterschiedlich auf und wurden von der Witterung beeinflusst.

Tabelle 31: F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten [$Pr > F$] der Sortenreinheit in Abhängigkeit von Jahr, Standort und den Versuchsfaktoren

| Standort | | Köthen | | | Wolkenburg | | |
|----------|----------|--------|--------|-------------|------------|--------|-------------|
| Jahr | Faktor | F-Wert | Pr > F | Signifikanz | F-Wert | Pr > F | Signifikanz |
| 2011 | RE | 0,3 | 0,7713 | n.s. | 3,8 | 0,0850 | n.s. |
| 2011 | SO | 61,6 | 0,0000 | *** | 24,8 | 0,0000 | *** |
| 2011 | RE*SO | 2,6 | 0,0591 | n.s. | 1,5 | 0,2501 | n.s. |
| 2011 | ST | 31,7 | 0,0000 | *** | 32,4 | 0,0000 | *** |
| 2011 | RE*ST | 0,6 | 0,6549 | n.s. | 1,8 | 0,1350 | n.s. |
| 2011 | SO*ST | 1,1 | 0,3776 | n.s. | 4,2 | 0,0050 | ** |
| 2011 | RE*SO*ST | 0,9 | 0,5363 | n.s. | 1,6 | 0,1368 | n.s. |
| 2011 | WDH | 0,7 | 0,5869 | n.s. | 2,8 | 0,1332 | n.s. |
| 2012 | RE | 21,5 | 0,0018 | ** | 15,5 | 0,0000 | *** |
| 2012 | SO | 138,4 | 0,0000 | *** | 107,7 | 0,0000 | *** |
| 2012 | RE*SO | 6,4 | 0,0022 | ** | 2,0 | 0,1304 | n.s. |
| 2012 | ST | 4,7 | 0,0137 | * | 3,5 | 0,0369 | * |
| 2012 | RE*ST | 1,0 | 0,4114 | n.s. | 1,9 | 0,1294 | n.s. |
| 2012 | SO*ST | 2,3 | 0,0727 | n.s. | 4,9 | 0,0020 | ** |
| 2012 | RE*SO*ST | 0,7 | 0,6601 | n.s. | 1,6 | 0,1462 | n.s. |
| 2012 | WDH | 0,7 | 0,5831 | n.s. | 6,1 | 0,0031 | ** |

4.3.2 Mischungseffekte und Sortenreinheit in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke

Restoreranteil

Eine Erhöhung des Restoreranteils in der technischen Mischung begünstigte die Entwicklung der Vaterlinie und die Befruchtung auf der Mutterlinie (Tabelle 32). Dabei führten steigende Restorergerhalte (Tabelle 33) in der technischen Mischung zu einem Anstieg dieser Ertragskomponenten und zu höheren Saatgutansätzen auf der Mutterlinie. Die Kornzahl stieg um ca. 2-3 Körner/Ähre an, wenn der Restoreranteil um 2 % erhöht wurde. Die standortbedingten Unterschiede in Bezug auf die Ertragskomponenten der Mutter- und Vaterlinie waren vergleichbar und sind im Anhang zusammengefasst (Anhang 44 bis Anhang 47).

Tabelle 32: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil sowie Versuchsmittel, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Jahr | Restoreranteil | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|----------|----------------|--------------------------------|---------|-----------|
| 2011 | 6 RE | 5.386 e | 9,7 f | 20,8 f |
| | 8 RE | 6.534 d | 11,4 e | 24,9 e |
| | 10 RE | 7.991 c | 13,9 d | 29,9 d |
| 2012 | 6 RE | 15.920 b | 28,6 c | 57,0 c |
| | 8 RE | 17.864 a | 32,4 b | 65,1 b |
| | 10 RE | 18.304 a | 35,2 a | 68,7 a |
| ∅ | 6 RE | 10.653 c | 19,2 c | 38,9 c |
| | 8 RE | 12.199 b | 21,9 b | 45,0 b |
| | 10 RE | 13.148 a | 24,5 a | 49,3 a |
| ∅ | ∅ | 12.000 | 21,9 | 44,4 |
| GD Tukey | | 594 | 1,3 | 3,4 |

Tabelle 33: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil sowie im Versuchsmittel, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Jahr | Restoreranteil | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|----------|----------------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 2011 | 6 RE | 18,5 f | 4,1 e | 816 f | 43,8 bc | 106 c |
| | 8 RE | 24,5 e | 5,3 d | 1.064 e | 42,8 c | 119 b |
| | 10 RE | 30,1 d | 6,9 c | 1.344 d | 44,2 bc | 122 b |
| 2012 | 6 RE | 36,5 c | 6,5 c | 1.658 c | 45,0 ab | 166 a |
| | 8 RE | 48,5 b | 8,7 b | 2.279 b | 46,3 a | 170 a |
| | 10 RE | 58,5 a | 10,6 a | 2.690 a | 45,3 ab | 170 a |
| ∅ | 6 RE | 27,5 c | 5,3 c | 1.237 c | 44,4 a | 136 b |
| | 8 RE | 36,5 b | 7,0 b | 1.672 b | 44,5 a | 144 a |
| | 10 RE | 44,3 a | 8,7 a | 2.017 a | 44,7 a | 146 a |
| ∅ | ∅ | 36,1 | 7,0 | 1.642 | 44,6 | 142 |
| GD Tukey | | 2,6 | 0,6 | 134 | 1,5 | 11 |

2011 betrug der Saatgutansatz 21 % (6 RE), 25 % (8 RE) und 30 % (10 RE). Dies war auf den Anstieg des Bestäuberanteils bei einem zunehmenden Mischungsanteil von 4,1 % (6 RE) auf 5,3 % (8 RE) und schließlich auf 6,9 % (10 RE) zurückzuführen. Trotz steigender Ährenzahlen der Vaterlinie in der Mischung fand 2011 ein Verdünnungseffekt in Bezug auf die relative Ährenzahl der Vaterlinie statt. Dies äußerte sich in einer stärkeren Unterdrückung der Vaterlinie, sodass der Restoreranteil mit ca. 1.350 Körnern/m² (RE 10) deutlich höher war als bei 8 und 6 % Vaterlinie in der Mischung (ca. 800 bis 1.000 Körner/m²). Die Einzelpflanzenentwicklung der Vaterlinie wurde 2011 durch die Erhöhung der Mischungsanteile begünstigt. Indikator hierfür ist die Kornzahl pro Pflanze. Bei 8 und 10 % Vaterlinienanteil in der technischen Mischung wurden ca. 120 Körner/Pflanze ausgebildet, während bei einem reduzierten Mischungsanteil (6 RE) nur 106 Körner/Pflanze erreicht wurden. Höhere Mischungsanteile führten 2011 zu einer besseren Befruchtung, aufgrund der höheren Konkurrenz auf die Vaterlinie in der Mischung fand allerdings ein Ausgleich der Ertragskomponenten statt. Dadurch blieb die Sortenreinheit weitestgehend unbeeinflusst und lag 2011 bei ca. 85 bis 87 %, unabhängig von dem Restoreranteil in der technischen Mischung (Tabelle 34). Auch standortübergreifend waren die Unterschiede gering.

Im Gegensatz zu 2011 lag der relative Anteil der Vaterlinie 2012 auf dem Niveau der eingemischten Anteile, also ca. 6, 8 und 10 %. Die Konkurrenzfähigkeit der Vaterlinie war 2012 damit höher und förderte die Befruchtung bei der Saatgutproduktion. Die homogenen Bestände begünstigten die Blühsynchronisation auch bei verhältnismäßig geringeren Restorergehalten. Deshalb stieg 2012 die Sortenreinheit auf beiden Standorten mit abnehmenden Mischungsanteil an (Tabelle 34). In Köthen lag 2012 der höchste Wert bei 90,5 % (6 RE), fiel dann auf 88,9 % (8 RE) und 87,5 % (10 RE) ab. In Wolkenburg wurde eine Sortenreinheit von 89,2 % (6 RE), 86,8 % (8 RE) und 84,9 % (10 RE) ermittelt. Aufgrund der Witterungsbedingungen mit stärkeren Frösten entschärfte sich die Konkurrenz und die Hybridität fiel besonders bei 8 RE und 10 RE sehr stark ab.

Tabelle 34: Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Jahr, Standort und Restoreranteil

| Jahr | Restoreranteil | Köthen | Wolkenburg |
|-------------|-----------------|---------|------------|
| 2011 | 6 RE | 85,3 a | 87,4 a |
| | 8 RE | 85,2 a | 86,7 a |
| | 10 RE | 84,8 a | 85,5 a |
| | GD Tukey | 1,8 | 2,1 |
| 2012 | 6 RE | 90,5 a | 89,2 a |
| | 8 RE | 88,9 b | 86,8 b |
| | 10 RE | 87,5 c | 84,9 c |
| | GD Tukey | 1,4 | 2,0 |
| ∅ | 6 RE | 88,3 a | 88,3 a |
| | 8 RE | 87,4 ab | 86,7 b |
| | 10 RE | 86,5 b | 85,2 c |
| | GD Tukey | 1,2 | 1,2 |
| ∅ | ∅ | 87,0 | 87,0 |

Sorte

Die unterschiedlichen Eigenschaften der Sorten bzw. der Saateltern verursachten Mischungs- und Konkurrenzeffekte (Tabelle 35 und Tabelle 36, Anhang 48 bis Anhang 51). Genetisch bedingt waren die Unterschiede zwischen der Dreifachhybriden Element und den beiden Einfachhybriden, Balloon und Zzoom, sehr deutlich und beeinflussten die Sortenreinheit (Tabelle 37).

Tabelle 35: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Jahr | Sorte | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|----------|---------|--------------------------------|---------|-----------|
| 2011 | Balloon | 5.344 f | 9,4 d | 24,4 d |
| | Element | 6.189 e | 9,8 d | 21,6 d |
| | Zzoom | 8.378 d | 15,8 c | 29,6 c |
| 2012 | Balloon | 17.528 b | 31,4 b | 65,5 a |
| | Element | 19.284 a | 31,6 b | 63,5 ab |
| | Zzoom | 15.276 c | 33,1 a | 61,9 b |
| ∅ | Balloon | 11.436 c | 20,4 b | 45,0 a |
| | Element | 12.736 a | 20,7 b | 42,5 b |
| | Zzoom | 11.827 b | 24,5 a | 45,7 a |
| ∅ | ∅ | 12.000 | 21,9 | 44,4 |
| GD Tukey | | 594 | 1,3 | 3,4 |

Tabelle 36: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie im Versuchsmittel, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Jahr | Sorte | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|----------|---------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 2011 | Balloon | 25,2 e | 5,9 cd | 1.100 d | 43,8 b | 108 d |
| | Element | 17,7 f | 3,9 e | 706 e | 40,0 c | 89 e |
| | Zzoom | 30,2 d | 6,4 c | 1.419 c | 47,0 a | 150 b |
| 2012 | Balloon | 49,3 b | 8,8 b | 2.349 b | 47,7 a | 187 a |
| | Element | 33,5 c | 5,5 d | 1.393 c | 41,4 c | 134 c |
| | Zzoom | 60,7 a | 11,5 a | 2.885 a | 47,5 a | 184 a |
| ∅ | Balloon | 37,2 b | 7,4 b | 1.724 b | 45,7 b | 147 b |
| | Element | 25,6 c | 4,7 c | 1.050 c | 40,7 c | 111 c |
| | Zzoom | 45,4 a | 8,9 a | 2.152 a | 47,2 a | 167 a |
| ∅ | ∅ | 36,1 | 7,0 | 1.642 | 44,6 | 142 |
| GD Tukey | | 2,6 | 0,6 | 134 | 1,5 | 11 |

Element entwickelte einen signifikant geringeren Anteil an Vaterlinie in der Mischung (4,7 %) als Balloon und Zzoom (ca. 7-8 %). Verantwortlich hierfür war eine stärkere Konkurrenz, sodass die Einzelpflanzenentwicklung der Vaterlinie bei der Sorte Element (111 Körner/Pflanze) im Vergleich zu Balloon und Zzoom (147-167 Körner/Pflanze) schwächer war. Auch die Einzelährenausbildung zeigte, dass die Vaterlinie in der Mischung bei der Sorte Element stärker unterdrückt

wurde (Element 42 Körnern/Ähre, Balloon 46 Körner/Ähre, Zzoom 47 Körner/Ähre). Der endgültige Bestäuberanteil bei Element war somit um ca. 50 % geringer als bei Zzoom und Balloon. Dies äußerte sich auch in einer geringeren Befruchtung, besonders dann wenn die Produktionsbedingungen nicht optimal waren. Element erzielte deshalb 2011 mit 22 % den geringsten Saatgutansatz. Im Gegensatz dazu wurde 2012 bei optimalen Wachstumsbedingungen die höchste Korndichte (19.284 Körner/m²) und ein sehr hoher Saatgutansatz erreicht (64 %). Trotz höherer Konkurrenz in der Mischung konnte Element in beiden Jahren und auf beiden Standorten die höchste Sortenreinheit erzielen. Geringere Bestäuberanteile konnten über die Bestockung und Bestandesdichte sowie einer besseren Empfängnisbereitschaft der Mutterlinie ausgeglichen werden, sodass die Sortenreinheit 2011 bei 88,8 bis 89,5 % und 2012 bei 92,9 bis 94,2 % lag.

Die Hybridität von Balloon und Zzoom fiel im Vergleich zu Element deutlich ab obwohl eine günstigere Entwicklung der Vaterlinie in der Mischung ermittelt wurde. Ein höherer Bestäuberanteil konnte hierbei nur bedingt in einen höheren Saatgutansatz und einer höheren Sortenreinheit umgesetzt werden. 2011 wurde eine Sortenreinheit von 81,6 (Balloon) bis maximal 86,8 % (Zzoom) ermittelt, während diese 2012 bei einer Spannweite von 81,4 (Zzoom) bis 90,1 % (Balloon) lag. 2011 führte eine schwächere Entwicklung der Sorte Balloon zu einer stärkeren Konkurrenz auf die Vaterlinie, sodass die Befruchtung (24 %, 9 Körner/Ähre) und Korndichte (ca. 6.000 Körner/m²) geringer war als bei Zzoom. Der höhere Saatgutansatz bei der Sorte Zzoom (30 %, 16 Körner/Ähre) führte zu einer deutlich höheren Korndichte (ca. 8.000 Körner/m²) und Sortenreinheit. 2012 wurde die Bestäubung begünstigt, sodass auch bei einem geringeren Restoreranteil, wie bei Element und Balloon, hohe Saatgutansätze (64-66 %) und eine hohe Sortenreinheit möglich waren. Die Sortenreinheit von Zzoom wurde 2012 durch die höheren Triebverluste und geringeren Ährendichte negativ beeinflusst (ca. 15.000 Körner/m²) und ein verhältnismäßig höherer Restorergehalt konnte dies nicht durch die Bestäubung (62 %) kompensieren.

Tabelle 37: Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Jahr, Standort und Sorte

| Jahr | Sorte | Köthen | Wolkenburg |
|------|----------|---------|------------|
| 2011 | Balloon | 81,6 c | 84,1 c |
| | Element | 89,5 a | 88,8 a |
| | Zzoom | 84,1 b | 86,8 b |
| | GD Tukey | 1,8 | 1,7 |
| 2012 | Balloon | 90,1 b | 86,5 b |
| | Element | 94,2 a | 92,9 a |
| | Zzoom | 86,8 c | 81,4 c |
| | GD Tukey | 1,1 | 2,0 |
| ∅ | Balloon | 85,5 b | 85,3 b |
| | Element | 91,5 a | 90,9 a |
| | Zzoom | 85,2 bc | 84,1 c |
| | GD Tukey | 1,2 | 1,2 |
| ∅ | ∅ | 87,0 | 87,0 |

Saatstärke

Zunehmende Saatstärken führten zu einer intervarietalen und intraspezifischen Konkurrenz der Ertragskomponenten der Mutter- und Vaterlinie in der Mischung und beeinflussten damit die Saatgutqualität bzw. Hybridität (Tabelle 38 und Tabelle 39).

Der Saatgutansatz lag 2011 bei 23 bis 27 %. Die Unterschiede in Bezug auf die Kornzahl je Ähre waren dadurch gering. Höhere Korndichten waren auf höhere Ährendichten bei der Mutterlinie zurückzuführen. 2012 nahm die intraspezifische Konkurrenz mit zunehmender Aussaatmenge zu, sodass die Kornzahlen je Ähre stärker abfielen. Dies beeinflusste vor allem die Korndichten bei hohen Saatstärken und führte zu geringeren Werten. Der Saatgutansatz blieb im Versuchsmittel dabei überwiegend unbeeinflusst und lag bei 63 bis 65 %.

Tabelle 38: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke sowie im Versuchsmittel, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Jahr | Saatstärke | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|----------|----------------------------|--------------------------------|---------|-----------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 5.946 e | 11,3 c | 22,6 c |
| | S2 [180 K/m ²] | 6.622 d | 12,0 c | 26,0 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 7.343 c | 11,8 c | 26,9 b |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 17.465 ab | 32,9 a | 62,7 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 17.665 a | 32,4 a | 64,9 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 16.959 b | 30,9 c | 63,3 a |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 11.706 b | 22,1 a | 42,7 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 12.143 a | 22,2 a | 45,5 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 12.151 a | 21,4 b | 45,1 a |
| ∅ | ∅ | 12.000 | 21,9 | 44,4 |
| GD Tukey | | 594 | 1,3 | 3,4 |

Tabelle 39: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke sowie im Versuchsmittel, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) sowie Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Jahr | Saatstärke | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|----------|----------------------------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 22,6 c | 5,6 b | 1.109 b | 48,3 a | 153 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 25,3 b | 5,5 b | 1.102 b | 43,0 c | 110 d |
| | S3 [230 K/m ²] | 25,2 bc | 5,1 b | 1.015 b | 39,5 d | 84 e |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 46,5 a | 8,9 a | 2.221 a | 47,2 ab | 200 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 48,1 a | 8,5 a | 2.229 a | 45,8 b | 164 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 48,8 a | 8,3 a | 2.177 a | 43,6 c | 142 c |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 34,6 b | 7,2 a | 1.665 a | 47,7 a | 177 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 36,7 a | 7,0 ab | 1.665 a | 44,4 b | 137 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 37,0 a | 6,7 b | 1.596 a | 41,5 c | 113 c |
| ∅ | ∅ | 36,1 | 7,0 | 1.642 | 44,6 | 142 |
| GD Tukey | | 2,6 | 0,6 | 134 | 1,5 | 11 |

Die absoluten und relativen Ährenzahlen sowie die Korndichten der Vaterlinie zeigten in beiden Jahren keine Unterschiede zwischen den Saatstärken. Hierbei reagierten die Sorten sehr unterschiedlich und überlagerten diese Ergebnisse. Steigende Saatmengen und Bestandesdichten führten in der Regel zu einer stärkeren Unterdrückung der Vaterlinie (intervarietale Konkurrenz) und geringeren Kompensationsfähigkeit in der Mischung (intraspezifische Konkurrenz). In beiden Jahren verringerten sich die Kornzahl pro Pflanze und Kornzahl je Ähre bei der Vaterlinie sehr stark, wenn die Ährendichte der technischen Mischung anstieg. Die Qualität des Bestäubers nahm dadurch ab. Die Kornzahlen lagen bei 48 Körnern/Ähre (S1), 44 Körner/Ähre (S2) und 42 Körner/Ähre (S3). Besonders deutlich wurde die zunehmende Konkurrenz bei den Einzelpflanzen des Restorers. Die Kornzahl pro Pflanze war bei S3 (113 Körner/Pflanze) am geringsten und stieg bei S2 (137 Körner/Pflanze) und S1 (177 Körner/Pflanze) sehr deutlich an.

Diese Konkurrenz trat 2011 in einem stärkeren Ausmaß auf, weil 2012 das Wachstum der Pflanzen durch die günstigen Aussaatbedingung und Witterung gefördert wurde, sodass die Pflanzen stärker über die Bestockung und Einzelähren- bzw. Einzelpflanzen kompensieren konnten. Dies hatte auch Auswirkungen auf die Mischungseffekte und Sortenreinheit (Tabelle 40). 2011 war in Köthen die Sortenreinheit bei S3 mit 87,2 % am höchsten, S2 (84,6 %) und S1 (83,5 %) fielen deutlich ab. Im Gegensatz dazu waren die Unterschiede zwischen den Saatstärken 2012 geringer und es wurde bei S3 eine Sortenreinheit von 90,3 % erreicht, während S2 (89,4 %) und S1 (89,5) nur geringfügig abfielen. Auch in Wolkenburg 2011 stieg die Sortenreinheit mit zunehmender Aussaatmenge an. Die Hybridität in Wolkenburg 2012 wurde bei höheren Saatstärken tendenziell negativ beeinflusst. Aufgrund stärkerer Blatt- und Triebverluste bei den Mutterlinien egalisierten sich die Konkurrenzbedingungen und führten zu einem höheren Restoreranteil. Die Konkurrenz- und Mischungseffekte der Saateltern in Abgängigkeit der Saatstärken waren in der Regel auf beiden Standorten ähnlich (Tabelle 40, Anhang 52 bis Anhang 55).

Tabelle 40: Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Jahr, Standort und Saatstärke

| Jahr | Saatstärke | Köthen | Wolkenburg |
|------|----------------------------|--------|------------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 83,5 b | 84,7 c |
| | S2 [180 K/m ²] | 84,6 b | 86,7 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 87,2 a | 88,3 a |
| | GD Tukey | 1,2 | 1,1 |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 89,5 b | 87,3 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 89,4 b | 87,5 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 90,3 a | 86,1 a |
| | GD Tukey | 0,7 | 1,4 |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 86,5 b | 86,0 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 87,0 b | 87,1 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 88,8 a | 87,2 a |
| | GD Tukey | 1,2 | 1,2 |
| ∅ | ∅ | 87,0 | 87,0 |

4.3.3 Mischungseffekte und Sortenreinheit in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke und deren Wechselwirkungen

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Bedingungen für die Ertragsbildung in beiden Versuchsjahren und auf beiden Standorten zeigten sich die Wechselwirkungen zwischen Restorer, Sorte und Saatstärke in einem stärkeren Ausmaß, sodass Mischungs- und Konkurrenzeffekte auftraten. Diese Mischungseffekte wirkten sich bedeutend auf die Sortenreinheit aus. Die dazugehörigen F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten ($Pr > F$) der Sortenreinheit sind in Tabelle 41 dargestellt.

Tabelle 41: F-Werte und deren Überschreitungswahrscheinlichkeiten [$Pr > F$] der Sortenreinheit in Abhängigkeit von Jahr (J), Standort (SD), Restoreranteil (RE), Sorte (SO) und Saatstärke (ST) und deren Wechselwirkungen

| Faktor | F-Wert | Pr > F | Signifikanz |
|------------------------------|--------|--------|-------------|
| Restorer (RE) | 38,7 | 0,0000 | *** |
| Sorte (SO) | 333,1 | 0,0000 | *** |
| Restorer*Sorte | 12,9 | 0,0000 | *** |
| Saatstärke (ST) | 19,4 | 0,0000 | *** |
| Restorer*Saatstärke | 0,5 | 0,7390 | n.s. |
| Sorte*Saatstärke | 3,5 | 0,0159 | * |
| Restorer*Sorte*Saatstärke | 1,0 | 0,4552 | n.s. |
| Standort (SD) | 8,5 | 0,0061 | ** |
| Standort*Restorer | 3,1 | 0,0552 | n.s. |
| Standort*Sorte | 1,0 | 0,3707 | n.s. |
| Standort *Restorer*Sorte | 0,5 | 0,7178 | n.s. |
| Standort*Saatstärke | 4,3 | 0,0204 | * |
| Standort*Restorer*Saatstärke | 0,4 | 0,8222 | n.s. |
| Standort*Sorte*Saatstärke | 1,7 | 0,1768 | n.s. |
| Jahr (J) | 124,2 | 0,0000 | *** |
| Jahr*Restorer | 10,3 | 0,0003 | *** |
| Jahr*Sorte | 87,1 | 0,0000 | *** |
| Jahr*Restorer*Sorte | 0,3 | 0,8709 | n.s. |
| Jahr*Saatstärke | 25,5 | 0,0000 | *** |
| Jahr*Restorer*Saatstärke | 2,2 | 0,0924 | n.s. |
| Jahr*Sorte*Saatstärke | 2,2 | 0,0900 | ** |
| Standort*Jahr | 86,4 | 0,0000 | *** |
| Standort*Jahr*Restorer | 0,1 | 0,9504 | *** |
| Standort*Jahr*Sorte | 24,7 | 0,0000 | *** |
| Standort*Jahr*Saatstärke | 1,4 | 0,2592 | *** |

Mischungseffekte

Ein wichtiger Indikator für eine Zu- oder Abnahme der Konkurrenz in der technischen Mischung ist die Beziehung zwischen dem Restoreranteil, dem Saatgutansatz und der Sortenreinheit (Abbildung 13 und Abbildung 14). Die Konkurrenz verursacht Mischungseffekte.

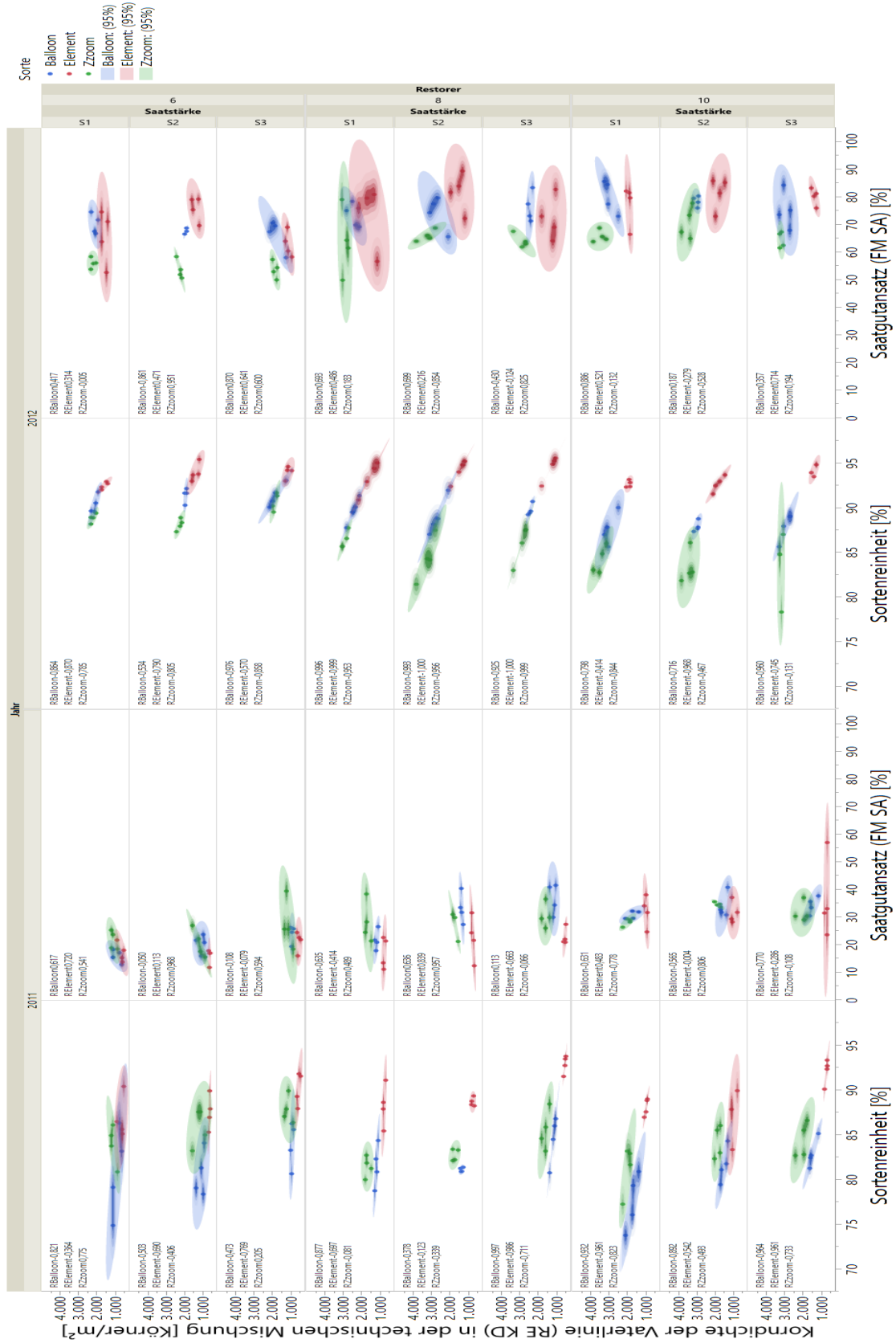


Abbildung 13:

Konkurrenzwirkungen und Mischungseffekte in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr, Restorer, Sorte und Saatstärke am Standort Köthen. Dargestellt als Beziehung zwischen der Korndichte der Vaterlinie [Körner/m²] in der technischen Mischung (RE KD), dem Saatgutansatz [%] der Mutterlinie (FM SA) sowie deren Einfluss auf die Sortenreinheit [%].

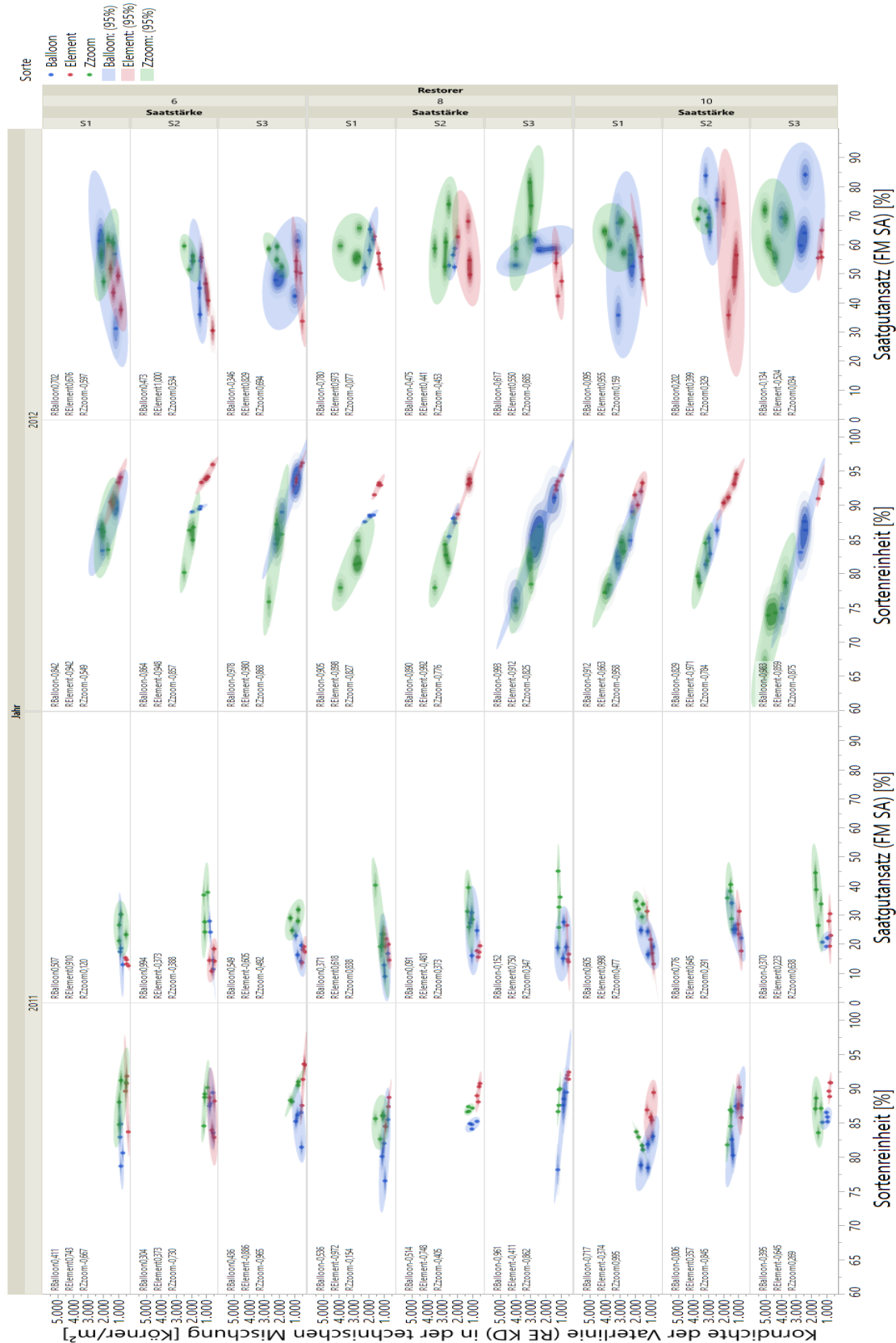


Abbildung 14:

Konkurrenzwirkungen und Mischungseffekte in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr, Restorer, Sorte und Saatstärke am Standort Wolkenburg. Dargestellt als Beziehung zwischen der Korndichte der Vaterlinie [Körner/m²] in der technischen Mischung (RE KD), dem Saatgutansatz [%] der Mutterlinie (FM SA) sowie deren Einfluss auf die Sortenreinheit [%].

Eine zunehmende Konkurrenz auf die Vaterlinie äußerte sich in einer geringeren absoluten und relativen Ährenzahl, einer geringeren Kornzahl/Ähre und einer geringeren Bestockung der Vaterlinie. Dadurch variierte die Korndichte der Vaterlinie und beeinflusste die Befruchtung der Mutterlinie sowie die Erträge und Sortenreinheit. Die Entwicklung der Vaterlinie in der technischen Mischung war sehr unterschiedlich und es stellten sich differenzierte Konkurrenzbedingungen und Mischungseffekte heraus. Diese Effekte waren wesentlich von den ertragsbildenden Prozessen in den Versuchsjahren sowie den Standortunterschieden gekennzeichnet.

2011 wurden sehr geringe Erträge erreicht und beeinflussten die Sortenreinheit negativ. Ein sehr zeitiges Vegetationsende und ein langanhaltender Winter beeinträchtigten die Entwicklung der Pflanzen. Zusätzlich verschärfte sich die Situation im Frühjahr 2011 aufgrund von Wechselfrösten bis Mitte April und einer außergewöhnlichen Trockenperiode im April und Mai. In der Schossphase reduzierten die Bestände sehr stark und durchliefen diese Periode in einer deutlich kürzeren Zeit, sodass sich die Konkurrenz auf die Vaterlinie in der Mischung verstärkte. Gemessen an der relativen Ährenzahl der Vaterlinie verdünnte sich der Anteil in der Mischung um 2-3 % und die Qualität der Einzelähren nahm sehr stark ab. Die Einzelpflanzen konnten 2011 diese Entwicklung nicht kompensieren, sodass der Anteil an Restorer um ca. 50 % geringer war als 2012. Höhere Saatstärken führten 2011 deshalb bei allen Sorten zu höheren Restoreranteilen in der Mischung, sodass der Saatgutansatz, die Erträge und die Sortenreinheit gefördert wurden. Auch eine Erhöhung des Restoreranteils in der Mischung wirkte sich positiv auf die Erträge und Sortenreinheit aus, wenn die Saatstärken anstiegen. Dadurch traten 2011 auf beiden Standorten keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Restorer, Sorte und Saatstärke auf.

Die sehr guten Wachstumsbedingungen für die Pflanzen im Jahr 2012 begünstigten die Einzelpflanze und Bestandesentwicklung. Dies förderte auch die Entwicklung und Qualität der Vaterlinie in der Mischung und führte zu einer besseren Konkurrenzfähigkeit. Die eingemischten Restoreranteile konnten somit erhalten werden und lagen bei ca. 6, 8 und 10 %. Dies beeinflusste den Saatgutansatz und die Befruchtung der Mutterlinie positiv, weil eine bessere Blühsynchronisation zwischen den beiden Elternkomponenten möglich war. Dadurch waren 2012 deutlich höhere Erträge und Saatgutqualitäten realisierbar als 2011. Die Erhöhung des Mischungsanteils von 6 auf 8 % Vaterlinie führte zu einem deutlich höheren Ertragsanstieg, während dieser bei einem Mischungsanteil von 10 % wiederum geringer ausfiel. Im Gegensatz zu 2011 wirkte sich 2012 eine stärkere Erhöhung des Restoreranteils dann negativ auf die Sortenreinheit aus.

Hierbei traten allerdings Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren auf. Entsprechend ergaben sich Mischungseffekte und Interaktionen zwischen Restorer, Sorte und Saatstärke. Diese Wechselwirkungen waren 2012 in Köthen und Wolkenburg sehr unterschiedlich, weil die Witterung diese Beziehung überlagerte. In Köthen war der Einfluss der Frostperiode im Februar 2012 geringer als in Wolkenburg, da dort eine ausreichende Schneedecke die Pflanzen schützte.

Die höheren Blatt-, Trieb- und Pflanzenverluste in Wolkenburg hoben dann zum Teil die Konkurrenzwirkung auf und die Ertragskomponenten zeigten eine deutlich stärkere Variabilität. Die Konkurrenz in der Mischung war damit in Köthen höher als in Wolkenburg, sodass die Ertragskomponenten der Saateltern in Köthen sehr stark auf den Restorer in Kombination mit der Saatstärke reagierten und zu Mischungseffekten führten (Anhang 56 und Anhang 57). Im Gegensatz dazu war der Sorteneinfluss aufgrund der unterschiedlichen Winterhärte in Wolkenburg höher als in Köthen und verursachte sortenspezifische Mischungseffekte (Anhang 58 und Anhang 59).

Geringere Saatstärken förderten 2012 die Entwicklung der Bestände und eine gleichzeitige Erhöhung des Mischungsanteils verringerte die Konkurrenz zwischen Mutter- und Vaterlinie. Dies äußerte sich aufgrund der höheren Auswinterungsgefahr 2012 in einer zügigeren und besseren Entwicklung der Pflanzen im Frühjahr. So reagierte auch die Vaterlinie mit einem besseren Kompensationsvermögen über die Einzelpflanzen und Einzelährenausbildung in der technischen Mischung. Entsprechend standen mehr Pollen für die Bestäubung zur Verfügung, sodass bei reduzierten Saatstärken die Befruchtung der Mutterlinie in der Regel höher war als bei zu dichten Beständen. Dies führte auch zu einer besseren Standraumverteilung der Vaterlinie in der Mischung, sodass die Saatguterträge und Sortenreinheit neben der positiven Wirkung auf die Mutterlinie auch bei zunehmenden Vaterlinienanteil profitierten.

Sortenreinheit

Die Sorten und Saatstärken sowie deren Wechselwirkungen hatten einen entscheidenden Einfluss auf die Sortenreinheit (Tabelle 42). 2011 stieg die Hybridität mit zunehmender Aussaatstärke bei allen Sorten an, während 2012 die Sortenreinheit weitestgehend unbeeinflusst blieb und über die bessere Einzelpflanzenentwicklung kompensiert werden konnte.

Tabelle 42: Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen am Standort Köthen und Wolkenburg im Jahr 2011 und 2012

| Jahr | | 2011 | | 2012 | |
|--------------|----------------------------|---------|------------|--------|------------|
| Sorte | Saatstärke | Köthen | Wolkenburg | Köthen | Wolkenburg |
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 80,0 e | 81,2 d | 89,2 b | 86,8 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 81,2 de | 85,5 bc | 89,4 b | 86,9 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 83,8 cd | 85,5 bc | 89,7 b | 85,9 bc |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 88,3 b | 87,4 bc | 92,8 a | 92,2 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 88,2 b | 87,8 bc | 93,6 a | 93,0 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 92,0 a | 91,2 a | 94,3 a | 93,7 a |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 82,2 de | 85,4 c | 86,5 c | 83,0 c |
| | S2 [180 K/m ²] | 84,3 cd | 86,7 bc | 85,3 c | 82,5 c |
| | S3 [230 K/m ²] | 85,9 bc | 88,2 ab | 86,8 c | 78,7 d |
| ∅ | ∅ | 85,1 | 86,5 | 89,7 | 87,0 |
| GD Tukey max | | 3,23 | 3,00 | 1,98 | 3,62 |
| GD Tukey min | | 2,72 | 2,53 | 1,67 | 3,17 |

Entsprechend war der Einfluss der Sorte auf die Sortenreinheit in beiden Jahren und auf beiden Standorten am größten (Abbildung 15).

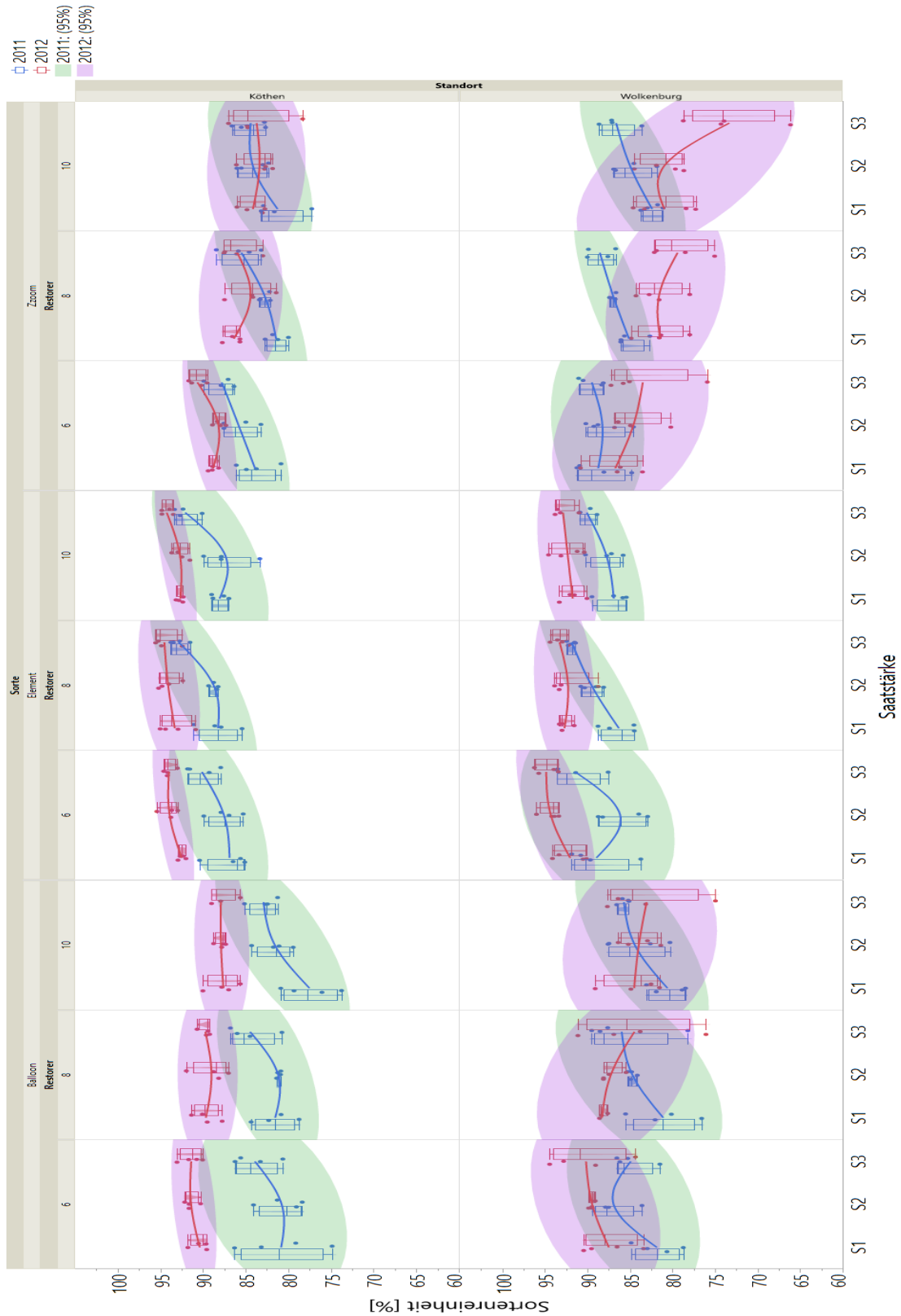


Abbildung 15: Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit von Jahr, Standort, Restorer, Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen

Sortenbedingt waren die Unterschiede zwischen der Dreifachhybriden Element und den Einfachhybriden, Balloon und Zzoom, sehr groß. Verantwortlich hierfür waren die unterschiedlichen Eigenschaften der Saateltern in der technischen Mischung, sodass unterschiedliche Konkurrenz- und Mischungseffekte zwischen den Sorten und Saatstärken auf beiden Standorten beobachtet wurden (Anhang 60 bis Anhang 67).

Durch die unterschiedlichen Konkurrenzwirkungen der Elternkomponenten reagierten die Sorten ebenso stark auf die Variation des Restoreranteils in der technischen Mischung und beeinflusste die Sortenreinheit (Tabelle 43).

Tabelle 43: *Sortenreinheit [%] in Abhängigkeit vom Restoreranteil und Sorte sowie deren Wechselwirkungen am Standort Köthen und Wolkenburg im Jahr 2011 und 2012*

| Jahr | | 2011 | | 2012 | |
|----------------|---------|---------|------------|---------|------------|
| Restoreranteil | Sorte | Köthen | Wolkenburg | Köthen | Wolkenburg |
| 6 RE | Balloon | 81,8 cd | 84,6 bc | 91,1 bc | 89,0 bc |
| | Element | 88,2 ab | 88,8 a | 93,5 ab | 93,7 a |
| | Zzoom | 85,9 bc | 88,8 a | 89,2 cd | 85,0 cde |
| 8 RE | Balloon | 82,4 cd | 83,9 c | 89,5 cd | 86,7 cd |
| | Element | 89,9 ab | 89,2 a | 94,0 a | 92,8 ab |
| | Zzoom | 83,2 cd | 86,9 abc | 85,6 ef | 80,8 ef |
| 10 RE | Balloon | 80,7 d | 83,6 c | 87,8 de | 83,9 de |
| | Element | 90,4 a | 88,3 ab | 93,2 ab | 92,3 ab |
| | Zzoom | 83,3 cd | 84,7 bc | 83,8 f | 78,5 f |
| ∅ | ∅ | 85,1 | 86,5 | 89,7 | 87,0 |
| GD Tukey max | | 4,27 | 4,14 | 2,72 | 4,63 |
| GD Tukey min | | 4,27 | 4,10 | 2,69 | 4,63 |

Zum einen war die Dreifachhybride Element sehr vital, bestockungsfreudig und konkurrenzstark, sodass die Vaterlinie in der Mischung im Vergleich zu den beiden Einfachhybriden (Balloon und Zzoom) sehr stark unterdrückt wurde. Vor allem bei einem Anstieg der Saatstärke nahm die Konkurrenz auf die Vaterlinie stärker zu, sodass die Restorer bei einer Saatmenge von über 220 Körner/m² weniger bestockten und eine geringere Kornzahl pro Ähre ausbildeten. Deutliche Effekte wurden deshalb bei einer Erhöhung des Restoreranteils bei gleichzeitiger Reduktion der Saatstärke erzielt. Aufgrund der stärkeren Unterdrückung des Restorers war die Befruchtung auf der Mutterlinie generell einer stärkeren Variabilität ausgesetzt. Genetisch bedingt war zum anderen aber auch die Aufnahmebereitschaft der Mutterlinie für den Pollen des Restorers im Vergleich zu den Einfachhybriden verhältnismäßig höher und die Mutterlinie der Sorte Element war in der Lage geringere Aussaatstärken über die Bestockung zu kompensieren und zu gleichmäßigen produktiven Ähren zu führen. Entgegen der stärkeren Variabilität bei der Befruchtung führte diese Konstellation der Eigenschaften der Saateltern bei der Sorte Element zu der höchsten Sortenreinheit, unabhängig von der Saatstärke und dem Restoreranteil. Hierbei traten sowohl bei der Änderung der Saatstärke als auch des Restoreranteils geringe Schwankungen auf. In Bezug auf

den Einfluss der Saatstärke lag die Sortenreinheit 2011 bei 87,4 bis 92,0 % und 2012 im Bereich von 92,2 bis 94,3 %. Über alle Saatstärken lag die Sortenreinheit bei variierenden Restorergehalten 2011 bei 88,2 bis 90,4 % und 2012 bei 92,3 bis 94,0 %. Vor allem bei einem Restoreranteil von 10 % und einer Aussaatstärke von 130 bis 180 Körner/m² konnte Element noch einmal deutlich höhere Erträge und eine höhere Sortenreinheit erzielen als Balloon und Zzoom.

Die Unterdrückung des Restorers war bei den Einfachhybriden bedeutend geringer als bei Element. Eine Erhöhung des Restorers führte bei Balloon und Zzoom zwar zu einem Anstieg der Erträge, die Sortenreinheit nahm jedoch überproportional ab. 2011 konnten nur höhere Erträge und eine höhere Sortenreinheit erzielt werden, wenn die Saatstärke auf das Maximum von 220 Körner/m² angehoben wurde. Dies führte zwar auch zu einer Abnahme der Qualität des Restorers in der Mischung, allerdings nicht so stark wie bei Element, sodass eine bessere Befruchtung und bessere Saatgutqualitäten möglich waren. 2012 reagierten die Einfachhybriden sehr stark auf eine Erhöhung des Restorers und beeinflusste die Sortenreinheit negativ. Hierbei waren die Unterschiede zwischen den Saatstärken in der Regel gering, während höhere Saatmengen auf beiden Standorten stärker durch Schneeschimmel und Frost beeinflusst wurden. Deshalb war eine Reduktion der Saatstärke ertraglich und qualitativ (Sortenreinheit) im Vorteil.

Balloon und Zzoom reagierten allerdings sehr unterschiedlich auf die Variation der Produktionsfaktoren. Auch bei Balloon war die Konkurrenz in der Mischung höher als bei Zzoom. Balloon zeigte eine verhaltene Jugendentwicklung und geringeren Ährendichten als Zzoom. Das breite Blatt der Mutterlinie führte ebenso zu einer stärkeren Unterdrückung der Vaterlinie in der technischen Mischung. Zudem hatte die Sorte Balloon ein deutlich geringeres Kompensationspotenzial, besonders wenn die Wachstumsbedingungen nicht optimal waren. Deshalb war 2011 die Sortenreinheit bei Balloon am geringsten. S1 erreichte eine Sortenreinheit von 80,0 (Köthen) bis 81,2 % (Wolkenburg), S2 von 81,2 bis 85,5 % und S3 von 83,8 bis 85,5 %. Entsprechend reagierte Balloon 2011 auch auf höhere Restorergehalte. Bei 6 % Vaterlinie in der Mischung wurde eine Sortenreinheit von 81,8 bis 84,6 %, bei 8 % Restorer 82,4 bis 83,9 % und bei 10 % Restorer 80,7 bis 83,6 % ermittelt. Im Gegensatz dazu war die Sortenreinheit 2012 in Köthen bei Balloon mit 89,2 bis 89,7 % sehr stabil und unbeeinflusst von der Saatstärke. Auch eine Erhöhung des Restorers wirkte sich nur verhalten auf die Sortenreinheit in Köthen aus (87,8 bis 91,1 %). In Wolkenburg lag die Sortenreinheit bei 89,0 % (6 RE), stieg auf 93,7 % (8 RE) an und fiel bei 10 % Vaterlinie deutlicher ab (85,0 %). Die Unterschiede zwischen den Saatstärken waren 2012 gering (85,9 bis 86,9 %).

Zzoom zeichnete sich durch eine zügige Herbstentwicklung und einem hohem Kompensationsvermögen aus, während die Winterhärte deutlich geringer war als bei den Sorten Balloon und Element. Die Konkurrenz in der technischen Mischung war aufgrund der erektophilen Blattstellung gering. Trotzdem förderten 2011 höhere Saatstärken die Sortenreinheit bei der Sorte Zzoom. Es wurde eine Hybridität bei S1 von 82,2 (Köthen) bis 85,4 % (Wolkenburg), bei S2 von

84,3 bis 86,7 % und bei S3 von 85,9 bis 88,2 % erreicht. Die Erhöhung des Restoreranteils führte zu deutlich höheren Restorergehalten in der Mischung, konnten aber nur bedingt in bessere Befruchtungsergebnissen umgesetzt werden. Die Sortenreinheit lag 2011 bei 6 % Vaterlinie in der Mischung im Bereich von 85,9 bis 88,8 % und fiel dann bei 8 RE auf 83,2 bis 86,9 % bzw. bei 10 RE auf 83,3 bis 84,7 % sehr deutlich ab. 2012 verstärkte sich dieser Effekt und die Hybridität lag bei 6 % Vaterlinie in der Mischung bei 85,0 (Wolkenburg) bis 89,2 % (Köthen) und fiel bei 8 RE auf 80,8 bis 85,6 % sowie auf 78,5 bis 83,8 % (10 RE) ab. 2012 war die Saatgutqualität durch das Krankheitsaufkommen (Köthen) und durch die Auswinterungserscheinungen (Wolkenburg) beeinträchtigt. Dadurch war in Wolkenburg die Hybridität deutlich geringer als in Köthen bzw. im Vergleich zu den anderen Sorten. Die Saatstärken reagierten 2012 entsprechend auf die Witterungsbedingungen. In Köthen waren die Unterschiede zwischen den Saatstärken gering und es wurde eine Sortenreinheit von 85,3 bis 86,8 % erreicht. In Wolkenburg lag die Sortenreinheit bei S1 (83,0 %) und S2 (82,5 %) am höchsten, während S3 mit 78,7 % sehr stark abfiel.

Saatgutqualität und Mutterkornbefall

Die unterschiedliche vegetative und generative Entwicklung der Elternkomponenten der Sorten beeinflusste neben der Sortenreinheit auch die Saatgutqualität. Die Sorten zeigten in Abhängigkeit der Saatstärken und des Restorergehaltes sehr unterschiedliche Qualitäten in Bezug auf den Besatz mit Mutterkorn, wenn die Produktionsbedingungen nicht optimal waren. 2011 wurde in der geernteten Rohware Mutterkornbesatz festgestellt, was auf die anhaltende Trockenheit im Frühjahr und suboptimale Bestandesentwicklung zurückzuführen war. Für die Wintergerste kamen die Niederschläge im Juni 2011 zu spät, sodass Stickstoffreserven aus dem Boden mobilisiert wurden und zur Bildung von Zwiewuchs und Nachschossern führten (Abbildung 16).

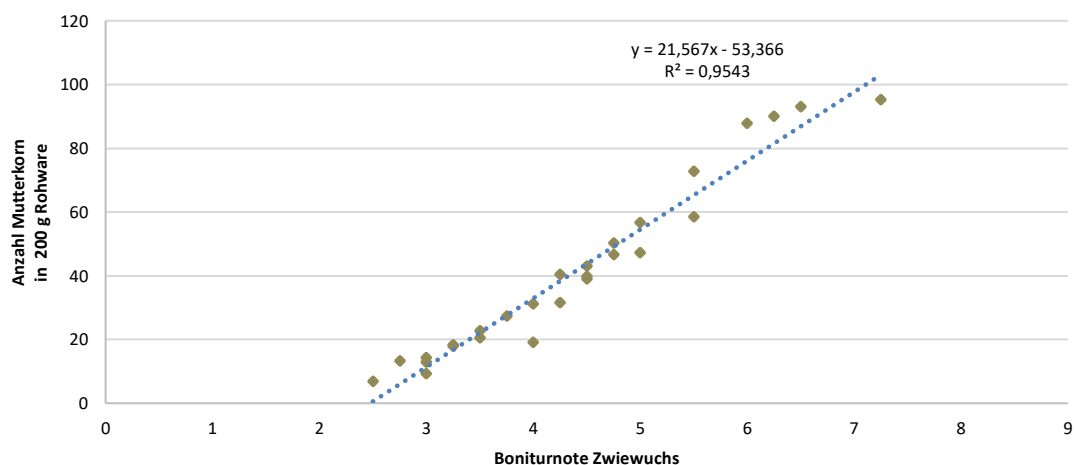


Abbildung 16: Zusammenhang zwischen Mutterkornbefall [Mutterkorn in 200 g Rohware] und Anteil sekundärer Triebe bzw. Zwiewuchs am Standort Köthen 2011

Standortbedingt traten Unterschiede auf. Der Mutterkornbesatz in Köthen war 2011 sehr hoch, während dieser in Wolkenburg zu vernachlässigen war. Der Befall mit Mutterkorn wurde durch die Saatstärke, die Sorte sowie die verschiedenen Restoreranteile beeinflusst und steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem ermittelten Anteil sekundärer Triebe (Abbildung 17).

Steigende Saatstärken und eine gleichzeitige Erhöhung des Restoreranteils in der technischen Mischung führten zu einem geringeren Befall mit Mutterkorn und waren an höhere Erträge und einer besseren Befruchtung gekoppelt. Die Bildung sekundärer Triebe wurde hierbei auch sehr stark durch die Sorte beeinflusst. Die Dreifachhybride Element zeigte aufgrund der sehr vitalen vegetativen Entwicklung den größten Besatz mit Mutterkorn in der Rohware (58 Mutterkörner), die Einfachhybride Balloon hatte mit 44 Mutterkörner/200 g Rohware einen etwas geringeren Anteil und die Sorte Zzoom zeigte die geringsten Befallswerte (20 Mutterkörner). Eine Zunahme der Konkurrenz oder eine ungünstige Konstellation der Ertragskomponenten in der Mischung führte 2011 zu einer geringeren Befruchtung und zu einem höheren Besatz mit Mutterkorn, während höhere Ährendichten die Bildung von Nachschossern reduzierten. Ein höherer Mischungsanteil der Vaterlinie bei höherer Bestandesdichte führte schließlich zu einem geringeren Besatz mit Mutterkorn.

Aufgrund der sehr üppigen Vorwinterentwicklung 2012 zeigten die Pflanzen in Köthen und Wolkenburg ein sehr starkes Kompensationsvermögen und verhinderten die Bildung von sekundären Trieben. Deshalb konnte 2012 kein Mutterkorn ermittelt werden und es wurden deutlich höhere Saatguterträge erzielt als 2011. Diese höheren Erträge waren auf eine bessere Bestandesentwicklung und einer besseren Befruchtung zurückzuführen.

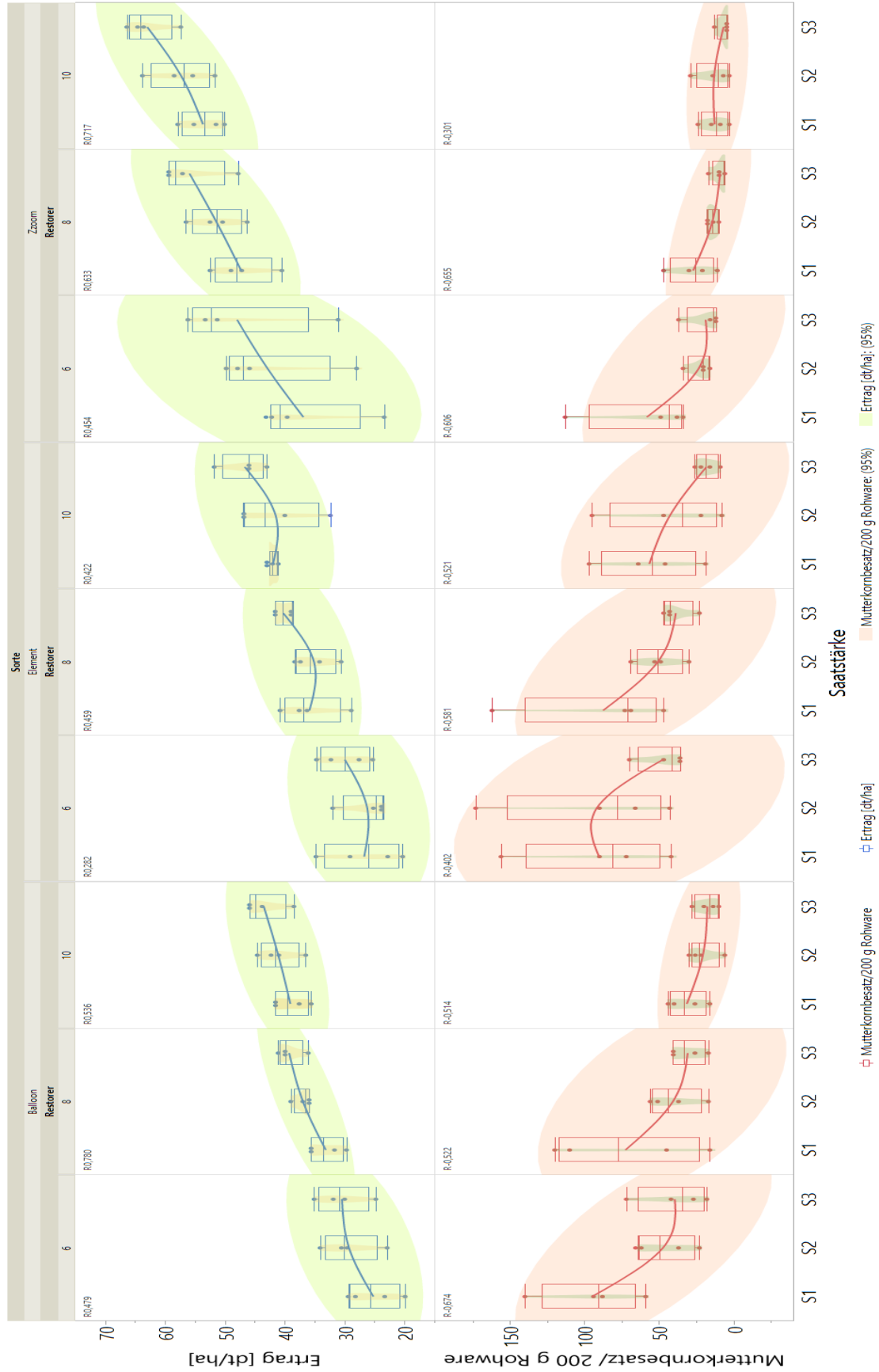


Abbildung 17: Beziehung zwischen Ertrag [dt/ha] und Mutterkornbefall [Mutterkornbesatz/ 200 g Rohware] in Abhängigkeit von Restorer, Sorte und Saatstärke am Standort Köthen 2011

5 Diskussion

5.1 Einfluss der Jahreswitterung auf die Ertragsbildung, Flächenerträge und Ertragskomponenten

Die Erträge in den Untersuchungsjahren zeigten deutliche Einflüsse der Jahreswitterung auf die Ertragsbildung. Während 2011 mit durchschnittlich 38 dt/ha außergewöhnlich niedrige Erträge erzielt wurden, stieg das Ertragsniveau 2012 auf 82 dt/ha an. Die Bestockung sowie Trieb- und Ährendichte lag in beiden Untersuchungsjahren auf sehr unterschiedlichem Niveau. Bis zum Bestockungsende 2011 wurde das von SCHÖNBERGER und HARMS (1980) empfohlene Niveau von 1.200 bis 1.300 Trieben/m² bei Getreide erreicht. Die Bestandesdichte zur Ernte war mit 453 Ähren/m² allerdings bedeutend geringer als 2012 (575 Ähren/m²). 2012 war die Triebzahl zu Vegetationsbeginn mit 1.800 Triebe/m² annähernd doppelt so hoch wie 2011. Die günstigen Wachstumsbedingungen führten dann bis Bestockungsende zu mehr als 2.000 Trieben/m² und zu einer ausreichend hohen Ährendichte.

Die Aussaat 2010 erfolgte aufgrund der widrigen Witterungsbedingungen unter dem Kompromiss einer reduzierten Bodenbearbeitung im Mulchsaatverfahren und einer verspäteten Aussaat, sodass bereits die Anzahl aufgelaufener Pflanzen deutlich geringer war als 2011. Auch andere Versuchsansteller (PFEIFFER 1949, AUFHAMMER 1955, KNOCH 1962, AUFHAMMER 1966) berichten von sinkenden Erträgen bei zu geringer Ährendichte in Kombination mit niedrigeren Einzelährenerträgen. Bedingt durch den nass kühlen Herbst war eine optimale Grundbodenbearbeitung nicht möglich. Der Boden konnte nässebedingt nicht tief bearbeitet und gelockert werden. Starkregenereignisse vor der Aussaat verschärften die Situation zusätzlich, sodass keine optimale Saatbettbereitung möglich war. Dies führte zu einer schlechten Bodenstruktur sowie zu Verdichtungen des Saathorizontes. Auch OUSSIBBLE et al. (1992) führten u.a. bei Weizen reduzierte Bestandesdichten auf Verdichtungen im Oberboden zurück, diese äußerten sich in einer um 15 % geringeren Ährendichte. Ähnliche Befunde zeigen die Daten von KRIEGER (1994) bei Winterweizen sowie SCHRÖDER (1997) und MÄHNER (1999) bei Wintergerste.

Im weiteren Vegetationsverlauf wurde das Pflanzenwachstum durch den unbeständigen, kühlen und niederschlagsreichen Herbst 2010 beeinflusst. Die Vegetationsruhe setzte deutlich früher ein als im Mittel der Jahre. Es folgte ein früher Wintereinbruch mit viel Schnee und sehr niedrigen Temperaturen. Ein langer, harter Winter mit Wechselfrösten zu Vegetationsbeginn im März bis Mitte April beeinträchtigte 2011 das Pflanzenwachstum und die Bestockung auf beiden Standorten erheblich. Zwar kann eine flache Saatgutablage unter günstigen Voraussetzungen zu einer höheren Bestockung führen (GROSSE-HOKAMP 1983), allerdings sind dann die Kronenwurzeln

der Pflanzen häufig nicht fest genug im Boden verankert. Dies kann dann zur Bildung von Nachschossern und Mutterkorn (*Claviceps purpurea*) führen (MIELKE 2000). Auch in diesem Versuch wurde 2011 die Mutterkornbildung durch die suboptimale Bestandesetablierung gefördert und erheblich von dem Restoreranteil, der Sorte und der Saatstärke beeinflusst.

Eine entscheidende Größe für den Ertragsaufbau ist auch die Stickstoffverfügbarkeit während der Bestockungsphase (KNOPF 1977, HEYLAND und KNOPF 1980, BOESE et al. 1991). Die Mineralisation im Frühjahr 2011 war aufgrund der ungünstigen Witterungsbedingungen und Bodenstruktur (SCHÖNBERGER und SLOTTA 1983) verhalten. Besonders bei einer reduzierten Saatstärke ist dies kritisch einzuordnen, da dies die Ursache für den späteren Mutterkornbefall war (MIELKE 2000). Nach KOCHS (1980) erfordern verringerte Saatstärken höhere N-Mengen zur Förderung der Bestockung, um die Triebzahl und die Ährenausbildung zu fördern. Eine zu späte Stickstoffnachlieferung, wie im Frühjahr 2011 birgt allerdings auch ein höheres Risiko für die Bildung von Nachschossern und Mutterkorn (STOY 1973, STOY 1977, MICHAEL 1981, EVANS 1992, MIELKE 2000). RETZER (1995) und KNOPF (1997) empfehlen deshalb eine frühzeitige N-Düngung zum Doppelringstadium, um die Ährchendifferenzierung und Blütenbildung zu fördern sowie der Triebreduktion während der Streckung entgegenzuwirken.

Der Herbst 2011/2012 war durch warme, trockene und sonnenscheinreiche Witterung gekennzeichnet. Optimale Bedingungen für die Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung führten dazu, dass die Gerste mit ca. zehn Tagen Unterschied bereits Mitte September gedreht wurde. Die guten Bedingungen ließen eine optimale Saattiefe von ca. 30 mm auf beiden Standorten zu (BUHTZ 1973, GROSSE-HOKAMP 1983). Ausreichende Niederschläge im Winter begünstigten die nutzbare Feldkapazität und aufgrund relativ hoher Temperaturen hielt das Wachstum dann bis Januar an.

KIRBY et al. (1985), AGUIRRE et al. (1991) und WAHBI et al. (1995) berichten, dass insgesamt höhere Temperatursummen zu einer besseren Trieb- und Wurzelentwicklung führen. Hohe Temperaturen nach der Saat, das anhaltend lange Wachstum im Herbst 2011 in Kombination mit einer guten Bodenstruktur begünstigten die Trockenmassebildung von Wurzel und Spross sowie den Blattflächenindex und die Trieb- und Ährendichten (GEIGER 1961, HEYLAND 1984, KIRBY und APPLEYARD 1984). CAO (1989) und SCHÖNBERGER et al. (2000) beschreiben die Pflanzenentwicklung in Abhängigkeit der Temperatursumme, sie geben das Phyllochron bei Wintergerste mit ca. 70°C an. Auch Untersuchungen von FLETCHER et al. (1977), KIRBY et al. (1985), KIRBY und PERRY (1987) und MIGLIETTA (1991) deuten darauf hin, dass aufgrund einer unterschiedlichen Blattbildungsrate zwischen Haupt- und Nebentrieben, die schwächere Vorwinterentwicklung 2010/2011 nicht über eine stärkere Bestockung im Frühjahr kompensiert werden kann.

2011/2012 hatten die früh angelegten Triebe einen Vegetationsvorsprung (KIRBY et al. 1985, HAY und KIRBY 1991), sodass sich eine einheitliche Triebhierarchie mit kräftigen Haupt- und Nebentrieben ausbildete. Daten von AUFHAMMER (1955) und AUFHAMMER (1966, 1980) belegen, dass die Anlage von Nebentrieben und damit die Anzahl der Triebe pro Flächeneinheit ein entscheidender Faktor bei der Ertragsbildung ist. Deshalb kommt der Vorwinterentwicklung bei der Wintergerste eine wesentliche Bedeutung zu. Höhere Bestandesdichten 2012 sind auf eine bessere vegetative und generative Einzelpflanzenentwicklung und homogene Triebhierarchie zurückzuführen. Daraus resultieren ein gleichmäßiger Bestandesaufbau und Ährendichte, sodass hierüber hohe Erträge möglich waren.

2010/2011 war die generative Entwicklung und Differenzierung der Ährenanlage aufgrund der verhaltenen vegetativen Entwicklung eingeschränkt (HAY und KIRBY 1991). Die schwache generative Entwicklung aus dem Herbst konnte im Frühjahr nicht mehr kompensiert werden (HAY 1986, KROPF 1993). 2011/2012 wurde die maximale Anzahl an Spindelstufen, die nach AUFHAMMER (1980) bis 21 betragen kann schon bis zum Bestockungsende erreicht. In der von POMMER und KEYDEL (1980) genannten kritischen Phase der Ertragsbildung herrschten somit günstige Wachstumsbedingungen vor. Diese förderten die Bildung der generativen Anlagen (JAMIESON et al. 1998, HAY und ELLIS 1998, KIRBY et al. 1999, KROPF 2012). Bedingt durch die üppige Entwicklung und dem frühem Vegetationsbeginn eilte 2012 die vegetative der generativen Entwicklung voraus. Noch vor dem Erreichen des Spitzenmeristems herrschte Konkurrenz zwischen der Blütenanlage und der Triebreduktion. Durch die einsetzende Triebreduktion konnte Stickstoff in der Pflanze verlagert werden und stand somit für die Erhaltung von Blütenanlagen bereit (HARMS 1982). 2011 herrschte dagegen eine Konkurrenz um Wachstumsfaktoren zwischen der Bildung von Blütenanlagen und für die Trieberhaltung während der Schossphase. Das ist möglicherweise eine wichtige Ursache für die suboptimale Ährenausbildung und die Ertragsunterscheide zwischen den Haupt- und Nebentrieben.

Eine besonders sensitive Phase der Ertragsbildung bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste ist der Blühverlauf. Die Blüte trat 2012 eine Woche früher ein als 2011, allerdings herrschten in beiden Jahren und auf beiden Standorten ähnliche Befruchtungsbedingungen während der Dauer der Blüte vor. Der sehr unterschiedliche Saatgutansatz in den beiden Versuchsjahren war wahrscheinlich nur in geringem Maße auf die Witterungsbedingungen zur Blüte zurückzuführen (Anhang 68 bis Anhang 71). Ein Indikator dafür ist auch, dass die Anzahl der Pollen während der Blüte 2011 auf beiden Standorten bedeutend höher war als 2012 (Anhang 72). Dies wurde in ähnlicher Weise auch auf benachbarten Praxisvermehrungen festgesellt, dort wurden Erträge bis 85 dt/ha in den Hybridvermehrungen bei gleicher Genetik erzielt.

Möglicherweise war der geringe Saatgutansatz 2011 auch auf die schlechte vegetative und generative Entwicklung im Herbst zurückzuführen (HAY und KIRBY 1991, JAMIESON et al. 1998). Das Doppelringstadium und somit der Beginn der Ährenanlage wurden erst im Frühjahr erreicht.

Die Haupttriebe erreichten 2010 bis Vegetationsende noch das Doppelringstadium. Bei den Nebentrieben trat das Doppelringstadium im Frühjahr wegen der geringen vegetativen Entwicklung später auf, sodass auch die generative Entwicklung verzögert war (HAY und ELLIS 1998). Die Pflanzen durchliefen die Ährchendifferenzierung erst unter Langtagsbedingungen und in einer deutlich verkürzten Zeit (HAY 1986, KROPF 1993). Dies verursachte später auch den zeitlichen Versatz der Blüte zwischen Haupt- und Nebentrieben. Unklar ist, ob die Blühzeitverzögerung von maximal 8 Tagen, wie bei RIDDLE und SUNESON (1944) und PARZIES et al. (2005) beschrieben, überschritten wurde und damit zu einer geringeren Befruchtung führte. Ungeklärt ist auch, inwieweit die schwache Herbstentwicklung, die Blüte der Einzelähren beeinflusste (EVANS 1972).

Im Gegensatz dazu steht der hohe Saatgutansatz (64 %) 2012. Wie bereits bei AUFHAMMER (1955) und AUFHAMMER (1966, 1980) beschrieben, führte eine bessere vegetative Entwicklung und eine intensive Ährchendifferenzierung zu stabilen und homogenen Ähren. Dies förderte offensichtlich die Blühsynchronisation der Saateltern und wirkte sich positiv auf die Erträge und Sortenreinheit aus, weil die reproduktive Organusbildung an die vegetative Entwicklung der Blätter und Triebe gekoppelt ist. Die Blätter und Triebe hatten 2012 einen Entwicklungsvorsprung (KIRBY 1985, HAY 1986, HAY und KIRBY 1991, JAMIESON et al. 1998) und durchliefen die Phase der Ährchendifferenzierung in einer deutlich längeren Zeit im Vergleich zu 2011. KIRBY und APPEYARD (1984), DELÉCOLLE et al. (1989), HAY und ELLIS (1998) und KIRBY (1999) bemessen deshalb der reproduktiven Phase vom Doppelringstadium bis zur Ährchendifferenzierung einen besonderen Stellenwert bei der Blüte bei. Vermutlich wirkte sich die gute Bestandesentwicklung 2012 auch auf die Blühsynchronisation der Einzelähren positiv aus (SCHOOP 1986).

Daten zum Einfluss der Witterung auf die Befruchtung der Gerste liegen nur wenige vor. Studien zur Pollenmorphologie (EASTHAM und SWEET 2002) und zur Physiologie der Pollenschüttung sowie der Befruchtung (BRIGGS 1978, TURUSPEKOV et al. 2005, ABDEL-GHANI et al. 2005 und PARZIES et al. 2005), zeigen ähnliche Ergebnisse in Bezug auf die Blühsynchronisation, wie die eigenen Untersuchungen.

Die suboptimale Bestandesetablierung 2011 sowie die partielle Auswinterung und die Trockenheit im Mai 2012 waren die Ursache für einen schlechteren Saatgutansatz in Wolkenburg 2012. Ungeklärt ist, ob die Winterhärte von CMS-Pflanzen aufgrund des veränderten Cytoplasmas geringer ist (FUKASAWA 1956, 1957) und ob sie damit einen Einfluss auf die Konkurrenzbeziehungen und die Mischungseffekte bei der Hybridgerstensaatzgutproduktion hat, besonders dann, wenn klimatische Extreme auftreten.

Die extremen Witterungsunterschiede in den beiden Versuchsjahren verursachten größere Ertragsunterschiede als die Konkurrenz der Mischungspartner. Die entscheidende Ertragskomponente bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste ist die Korndichte, allerdings wird sie nach THORNE et al. (1988) und CHRISTEN et al. (1992) nur in wenigen Arbeiten angegeben. Auch in diesen Versuchen korrelieren die Erträge sehr stark mit der Korndichte ($r = 0,946^{***}$). In Köthen

wurden in beiden Jahren, 2011 (ca. 8.200 Körner/m²) und 2012 (ca. 22.400 Körner/m²), höhere Korndichten erreicht als in Wolkenburg (-13-15%).

Die Erträge korrelieren daher im Mittel der Versuchsjahre und Standorte sehr eng mit der Kornzahl je Ähre in der technischen Mischung ($r = 0,929^{***}$). In Wolkenburg wurde 2012 diese Beziehung durch die heterogene Bestandesarchitektur und vor allem durch die geringere Befruchtungsrate negativ beeinflusst. Aus den Daten wird auch deutlich, dass der Einfluss der Kornzahl auf den Ertrag größer war als höhere Ährenzahlen ($r = 0,703^{***}$). Auch MERFERT et al. (1983, 1988) finden einen starken Einfluss der Ährendichte auf den Ertrag bei der Hybridsaatgutproduktion von Weizen, ähnliche Ergebnisse wurden in diesen Untersuchungen sehr deutlich.

HEYLAND und TRIEBEL (1982) berichten auch von einer negativen Wechselwirkung zwischen Ährenzahl und Kornzahl je Ähre sowie der Ährendichte und der Tausendkornmasse ($r = -0,607^{***}$). In den eigenen Daten zeigen überentwickelte Bestände in Köthen vor allem bei Trockenheit im Mai 2012 negative Korrelationen, u.a. bei höherer Bestandesdichte mit dem Einzelährenertrag ($r = -0,656^{***}$) sowie den Einzelpflanzenenertrag ($r = -0,4995^{***}$) und der Kornzahl pro Pflanze ($r = -0,457^{***}$). Geringere Erträge bei Einzelpflanzen sind möglicherweise auch auf die Konkurrenz um Wachstumsfaktoren (DE WIT 1960, WILSON 1988, SNAYDON 1996, AUFHAMMER 1999) und die innerpflanzliche Konkurrenz, wie in mehreren Arbeiten (SCHOOP 1986, PIORR 1991) beschrieben, erklärbar. Entgegen dieser spezifischen Konkurrenz war die Tausendkornmasse insgesamt stabil. Ansteigende Einzelpflanzenenerträge mit höheren Korndichten ($r = 0,512^{***}$) wurden 2012 in Wolkenburg beobachtet. WOLLNY (1885), HEUSER (1928) und FISCHBECK et al. (1982) führen dieses Phänomen auf eine Optimumskurve bei der Ährendichte zurück. HEUSER (1928) definiert diese als „Grenzwertbereich“, bei dem trotz steigender Ährenzahlen und einer Abnahme der Kornzahl je Ähre ($r = -0,538^{***}$) das gleiche Ertragsniveau realisiert werden kann, weil ein Ausgleich über die Tausendkornmasse erfolgen kann. Aufgrund dieser innerpflanzlichen Konkurrenz wurden zwischen beiden Standorten geringe Ertragsunterschiede festgestellt. Diese Konstellation der Ertragskomponenten führte dann allerdings zu einer höheren Sortenreinheit in Köthen.

5.2 Einfluss von Konkurrenzbeziehungen auf die Ertragsbildung, Flächenerträge und Ertragskomponenten

Eine zentrale Rolle in Bezug auf die Konkurrenz im Pflanzenbestand stellen neben den jahres- und standortspezifischen Faktoren auch die Sorten und Saatstärken und deren technischen Mischungen bei der Saatgutproduktion während der Ertragsbildung dar. Konkurrenzbeziehungen sind von sehr großer Bedeutung, da Anlage und Reduktionsprozesse sich auf mehrere Ertragskomponenten und Mischungspartner gleichzeitig auswirken (HARMS 1982). Die unterschiedliche vegetative und generative Entwicklung der Kreuzungspartner in der technischen Mischung verursacht Mischungseffekte (STÜTZEL 1985). Es tritt sowohl innerpflanzliche als auch zwischenpflanzliche Konkurrenz gleichzeitig auf (ARTHUR 1982, JOKINEN 1991, AUFHAMMER 1999). Die Variabilität der Ertragskomponenten wird auch erheblich durch das Kompensationsvermögen der Pflanzen geprägt (AUFHAMMER 1986, GEISLER 1988).

Ein wichtiger Indikator für die zunehmende Konkurrenz in der Mischung ist die Korndichte der Vaterlinie. Eine stärkere Konkurrenz (AARSEN 1983, JOKINEN 1991) äußert sich in einer geringeren Bestockung, geringeren absoluten und relativen Ährenzahl, sowie geringeren Kornzahl/Ähre und Kornzahl/Pflanze bei der Vaterlinie in der technischen Mischung. Diese Konkurrenz verursacht dann geringere Korndichten und eine geringere Anzahl der vorhandene Pollenspender. Geringere Konkurrenzwirkungen und höhere Vaterlinienanteile beeinflussen die Befruchtung und Erträge insgesamt positiv. Die Entwicklung der Vaterlinie und Konkurrenzkraft hängt von der Vorwinterentwicklung ab. Die bessere vegetative und generative Entwicklung der Einzelpflanzen 2012 führten zu einer deutlich besseren Entwicklung der Vaterlinie in der technischen Mischung als 2011. Dies beeinflusste den Saatgutansatz und die Befruchtung der Mutterlinie positiv, weil eine bessere Blühsynchronisation zwischen den beiden Elternkomponenten möglich war. Die Erhöhung des Mischungsanteils von 6 auf 8 % Vaterlinie führte zu einem deutlich höheren Ertragsanstieg, während eine zusätzliche Erhöhung des Mischungsanteiles auf 10 % dann nur noch geringfügig in höhere Erträge umgesetzt werden konnte. Bei zunehmender Saatstärke, steigender Bestandesdichte und zunehmender Konkurrenz wird dann die Kompensationsfähigkeit der Einzelpflanzen geringer, sodass die Ertragsunterschiede bei einer gleichzeitigen Erhöhung des Vaters geringer werden.

Intra- und Interspezifische Konkurrenz wird wesentlich durch die Sorten und Saatstärken beeinflusst. Genotypen mit starker Massebildung in der Jugendentwicklung und planophiler Blattstellung waren in jeder Mischung dominierend. Dies findet sich auch in den Untersuchungen von VALENTINE (1982) und STÜTZEL (1985) bestätigt. Planophile Typen, wie Element und Ballon, sind konkurrenzstärker als Typen mit kriechendem Wachstum und erektophiler Blattstellung. Dies zeigt sich bei der Sortenmischung mit Zzoom, hier war die Konkurrenz zwischen der Mutterlinie FM 99-18 und der Vaterlinie geringer im Vergleich zu Balloon mit der Mutterlinie FM 97-37. Bei

der Durchsetzungsfähigkeit einer Sorte in einer technischen Mischung spielt somit der Sortentyp, aber auch die Pflanzenlänge in der jeweiligen Sortenkombination eine wesentliche Rolle (JENSEN und FEDERER 1964, RAJESWARA RAO und PRASAD 1982, 1984). So unterdrückt die Mutterlinie der Sorte Element (Dreifachhybride) die Vaterlinie in der technischen Mischung stärker (Anhang 73). Die absolute und relative Anzahl an Vaterlinienähren sowie die Ährenausbildung und die Pflanzenhöhe der Vaterlinie verringerte sich in der Mischung deutlich. Dies führte zu einem geringeren Beährungskoeffizienten der Vaterlinie und einer Reduktion der Spindelstufen sowohl bei den Haupt- als auch bei den Nebentrieben. Bezogen auf die relative Ährenzahl der Vaterlinie war diese um ca. 30-50 % niedriger.

Möglicherweise ist hierfür die Heterosis der F1F-Linie, wie sie von WANG et al. (2006) und HEINZE (2013) beschrieben wird und die bessere Durchwurzelung (BECHER und MAUBACH et al. 2009), verantwortlich. Diese Heterosiseffekte in der Großen Periode setzten die Vaterlinie stärker unter Konkurrenz in Bezug auf die Wasser- und Stickstoffaufnahme (LEE 1960, HARTMANN und ALLARD 1964, HURD 1968, THROUGHTON und WITTINGTON 1969). Dies könnte dann eine Blühverzögerung induziert und geringere Saatgutansätze verursacht haben (RIDDLE und SUNE-SON 1944, MERFERT et al. 1983, PARZIES et al. 2005).

Die genotypische Konkurrenz bei den Sorten und Saatstärken führte 2011 in Köthen zu einem höheren Saatgutansatz bei den Einfachhybriden, Zzoom und Balloon. Dieser korrespondierte auch mit dem Vaterlinienanteil in der Mischung. Der Unterschied zwischen den Saatstärken 2011 war bei allen Sorten gering. Im Gegensatz dazu wurde 2012 der höchste Saatgutansatz bei Element und Balloon (74-75 %) festgestellt, die Sorte Zzoom fiel überproportional ab (62 %). Diese Unterschiede konnten nicht auf einen Anstieg der Vaterlinie in der technischen Mischung zurückgeführt werden. Der Saatgutansatz bei der Dreifachhybriden Element war bei der mittleren Saatstärke am höchsten (80 %) und fiel sowohl bei der niedrigen als auch bei den hohen Saatstärken deutlicher ab (72 %). Vermutlich ist hierbei die mittlere Saatstärke ein Kompromiss. Es ist eine ausreichende Ährenanzahl der Vaterlinie als Pollenspender vorhanden und es ist bekannt, dass 54 % der Pollen bereits nach einer kurzen Flugdistanz von 1,5-3,0 m an Mobilität verlieren (GILES 1989, RITALA et al. 2002). Unter ungünstigen Standortverhältnissen wird die Triebhierarchie, die für die Bestäubung und Befruchtung bedeutsam ist, sowohl bei überhöhten als auch bei zu geringen Saatstärken beeinflusst (TRENBATH 1976, VAN DER MEER 1989).

Im Allgemeinen entschärften geringere Saatstärken und eine gleichzeitige Erhöhung des Mischungsanteils die Konkurrenz zwischen Mutter- und Vaterlinie in der Mischung. Im Gegensatz zu 2011 förderten 2012 geringe Saatmengen die Entwicklung der Vaterlinie. 2012 wurde die Entwicklung der Mutter- und Vaterlinie in der technischen Mischung durch die guten Wachstumsbedingungen gefördert. Dadurch war die Qualität der Einzelpflanzen gestärkt, sodass die Befruchtung auch bei einem verhältnismäßig geringerem Restoreranteil ausreichend war. Ent-

sprechend standen mehr Pollen für die Befruchtung zur Verfügung. Deshalb war 2012 die Befruchtung auf der Mutterlinie bei reduzierten Saatstärken höher als bei zu dichten Beständen. Eine Erhöhung des Vaterlinienanteils führte dann aber auch zu einer besseren Einzelpflanzenentwicklung und Standraumverteilung der Vaterlinie in der technischen Mischung, sodass die Saatguterträge der technischen Mischungen neben der positiven Wirkung auf die Mutterlinie auch von dem zunehmenden Vaterlinienanteil profitierten. Aufgrund der suboptimalen Pflanzenentwicklung 2011 konnten höhere Bestäuberanteile nur geringfügig in höhere Erträge umgesetzt werden. Höhere Saatstärken führten 2011 deshalb bei allen Sorten zu höheren Erträgen und die Sortenreinheit wurde entsprechend gefördert. Auch eine Erhöhung des Restoreranteils in der Mischung wirkte sich 2011 positiv auf die Erträge und Sortenreinheit aus, wenn die Saatstärken anstiegen und sich die Standraumverhältnisse verbesserten.

WILSON (1988), VANDERMEER (1989), SNAYDON (1991) und SNAYDON (1996) diskutieren den Standraum in Mischungen als kritischen Faktor. Die Autoren stellten deshalb eine bessere Pflanzenentwicklung und Mehrerträge vor allem bei Saatstärken von 150 Pflanzen/m² fest. Offensichtlich erlaubt ein großer gegenüber einem geringen Standraum der Einzelpflanze die sortenspezifische Ausprägung der Ertragskomponenten in stärkerem Maße. Dagegen traten in ihren Versuchen mit den üblich angewandten Saatstärken um 300 Pflanzen/m² stärkere Konkurrenzeffekte auf und führten zu keinen Kornmehrerträgen.

Auch MITSCHERLICH (1919) und SCHLICHTING (1980) messen dem Standraum als Wachstumsfaktor bei Konkurrenzbeziehungen eine große Bedeutung zu. PUCKRIDGE (1968) und WILLEY und HOLLIDAY (1971) finden eine deutliche Verminderung des Kornertrags durch Beschattung als Folge der Konkurrenz bei der Gerste in der „Großen Periode“, während durch bessere Standraumverhältnisse eine Steigerung des Kornertrags erreicht wurde. Höhere Aussaatmengen führten in diesen Versuchen zu einer höheren Trieb- und Ährendichte. Bedingt durch eine verzögerte generative Entwicklung des Bestäubers entsteht in der „Großen Periode“ in Bezug auf die Einzelpflanzenentwicklung der Bestäuberlinie in der Mischung eine höhere Konkurrenz. Hierauf deuten geringere Anteile der Ähren der Vaterlinie und abnehmende Einzelährenerträge hin.

5.3 Einfluss von Restoreranteil, Sorte und Saatstärke auf die Sortenreinheit bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste in technischen Mischungen

Bei der Hybridsaatgutproduktion von Wintergerste in technischen Mischungen muss gewährleistet sein, dass bei der Kreuzung mehrere Erbkomponenten die Sortenreinheit erreicht wird. Ungeklärt ist, ob die Sortenreinheit in der Praxis bei der Saatgutproduktion von Z1-Saatgut in technischen Mischungen erreicht werden kann. Die Einführung dieser neuen Technologie und die Komplexität des Anbausystems erforderten eine Anpassung der aktuellen Richtwerte der OECD. Deshalb wurde die Sortenreinheit von 90 auf 85 % herabgesetzt (BUNDESRAT 2016).

Die unterschiedlichen Erträge in den Versuchsjahren beeinflussten die Sortenreinheit sehr stark. So wurde 2011 eine geringere Sortenreinheit (85,8 %) als 2012 (88,3%) errechnet. Die Mischungseffekte und die Konkurrenz sind vermutlich auch standortspezifisch (STUETZEL 1985). Die Unterschiede zwischen Köthen und Wolkenburg waren sehr groß und können auf die Unterschiede bei der Ertragsbildung zurückgeführt werden. Ebenso fanden KEYDEL (1979, 1985) und MERFERT et al. (1983, 1988) in Untersuchungen zur Saatgutproduktion von Hybridweizen, dass jahres- und standortspezifische Effekte einen Einfluss auf den Ertrag und damit die Sortenreinheit haben.

Es stellt sich die Frage, inwieweit die Interaktionen zwischen Restoreranteil, Sorte und Saatstärke einen Einfluss auf die Sortenreinheit haben. Diese Wechselwirkungen werden von Mischungseffekten sowie den innerpflanzlichen und zwischenpflanzlichen Konkurrenzbeziehungen der Pflanzen geprägt (LEE 1960, EDWARDS und ALLARD 1963, VALENTINE 1982, ARTHUR 1982, STUETZEL 1985, JOKINEN 1991, SNAYDON 1996). Eine Veränderung der Ertragskomponenten wirkt sich gleichermaßen auf die Kreuzungspartner aus (HARMS 1982). Kompensationsvorgänge (AUFHAMMER 1986, GEISLER 1988, KEMPF 1990) führen zu einer stärkeren Variabilität der Ertragskomponenten, diese beeinflussen die Sortenreinheit. Die Sortenreinheit wird dabei von der Bestandesdichte ($r = 0,515^{***}$) und der Kornzahl je Ähre der Vaterlinie ($r = -0,498^{***}$) bestimmt. Höhere Saatgutansätze korrelieren mit dem Ertrag ($r = 0,896^{***}$). Höhere Erträge korrespondieren positiv mit der Korndichte ($r = 0,926^{***}$). Die Sortenreinheit wird auch von einem höheren Restoreranteil ($r = -0,411^{***}$) im Ernteprodukt einer technischen Mischung beeinflusst.

Eine Erhöhung des Restoreranteils von 6 auf 8 % in der technischen Mischung führte in beiden Versuchsjahren zu einem deutlichen Ertragsanstieg, während ein zusätzlicher Mischungsanteil bis auf 10 % Vaterlinie nur noch einen geringen Ertragsanstieg erwarten lässt und die Sortenreinheit negativ beeinflusst. Die Sortenreinheit blieb 2011 dabei weitestgehend unbeeinflusst. 2012 waren die Ertragsunterschiede bei variierenden Restoreranteilen aufgrund der sehr guten

Entwicklung der Bestände geringer. Der höhere Restoreranteil 2012 verminderte dann die Sortenreinheit und es konnten auch hohe Erträge bei geringeren Restoreranteilen erzielt werden.

Auszählungen der Anerkennungsstellen deuten darauf hin (BUNDESSORTENAMT 2014), dass bei neuen Sorten mit neuer Mutterlinie der Restorer stärker unterdrückt werden kann und dadurch eine höhere Sortenreinheit erreicht wird. Bereits JONES (1918) beschrieb die Vorteile von „Mehrfachhybriden“. Diese bestehen in einer besseren Vermehrbarkeit, weil die Saatguterzeugung dabei auf einer wüchsigen Einfachhybride erfolgt, sodass aufgrund der Heterosis der Ertrag und die Stabilität zunehmen. Auch in den eigenen Versuchen konnte dies bei der Sorte Element gemessen werden. Eine über 90%ige Sortenreinheit konnte 2012 selbst auch bei 10 % Anteil der Vaterlinie und bei unterschiedlichen Saatstärken erreicht werden. Aufgrund der geringeren Konkurrenz auf die Vaterlinie bei reduzierten Saatstärken waren die Ertragseffekte dann besonders deutlich. Die Sortenreinheit bei den Einfachhybriden, Zzoom und Balloon, war geringer und konnte auf eine geringere Konkurrenz der Mutterlinie in den eigenen Versuchen zurückgeführt werden.

Eine Reduzierung der Saatstärke führte 2011 zu einer geringeren Ertragsstabilität (BOGUSLAWSKI und DEBRUCK 1973), sowohl die Einfachhybride als auch die Dreifachhybride reagierte hierbei sehr deutlich. Bei optimalen Produktionsbedingungen, wie 2012, waren die Erträge und die Sortenreinheit dagegen stabil.

Unabhängig vom Hybridtyp (Einfach- oder Dreifachhybride) zeigen die Sorten spezifische Reaktionen in der Ertragsleistung, die der Einstufung in den Sortentyp ähnelt, entsprechend Korn-dichte-, Einzelähren-, Kompensations- und Bestandesdichtetyp (SCHÖNBERGER 1996). In den Versuchen zeigen die verschiedenen Linien in den technischen Mischungen einen unterschiedlichen Ertragsaufbau und ein unterschiedliches Ertragspotential, wie bereits von HANUS und SCHÖNBERGER 1976 beobachtet wurde. Die Sortenreinheit wird somit, neben den Mischungseffekten und den Konkurrenzwirkungen auf die Vaterlinie maßgeblich von der individuellen Ertragsstruktur der Mutterlinie beeinflusst. Offen ist inwieweit pflanzenbauliche Maßnahmen zu einer höheren Ertragsstabilität und Sortenreinheit bei der Saatgutproduktion in technischen Mischungen führen kann.

Die Ertragsstabilität bei Getreide kann durch pflanzenbauliche Maßnahmen beeinflusst werden. So spielen neben den Witterungs- und Standortvoraussetzungen (CHRISTEN et al. 1992, BÖTTCHER und KAGE 2009), die Saatzeit (AUFHAMMER 1955, AUFHAMMER 1966, SCHÄFER et al. 2011), die Sorte (HANUS und SCHÖNBERGER 1976, SCHÖNBERGER 1996) sowie die Bestandesetablierung und die Saatstärke (FURRER und STAUFER 1970, KRATSCHE 1972, SCHEER 1983, GROSSE-HOKAMP 1983, WERNER 1992) eine zentrale Rolle. Hierzu gehört auch eine optimale Fruchtfolgegestaltung (POMMER und BAUMER 1982, ZOSCHKE 1990, LÓPEZ et al. 1996, THEUER 1997, WINKELMANN 1999, CHRISTEN 2001) und N-Düngung (KNOPF 1977, HEYLAND und KNOPF

1980, SCHÖNBERGER und SLOTTA 1983). Die Auswirkungen von gezielten N-Düngungsmaßnahmen (KÖRSCHENS und EICH 1990, SIELING 2011) vor allem bei geringen Saatstärken wurden von BAIER 1965, KRATSCH 1972, BRAUN 1980 und TRIEBEL 1982 untersucht. Studien von MIELKE (2000) zur Bekämpfung des Mutterkorns mit Hilfe agrotechnischer Maßnahmen führten zu einer höheren Saatgutqualität. Eine Absicherung der Erträge und der Saatgutqualität durch Pflanzenschutzmaßnahmen und einem gezielten Einsatz von Insektiziden (KIRCH 2006), Fungiziden (MIELKE 2000, BECK 2004, AHLEMEYER 2005, RAEDER 2007, BALZ 2009, SCHÄFER et al. 2011) sowie Fortschritte in der Pflanzenzüchtung (LONGIN 2013) und Agrotechnik (SCHUSTER 1997) werden in der Literatur diskutiert.

Die Praxis zeigt, dass durch die Einflussmöglichkeiten produktionstechnischer Maßnahmen bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste die Erträge und Sortenreinheit stabilisiert werden können (BUNDESSORTENAMT 2014). So können beispielsweise durch gezielte wachstumsregulatorische Maßnahmen die Erträge und damit die Sortenreinheit verbessert werden. Auch die Kombination aus optimaler Fungizid- und Wachstumsreglerapplikation in Herbstanwendungen kann die Sortenreinheit bei Hybridgerste positiv beeinflussen (STIEWE 2015).

Ziel der Saatgutproduktion ist es, eine maximale Anzahl Körner pro Fläche bei günstiger Korngröße zu erreichen. Entsprechend des Sortentyps und der Ausbildung der Ertragskomponenten bestimmt die Produktionstechnik von der Aussaat bis zur Ernte unter Berücksichtigung der Standortverhältnisse den Ertrag und damit auch die Sortenreinheit (STOY 1977, MERFERT et al. 1988, STUETZEL 1985).

Einen entscheidenden Beitrag zur Stabilisierung der Saatgutproduktion bei Hybridgerste zur Erzielung einer hohen Sortenreinheit kann auch die Pflanzenzüchtung in Kombination mit den neuen Möglichkeiten der Biotechnologie leisten. Die Grundlagen für das CMS-System wurden durch SCHOOLER (1967) und AHOKAS (1978, 1979, 1980, 1981) geschaffen. Diese konnten entsprechend weiterentwickelt werden und bilden heute die genetische Basis für das Hybridsystem in Gerste (DRUKA et al. 2011, RIZZOLATTI et al. 2017). Dies trifft auch für die wegweisende Arbeit von OKADA et al. (2019) zu. Dort wird gezeigt, dass gezielte Mutationen in dem männlichen Fertilitätsgen Ms1 des Weizens per Genschere erzeugt und anschließend zur Produktion von Weizenhybriden verwendet werden können. Das gleiche Verfahren könnte auch zur Produktion von Gerstenhybriden verwendet werden.

Das Wissen über die Gene hat sich vor allem im 21. Jahrhundert enorm erweitert. Hierfür stehen die Entschlüsselung des Gerstengenoms (MASCHER et al 2017, BEIER et al. 2017), die Entschlüsselung des Roggengenoms (BAUER et al. 2017) und die Entschlüsselung des Weizengenoms (IWGSC 2018). Diese zukünftigen Forschungsschwerpunkte können durch die Kombination agrotechnischer Maßnahmen und Zuchtmethodik in die Entwicklung neuer angepasster Produktionssysteme einfließen.

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Untersuchungen zeigen, dass die Ertragsstabilität und Sortenreinheit bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste in technischen Mischungen sehr stark von den jahres- und standortspezifischen Entwicklungsfaktoren der Pflanzen abhängen. Diese wirken sich mehr oder weniger stark auf die Ertragsbildung aus. Zur Ertragsbildung von Wintergerste unter Konkurrenzbedingungen liegen nur wenige Arbeiten vor, während zahlreiche Ergebnisse zu Winterweizen veröffentlicht wurden. Spezielle, produktionstechnische Versuche zur Ertragsbildung und Ertragsstruktur bei der Produktion von Hybridgerste sind bisher kaum durchgeführt wurden. Dies erschwert eine Einordnung der Versuchsergebnisse. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die Ertragsstabilität und Sortenreinheit wesentlich durch eine gezielte vegetative und generative Einzelpflanzenentwicklung gefördert werden. Hierzu gehören eine gute Bestandesetablierung und ein homogener Bestandaufbau mit einer gleichmäßig hohen Ährendichte. Diese sind die Basis für eine synchrone Ährendifferenzierung und davon abhängig eine gute Synchronisation der Blüte.

Für die Vermehrungsbestände wird daher die Entwicklung von mindestens 4-6 starken Trieben sowie 4-6 gut entwickelten Nebentrieben im Herbst empfohlen. Neben der vegetativen Mindestentwicklung scheint auch eine hinreichend gute generative Entwicklung mit einer intensiven Ährchenanlage und Ährchendifferenzierung im Kurztag erforderlich. Hierfür ist eine Temperatursumme ab Aussaat von 550 bis maximal 750 °C-Tage nötig, d.h. eine um ca. 7-14 Tage frühere Aussaat als in „normalen“ Produktionsbeständen. Grundsätzlich bürden sehr frühe Saatzeiten pflanzenbaulich und phytopathologisch ein höheres Risiko für Virusinfektionen und Krankheiten. Auch eine standortspezifisch erhöhte Auswinterungsgefahr in Abhängigkeit des Genotyps muss bei der Aussaatplanung und Standortwahl Berücksichtigung finden. Dies erfordert eine intensive Produktionstechnik und setzt einen erhöhten Pflanzenschutz Aufwand im Herbst voraus.

Gegen virusübertragende Läuse und Zikaden in Getreide gibt es zukünftig keine Insektizidbeize, dies erfordert vor allem im Nachauflauf einen gezielten und meist höheren Insektizideinsatz im Herbst. Vor allem die Bekämpfung virusübertragender Zikaden gestaltet sich schwieriger. Bei einer gezielten Wirkstoffkombination und optimalen Behandlungsterminen lassen sich dann auch höhere Wirkungsgrade erzielen. Die Züchter stellen in Aussicht, dass zukünftig auch geeignete Resistenzmechanismen pflanzenzüchterisch und biotechnologisch bearbeitet werden können, um den virusbedingten Risiken entgegenzusteuern. Die Anwendung von Fungiziden und Wachstumsreglern im Herbst ist zwar zulassungsbedingt eingeschränkt, Sonderregelungen für Spezialproduktionen sind allerdings möglich. Diese finden gegenwärtig auch Anwendung in den Vermehrungsbeständen. So kann bei einem gezielten Fungizid- und Wachstumsreglereinsatz in Kombination mit Spurennährstoffen im Herbst, neben den positiven Wirkungen in Bezug auf Krankheiten, auch die Vitalität der Pflanzen und damit die Winterhärte verbessert werden.

Hierzu zählt auch eine ausgewogene Grundnährstoffversorgung mit Phosphor, Kalium, Magnesium und Schwefel.

In den Vermehrungsbeständen in den Versuchen zeigte sich, dass durch die Optimierung produktionstechnischer Maßnahmen die Ertragsstabilität und die Sortenreinheit positiv beeinflusst werden. Dies erfordert ein abgestimmtes Produktionssystem von der Aussaat bis zur Ernte, um die inner- und zwischenpflanzliche Konkurrenz in der technischen Mischung zu steuern und damit die Synchronisation der Blüte zu fördern. Bei frühen Saatterminen und reduzierter Saattiefe liegt der Schwerpunkt im Frühjahr auf Maßnahmen, die die Entwicklung der guten Triebe fördert. Dies kann durch geeignete Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen sichergestellt werden. Hierzu gehören frühe wachstumsregulatorische Maßnahmen mit gezielten Wirkstoffkombinationen, sowie eine höhere Andüfung und stärkere Fungizidintensität zu Vegetationsbeginn. Diese Maßnahmen führen in der Abfolge dazu, dass eine frühe Abreife und Ernte der Vermehrungen erreicht wird. Eine insgesamt reduzierte N-Düngung verringert hierbei das Risiko der Mutterkornbildung und fördert so insgesamt die Saatgutqualität.

Die Produktion von Dreifachhybriden erfordert, aufgrund der höheren Konkurrenz, einen deutlich höheren Mischungsanteil und eine Reduzierung der Saatstärke. Je nach Sortentyp sind dabei die Saatstärken auf 130-180 Körner/m² zu verringern, da bei einer guten Vorwinterentwicklung und günstigen Standortverhältnissen eine mittlere Ährendichte über die übrigen Ertragskomponenten ausgeglichen werden kann. Die Dreifachhybride zeigte sich aufgrund der Heterosis deutlich vitaler, sodass bei stabilen Erträgen eine Sortenreinheit von über 90 % erzielt werden kann. Im Gegensatz dazu sind die Kompensationsfähigkeit und Konkurrenz bei den Einfachhybriden in der Regel geringer, sodass die Ertragsstabilität bei einer Mischung von 8 % Vaterlinie und mittleren Saatstärken zunimmt. Hiermit lässt sich eine Sortenreinheit von 85 % erreichen. Für eine 90%ige Reinheit wird ein Mischungsanteil von 6 % Vaterlinie empfohlen.

Offen bleibt die Frage, ob in den Versuchen Nachbarschaftseffekte die Bestäubung beeinflussen. Jüngere Untersuchungen deuten allerdings auch auf eine bessere Vermehrbarkeit dieser „neuen“ Genetik hin. Ebenso kann derzeit nicht abschließend beurteilt werden, ob die Sortenreinheit und Ertragsstabilität durch die Weiterentwicklung agrotechnischer Maßnahmen sowie Pflanzenzüchtung und Biotechnologie verbessert werden kann. Entscheidend für den Fortschritt ist eine Zusammenarbeit auf allen Ebenen, vom Gen bis zum Feld und darüber hinaus. Zukünftige Forschungsschwerpunkte beinhalten deshalb die Kombination aus agrotechnischen Maßnahmen, Zuchtmethodik sowie die Nutzbarmachung der pflanzengenetischen Ressourcen. Durch die Möglichkeiten der Genotypisierung, der Phänotypisierung und von Genomanalysen bzw. Künstlicher Intelligenz können viele Fragestellungen auch in Züchtungsprozesse integriert werden und so in die Entwicklung neuer angepasster Produktionssysteme in die Praxis einfließen.

7 Zusammenfassung/ Summary

Zusammenfassung

In zweijährigen Feldversuchen wurde am Standort Köthen und Wolkenburg der Versuchsfrage nachgegangen, inwieweit sich Restorer, Sorte und Saatstärke auf die Ertragsbildung sowie den Ertrag bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste in technischen Mischungen auswirken. Der Anteil der Bestäuberlinie variierte zwischen 6, 8 und 10 %. Es wurde für die Einfachhybriden Balloon und Zzoom sowie die Dreifachhybride Element die Ertragsbildung und die Ausbildung der Ertragskomponenten erfasst. Die ausgesäten Saatgutmengen waren dabei im unteren Saatstärkenbereich angesiedelt. Es wurden Saatstärken von 130, 180 und 230 Körner/m² geprüft. Von besonderem Interesse für die Untersuchung war die Wirkung von Konkurrenzbeziehungen und auftretenden Mischungseffekten sowie deren Wechselwirkungen auf die Sortenreinheit.

Die Züchtung und Saatgutproduktion von Hybridgerste stellen hohe Anforderungen an die pflanzenbauliche Praxis zur Erzeugung von qualitativ hochwertigem Saatgut. Im Rahmen eines 2012 gestarteten Projektes in Zusammenarbeit mit dem Bundessortenamt, sollte die Datengrundlage erweitert werden, auf deren Basis Vorschläge für die Feldbesichtigung und die Nachkontrolle erfolgen sollen. Für die Nachkontrolle von Zertifiziertem Saatgut wurde der Wert von 90 % Sortenreinheit auf 85 % abgesenkt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- (1) Die Kornerträge und Sortenreinheit bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste werden in erster Linie durch die Jahreswitterung beeinflusst. Während 2011 mit durchschnittlich 38 dt/ha außergewöhnlich niedrige Erträge erzielt wurden, stieg das Ertragsniveau 2012 auf 82 dt/ha an. So wurde 2011 mit 85,8 % eine geringere Sortenreinheit als 2012 (88,3%) ermittelt. Die Ursache war vor allem in der unterschiedlichen Entwicklung und Ertragsbildung der Pflanzen zu suchen. Es stellte sich heraus, dass die Ertragsstabilität und damit die Sortenreinheit vor allem durch eine gute vegetative und generative Entwicklung sowie einem gleichmäßigen Bestandesaufbau und einer intensiven Ährchendifferenzierung zur Förderung der Blühsynchronisation beeinflusst werden kann.
- (2) 2011 wurde in Köthen mit 41 dt/ha ein um 17 % höherer Ertrag als in Wolkenburg erreicht, während 2012 mit ca. 82 dt/ha identische Erträge auf beiden Standorten erzielt wurden. Aufgrund des Kompensationsvermögens der Einzelpflanzen war die Variabilität der Ertragskomponenten zwischen den Standorten allerdings unterschiedlich und beeinflusste die Sortenreinheit deutlich. Höhere Saatguterträge in Köthen wurden durch eine bessere Bestockung der Einzelpflanzen erzielt. Standortspezifische Mischungseffekte erfordern deshalb eine angepasste Produktionstechnik.

- (3) Das Produktionssystem bei der Saatgutproduktion von Hybridgerste ist geprägt von inner- und zwischenpflanzlichen Konkurrenzbeziehungen, sodass die Ertragskomponenten von Mutter- und Vaterlinie durch Mischungseffekte beeinflusst werden. Die Erträge und damit die Sortenreinheit werden deshalb entscheidend von der Sorte beeinflusst. Insbesondere spielen hierbei die Interaktion von Restorer, Sorte und Saatstärke eine zentrale Rolle.
- (4) Eine Optimierung der Produktionsfaktoren durch angepasste Mischungsanteile und Saatstärken führte in Abhängigkeit der Sorte zu einer höheren Ertragsstabilität und Sortenreinheit. Die Dreifachhybride ist aufgrund der Heterosis vitaler und stabiler als Einfachhybriden. Das hohe Kompensationsvermögen führt aber auch zu einer stärkeren Unterdrückung der Vaterlinie in der Mischung. Dies erfordert einen höheren Mischungsanteil, sodass die Ertragsstabilität und Sortenreinheit verbessert wird. Bei Element wurde der höchste Ertrag mit 107 dt/ha bei einem Vaterlinienanteil von 10 % und einer Aussaatmenge von 130 Körnern erzielt. Dies führte zu einer Sortenreinheit von mehr als 90 %. Im Gegensatz dazu sind die Kompensationsfähigkeit und Konkurrenz bei den Einfachhybriden in der Regel geringer, sodass die Sortenreinheit von 85 % bei 6 bis 8 % Restorer mit Saatstärken von 180 Körner/m² erreichbar ist. Eine 90%ige Sortenreinheit kann bei den Einfachhybriden dagegen nur bei einem Mischungsanteil von 6 % erreicht werden.
- (5) Die Erträge und Sortenreinheit werden von dem unterschiedlichen Ertragsaufbau und der Ertragspotenz der Sorten sowie den Konkurrenzbeziehungen der Kreuzungspartner beeinflusst. Geringere Saatstärken entschärfen Konkurrenzbeziehungen in technischen Mischungen, bei optimalen Produktionsbedingungen kann der Ertrag und die Sortenreinheit über eine bessere Einzelpflanzenleistung kompensiert werden.
- (6) Es wird empfohlen, das Produktionssystem für die Saatgutproduktion von Hybridgerste auf eine frühe Aussaat und eine der Einzelpflanzenentwicklung fördernde Pflanzenschutz- und Düngungsstrategie abzustimmen um eine maximale Anzahl Körner pro Fläche bei gleichzeitig günstiger Korngröße zu erreichen. Hierzu zählen u.a. reduzierte Saatstärken, ein erhöhter Pflanzenschutzaufwand und gezielte wachstumsregulatorische Maßnahmen im Herbst und zu Vegetationsbeginn sowie eine insgesamt deutlich reduzierte N-Düngung.
- (7) Entscheidend für den Fortschritt und die Weiterentwicklung des Produktionssystems für Hybridwintergerste ist eine Zusammenarbeit auf allen Ebenen, vom Gen bis zum Feld und darüber hinaus. Durch die neuen Möglichkeiten der Präzisionszüchtung in Kombination mit neuen biotechnologischen Verfahren können viele Fragestellungen auch in Züchtungsprozesse integriert werden und so in die Entwicklung neuer angepasster Produktionssysteme in die Praxis einfließen.

Summary

In two year field trials at Köthen and Wolkenburg, the experimental question was investigated to what extent the restorer, genotype and planting density affect the grain yield and yield formation of hybrid barley seed production in technical mixtures. The proportion of the pollinator line varied between 6, 8 and 10 %. Three genetics have been tested: Zzoom and Balloon as a single hybrid and Element as a three way hybrid. The planting density was settled at the lower bound and raised from 130 to 180 up to 230 seeds/m². The yield and yield formation of the seed components for both, female and restorer line, were recorded. Of particular interest for the investigation was the effect of competition relationships and mixing effects as well as their interactions on the varietal purity.

The breeding and seed production of hybrid barley requires excellent specific knowledge of field crop agronomy and farm management to achieve high quality seeds in agriculture practice. As part of a project started in 2012 in cooperation with the Federal Plant Variety Office (Bundessortenamt), the objective was to expand the data base in experimental trials to support recommodation in official field inspection and post control. For the follow up inspection of certified seeds in official post controls, the value of 90 % varietal purity was reduced to 85 %. The results of this work can be summarized as follows:

- (1) The grain yield and varietal purity primarily influenced by the weather conditions. While exceptionally low yields were achieved in 2011 with an average of 38 dt/ha, the yield level increased up to 82 dt/ha in 2012. In 2011 hybridity was at 85,8 % and significant lower as in 2012 (88,3 %). The root cause was mainly found in the different development of the plants and yield formation processes. It turned out that the yield stability and thus the varietal purity could be influenced by good vegetative and generative development as well as a uniform crop and intensive ear differentiation to promote pollination between restorer and female line in a technical mixture.
- (2) In 2011 the yield in Köthen was 41 dt/ha, which was 17 % higher than in Wolkenburg, while in 2012 the yield was identical at both locations with approx. 82 dt/ha. However, due to the ability of the individual plants to compensate the variability of the yield components between the locations was different and significantly influenced by the variety. Higher seed yields in Köthen were achieved through better tillering of the individual plants. However, location related mixing effects require adapted production technology and management.
- (3) The production system for hybrid barley seed production is characterized by internal and inter plant competition that the yield components of the female and male line are influenced by mixing effects. The yield and thus the varietal purity are decisively influenced by the variety, in particular the interaction of restorer, variety and planting density play a central role.

- (4) An optimized crop agronomy through adjusted technical mixtures proportions and planting density led to higher yield stability and hybridity depending on the genotype. The cultivar Element as a three way hybrid is more vigorous than single hybrids due to the heterosis. The high level of compensation also lead to a stronger suppression of the restorer line in the mixture. This requires a higher proportion of restorer in the blend to support pollination and finally yield stability and varietal purity. Element achieved the highest yield with 107 dt/ha with a restorer proportion of 10 % and seed rate of 130 seeds/m². This led to a hybridity of more than 90 %. In contrast to that the ability to compensate and the competition of single hybrids are generally lower. Here, the varietal purity of 85 % can be achieved with a range of 6 to 8 % restorer and a planting density of 180 seeds/m². In this context a varietal purity of 90 % can only be achieved with a restorer proportion of 6 %.
- (5) Seed Yield and varietal purity are influenced by the different yield formation and the yield potential of the varieties as well as the competitive relationship of the parent lines. Lower planting and crop densities reduced the competition in technical mixtures. In case of optimal production conditions, the yield and the hybridity can be compensated by better individual plant development and single plant yield.
- (6) It turned out that the key factor determining seed yield, is the level of seed set achieved. Vital for this is the need to have the crop in the best possible state of health and nutrition before winter when most of the yield potential is set throughout to the flowering period in May. Hence, additional early season treatments give the best return in terms of achieving higher seed yields and quality. That promotes individual plant development. It is recommended that the production system for hybrid barley seed be coordinated with early planting, reduced planting densities and increased crop protection efforts in autumn and early spring as well as a significantly reduced overall N fertilization.
- (7) A critical fact for the progress and further development of the production system for hybrid winter barley is the cooperation at all levels, from the gene to the field and beyond. New possibilities of precision breeding in combination with new biotechnological methods can integrate many scientific questions into breeding processes and thus incorporated into the development of new customized production systems.

Literaturverzeichnis

- AARSEN, L.W. 1983.** Ecological combining ability and competitive combining ability in plants; toward a general evolutionary theory of coexistence in systems of competition. *The American Naturalist* 112: S. 707-731.
- ABDEL-GHANI, A.H., PARZIES, H.K. OMARY, A. and GEIGER, H.H. 2004.** Estimation of quantitative genetic parameters for outcrossing-related traits in barley. *Crop Science* 45: S. 98-105.
- AGUIRRE, L. and JOHNSON, D.A. 1991.** Root morphological development in relation to shoot growth in seedlings of four range grasses. *Journal of Range Management* 44 (4): S. 341-346.
- AHLEMEYER, J. 2005.** Chemisch induzierte und partielle Resistenz im Pathosystem Gerste - Echter Gerstenmehltau. *Dissertation. Universität Giessen.*
- AHOKAS, H. 1979.** Cytoplasmic male sterility in barley. *Acta Agric Scandinavica* 29: S. 219-224.
- **1978.** Cytoplasmic male sterility in barley I. Anther and pollen characteristics of msml, restored and partially restored msml genotypes. *Pflanzenzüchtung* 81: S. 327-332.
- **1978.** Cytoplasmic male sterility in barley II. Physiology and anther cytology of msml. *Hereditas* 89: S. 7-21.
- **1979.** Cytoplasmic male sterility in barley III. Maintenance of sterility and restoration of fertility in the msml cytoplasm. *Euphytica* 28: S. 409-419.
- **1980.** Cytoplasmic male sterility in barley V. Physiological characterization of the msml-Rfmla system. *Physiol Plant* 48: S. 231-238.
- **1981.** Cytoplasmic male sterility in barley X. Distribution of msml fertility restoration ability in the wild progenitor of barley in Israel. *Ann Bot Fennici* 18: S. 313-320.
- AHOKAS, H. and Hockett, A.E. 1981.** Performance tests of cytoplasmic male-sterile barley at two different latitudes. *Crop Sci* 21: S. 604-611.
- AMISSAH- ARTHUR, A. and JAGTAP, S.S. 1995.** Application of models and geographic information system based decision support system in analysis the effect of rainfall on maize yield stability. *Sustain Africa* 3: S. 2-15.
- ANDREWS, R.E. und NEWMAN, E.I. 1970.** Root density and competition for nutrients. *Oecol.Plant.* 5: S. 319-334.
- ARTHUR, W. 1982.** The evolutionary consequences of interspecific competition. *Adv. in Ecol. Res.* 12: S. 127-187.
- AUFHAMMER, G. 1955.** Zur Aussaat von Wintergerste. *Mitteilungen der DLG* 70: S. 977-979.

- AUFHAMMER, W. und FISCHBECK, G. 1973.** Getreide, Produktionstechnik und Verwertung. *Frankfurt/Main, DLG-Verlag.*
- AUFHAMMER, W. 1966.** Entwicklungsphysiologische Untersuchungen an der Wintergerste im Hinblick auf die Ertragsbildung mit Berücksichtigung der Ertragsstrukturanalyse und ihrer Methodik. *Dissertation. Hohenheim.*
- , **1981.** Die Flächen- und Ährenstrukturanalyse und ihre Aussagen zur Ertragsbildung - dargestellt am Beispiel Gerste. *Kali-Briefe 15: S. 457-469.*
- , **1999.** Mischanbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. *Stuttgart, Ulmer.*
- , **1980.** Überlegungen zur Ertragspotenz und ihre Nutzbarkeit. *Kali-Briefe 15: S. 202-210.*
- , **1986.** Zur Bedeutung der Kompensationsfähigkeit eines Weizenbestandes. *Kali-Briefe 18: S. 357-370.*
- BACHTHALER, G. 1971.** Der Einfluß von Drillweite und Saatstärke auf Ertrag und Qualität von Winterweizen unter verschiedenen ökologischen Bedingungen. *Z. Acker- u. Pflanzenb. 134: S. 25-41*
- , **1971.** Der Einfluss von Drillweite und Saatstärke auf Ertrag und Qualität von Winterweizen unter verschiedenen ökologischen Bedingungen. *Acker- und Pflanzenbau Vol. 134: S. 25-45.*
- BAEUMER, K. 1964.** Konkurrenz in Pflanzenbeständen als Problem der Pflanzenbauforschung. *Sonderdruck aus - Forschung und Beratung - Reihe B Heft 10: S. 99-123.*
- BAIER, A. 1965.** Untersuchungen über die Standfestigkeit von Getreide und über Methoden zu ihrer Bestimmung. *Bayer. Landw. Jahrbuch 42: S. 643-666.*
- BAKER, C.K., GALLAGHER, J.N. and MONTEITH, J.L. 1980.** Daylength change and leaf appearance in winter wheat. *Plant Cell Environ. 3: S. 285-287.*
- BAKER, J.T., PINTER, P.J.Jr, REGINATO, R.J. and KANEMASU, E.T. 1986.** Effects of temperature on leaf appearance in spring and winter wheat cultivars. *Agron. J. 78: S. 605-613.*
- BALZ, T. 2009.** *Ramularia collo-cygni* an Gerste – Biologie, Verbreitung, ökonomische Bedeutung und Bekämpfungsmöglichkeiten. *Dissertation. Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen.*
- BAUER, A., FRANK, A.B. and BLACK, A.L. 1984.** Estimation of spring wheat leaf growth rates and anthesis from air temperature. *Agron. J. 76: S. 829-835.*
- BAUER, E., SCHMUTZER, T., BARILAR, I., MASCHER, M. GUNDLACH, H., MARTIS, M.M., TWARDZIOK, S.O., HACKAUF, B., GORDILLO, A., WILDE, P., SCHMIDT, M., KORZUN, V., MAYER, K.F.X., SCHMID, K., SCHÖN, C-C. and SCHOLZ, U. 2017.** Towards a whole-genome sequence for rye (*Secale cereale* L.). *The Plant Journal (2017) 89, 853-869; doi: 10.1111/tpj.13436.*

- BECHER, M. und MAUBACH, H., Nagel, K., Bleise, B., Kastenholz, B., Schurr, U., 2009.** Das Wurzelwachstum bei Gerste im Vergleich von konventionellen und Hybridlinien. *Forschungsbericht im Auftrag von Syngenta Seeds GmbH. Forschungszentrum Jülich.*
- BECK, L. 2004.** Einfluss von Fungiziden auf die Ertragsphysiologie von Weizen. *Dissertation. Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.*
- BECKER, F.A. and LANG, V. 1982.** Standortvergleiche zur N-Frühjahrsdüngung des Wintergetreides nach der N-min-Methode. *J. Agronomy and Crop Science 151: S. 459-473*
- BECKER, H.C. 1984.** Theoretische Überlegungen und experimentelle Untersuchungen zur genetischen Basis der Heterosis - Eine Literaturübersicht. *Hybridzüchtung, Tagungsbericht Gießen Vortr. Pflanzenzüchtung.5: S. 23-42. Göttingen.*
- . **1992.** Hybridförädlingsens framtidsutsikter hos växter med olika naturliga reproduktionsätt. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift 102: S. 58-67.*
- . **2011.** Pflanzenzüchtung 2. Auflage. *Stuttgart, Eugen Ulmer KG.*
- BEIER, S., HIMMELBACH, A. [...] and MASCHER, M. 2017.** Construction of a map-based reference genome sequence for barley, *Hordeum vulgare* L. *Scientific Data: doi: 10.1038/sdata.2017.44.*
- BELLIARD, G., PELLETIER, G., VEDEL, F. and QUETIER, F. 1978.** Morphological characteristics and chloroplast DNA distribution in different cytoplasmic parasexual hybrids of *Nicotiana tabacum*. *Molec Gen Genet 165: S. 231-237.*
- BIRCHLER, J. A., AUGER, D. L. and RIDDLE, N. C. 2003.** In search of the molecular basis of heterosis. *Plant Cell 1: S. 2236-2239.*
- BOEKHOLT, K. 1962.** Standweiten bei Getreide. *Mitteilungen der DLG 77 (12): S. 390-392.*
- BOESE, L., JAUERT, R., MICHAEL, H. und WALOSZCZYK, K. 1991.** Zur Korrektur der ersten N-Gabe bei Winterweizen und Wintergerste in Abhängigkeit vom Bestandeszustand zu Vegetationsbeginn. *Die Bodenkultur 42 (4): S. 337-345.*
- BOGUSLAWSKI, E. and DEBRUCK, J. 1973.** Saatstärken und Standweiten im modernen Getreidebau. *Wien Prakt. Landtechnik 26: S. 390-392.*
- BÖHM, W. 1973.** Wurzelwachstum und Ertragsbildung bei Körnerfrüchten. *Vortrag Pflanzenzüchter 13: S. 152-164.*
- BÖTTCHER, U. und H. KAGE.** Analyse von Witterungs- und Standorteinflüssen auf die Ertragsbildung. *Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der CAU Kiel 63: S. 11-15.*
- BOYS, Dr E. and GEARY, F. 2015.** Barley Growth Guide. *Agriculture and Horticulture Development Board. Warwickshire.*
- BRAUN, H. 1980.** Die Stickstoffdüngung des Getreides. *Frankfurt a. Main, DLG-Verlag.*

- BRIGGS, D.E. 1978.** Barley. London, Chapman and Hall Ltd.
- BROOKING, I.R. and JAMIESON, P.D. 2002.** Temperature and photoperiod response of vernalization in near-isogenic lines of wheat. *Field Crop Research* 79: S. 21-38.
- BROOKING, I.R. 1996.** Temperature response of vernalization in wheat: a developmental analysis. *Annals of Botany* 89: S. 803-811.
- BUGBEE, B.G. and SALISBURY, F.B. 1988.** Exploring the limits of crop productivity: 1. Photosynthetic efficiency of wheat in high irradiance environments. *Plant Physiol.* 88: S. 869-878.
- BUHTZ, E. 1973.** Versuchsergebnisse zur Saattiefe und Aussaatstärke von Weizen und Sommergerste. *Tag. Ber. Akad. Landwirtsch. Wiss., DDR* 122: S. 35-42.
- BUNDESRAT. 2016.** Verordnung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft: Zwölfte Verordnung zur Änderung der Saatgutverordnung. *Drucksache* 175/16.
- BUNDESSORTENAMT. 2014.** Niederschrift über die Besprechung zu erforderlichen Anpassungen der saatgutrechtlichen Regelungen für die Anerkennung von Hybridsorten bei Gerste, Triticale und Weizen am 17. Dezember 2013 im Bundessortenamt. *Bundessortenamt* 901-07.03. Hannover.
- BUSS, B. and ZOSCHKE, Z. 1984.** Untersuchungen zum Daueranbau von Wintergerste (*Hordeum vulgare* L.) auf gebleichter Parabraunerde (Sandboden). *Acker- und Pflanzenbau* 153: S. 422-437.
- CADISCH, G. 2006.** Herausforderungen in der Modellierung von Agrarökosystemen der Tropen und Subtropen. *Symposium: Modellierung pflanzlicher Systeme aus historischer und aktueller Sicht. LVL Brandenburg.*
- CAO, W. 1989.** Modeling Phyllochron in wheat and barley. *PhD-thesis. Oregon State University.*
- CHMIELEWSKI, F.M. 1998.** Der Einfluß der Witterung auf die Ertragsbildung von Sommergerste. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften: S. 97-98.*
- CHOWDHURY, S.I. and WARDLAW, I.F. 1978.** The effect of temperature on kernel development in cereals. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: S. 205-223.
- CHRISTEN, O. 2001.** Ertrag, Ertragsstruktur und Ertragsstabilität von Weizen, Gerste und Raps in unterschiedlichen Fruchtfolgen. *Pflanzenbauwissenschaften* 5 (1): S. 33-39. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co.
- . 1990. Ertragsbildung, Ertragsstruktur und Fußkrankheitsbefall von Wintergetreide in Abhängigkeit von Vorfruchtkombination und variierter Produktionstechnik. *Dissertation. Kiel.*
- CHRISTEN, O., SIELING, K. and HANUS, H. 1992.** The effect of different preceding crops on the development, growth and yield of winter wheat. *Eur. J. Agron.* 1(1): S. 21-28.
- CONNELL, J.H. 1983.** On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. *American Naturalist* 122: S. 661-696.

- CRANSTOUN, D. 1992.** Crop Management for Malting. *Home grown cereals authority. Conference on Cereals R & D: S. 73-89.*
- DARWINKEL, A. 1978.** Patterns of tillering and grain production of winter wheat at a wide range of plant densities. *Neth. J. Agric. Sci. 26: S. 383-398.*
- DE RUITER, J.M. and BROOKING, I.R. 1994.** Nitrogen and dry matter partitioning of barley grown in a dryland environment. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science 22: S. 45-55.*
- DE WIT, C.T. 1960.** On competition. *Versl.landbouwk.onderz.66.8: S. 80.*
- DEBRUCK, J. 1972.** Anbautechnik bei Winterweizen. *Feld und Wald 91, 34: S. 3-4.*
- . **1972.** Moderne Saattechnik im Getreidebau. *Kali-Briefe, Fachgebiet 3. Hannover.*
- DELÉCOLLE, R., HAY, R.K.M., GUÉRIF, M., PLUCHARD, P. and VARLET-GRANCHER, C. 1989.** A method of describing the progress of apical development in wheat, based on the time-course of organogenesis. *Field Crop Research 21: S. 147-160.*
- DELÉCOLLE, R., COUVREUR, F., PLUCHARD, P. and VARLET-GRANCHER, C. 1985.** About the leaf-daylength model under French conditions. Wheat growth and modeling. *New York Plenum Press: S. 25-31.*
- DRUKA, A., FRANCKOWIAK, J., LUNDQVIST, U., BONAR, N., ALEXANDER, J., HOUSTON, K., RADOVIC, S., SHAHINNIA, F., VENDRAMIN, V., MORGANTE, M., STEIN, N. and WAUGH, R. 2011.** Genetic dissection of barley morphology and development. *Plant Physiology: <https://doi.org/10.1104/pp.110.166249>.*
- EAGELS, H.A., BEDGGOOD, A.G., PANOZZO, J.F. and MARTIN, P.J. 1995.** Cultivar and environmental effects on malting quality in barley. *Australian Journal of Agricultural Research 46: S. 831-844.*
- EASTHAMM and SWEET. 2002.** Genetically modified organisms (GMOs):The significance of gene flow through pollen transfer. *Report No. Environmental issue No. 28: European Environment Agency (EEA), Copenhagen, Denmark.*
- ECKHOFF, J.L.A. 1985.** Evaluation of the male-sterile cytoplasm. MSM, for use in Hybrid Barley Seed Production. *Dissertation. Faculty of the Department of Plant Sciences, The University of Arizona.*
- EDWARDS, K-J-R. and ALLARD, R.W. 1963.** The influence of light intensity on competitive ability. *Am. Nat. 97: S. 243-248.*
- EDWARDSON, J.R. 1970.** Cytoplasmic male sterility. *Bot Rev 36: S. 341-410.*
- EHLERS, W. 1997.** Zum Transpirationskoeffizienten von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen. *Pflanzenbauwissenschaften 1(3): S. 97-108.*
- EVANS, L.T. 1993.** Crop Evolution, Adaption and Yield. *Campridge University Press.*
- . **1972.** The pattern of grain set within ears of wheat. *Austr. J. Biol. Scsci. 25: S. 1-8.*

- . 1975. The physiology of basis of crop yield: *Crop Physiology. Campridge Unerversity Press*: S. 327-335.
- FISCHBECK, G. and HEYLAND, K.U., KNAUER, N. 1982.** Spezieller Pflanzenbau. *Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.*
- FLETCHER, G. M. and DALE, J. E. 1977.** A comparison of mainstem and tiller growth in barley: apical development and leaf unfolding rates. *Ann. Bot. 41.*
- FOSTER, E.A. and SCHOOLER, A.B. 1969.** Cytoplasmic male sterility in barley. *Barley Genetics II, Symposium: S. 316-318.*
- FREYMÜLLER, H. 1964.** Der Einfluss von Standweite und Saatstärke auf den Ertrag von Karlsruher Winterroggen. *Bayer. Landw. Jahrbuch 41: S. 82-86.*
- FUKASAWA, H. 1956.** Chlorophyll variegation which appeared in male-sterile Emmer wheat. *Wheat Inform. Serv. No. 3: S. 19.*
- . 1957. Studies on restoration and substitution of nucleus (genome) in Aegilotricum, VI. Some conspicuous characters appearing in male-sterile Emmer wheats. *Jap. Jour. Genetics 32: S. 313-322.*
- FURRER, O. J. und STAUFFER, W. 1978.** Einfluß von Drillweite, Saatmenge, N-Düngung und CCC-Anwendung bei Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) und Korn (*Triticum spelta* L.). *Schweiz. landw. Forschung 17: S. 29-34.*
- FURRER, O.J. 1965.** Einfluss der Drillweite, Saatmenge und Hacken auf Entwicklung und Ertrag von „Probus“-Winterweizen. *Schweiz. Landw. Forschung 4: S. 92-104.*
- GALLAGHER, J.N. 1979.** Field studies of cereal leaf growth. Initiation and expansion in relation to temperature and ontogeny. *J. Exp. Bot. 30: S. 625-636.*
- . 1985. The way ahead: a crop physiologist's viewpoint. N.R. Baker, W.J. Davies, and C.K. Ong (ed.) Control of leaf growth. *Cambridge University Press.*
- GALLAGHER, J.N., BISCOE, P.V. and DENNIS-JONES, R. 1983.** Environmental influences in the development, growth and yield of barley. Wright, G. M.; Wynn-Williams, R. G. ed. Barley: production and marketing. *Agronomy Society of New Zealand special publication no. 2: S. 21-50.*
- GEISLER, G. 1983.** Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. *Hamburg und Berlin, Paul Parey Verlag.*
- . 1988. Pflanzenbau Ein Lehrbuch – Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. 2. Auflage. *Berlin und Hamburg, Paul Parey Verlag.*
- GERM, H. 1966.** Qualitätsprobleme beim Saatgut. *Der Förderungsdienst 11: S. 43-48.*
- GILES, R.J. 1989.** The frequency of natural cross-fertilisation in sequential sowing of winter barley. *Eyphytica 43: S. 125-134.*
- GILS, M. 2007.** Der „Split Gene Approach“ für Pflanzen: Mit geteilten Genen zum vollen Ertrag. *GENOMXPRESS 4/07: S.7-10.*

- GRACE, J. and TILMAN, D. 1990.** Perspectives of plant competition: some introductory remarks. *Perspectives on plant competition: S. 3-7. San Diego, USA, Academic Press.*
- GRASHOFF, C. and D'ANTUONO, L.F. 1997.** Effect of shading and nitrogen application on yield, grain size distribution and concentrations of nitrogen and water soluble carbohydrates in malting spring barley (*Hordeum vulgare* L.): *European Journal of Agronomy: S. 275-293.*
- GROSSE- HOKAMP, H. 1983.** Untersuchungen zur Bedeutung der Saattechnik für die Ertragsbildung und Ertragsleistung von Winter- und Sommerweizen unter Berücksichtigung von Saatstärke, Sorte und Stickstoffdüngung. *Dissertation. Bonn.*
- GUPTA, S.K., SINGH, D. and SHARMA, S.C. 2000.** Genetic variability for allogamic traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Agriculture Science Digest 20: S. 1-4.*
- HAKANSSON, S.** Row spacing, seed distribution in the row, amount of weeds - influence on production in stand of cereals. *25th Swedish Weed Conference: Weeds and Weed Control. Schweden.*
- HÄNSEL, H. 1955.** Entwicklungs-Relationen verschiedener Organe von Winterweizen. *Pflanzenzüchtung 35: S. 117-136.*
- HANUS, H. and SCHÖNBERGER, H.G. 1976.** Anbautechnische Voraussetzungen für die Maximierung der Weizenerträge. *Schriftenreihe der Agrarwissenschaftlichen Fakultät Univ. Kiel, Bd. 56: S. 38-49.*
- HARMS, H. 1982.** Organogenese und Ertragsbildung der Weizenähre in Haupt- und Nebentrieben in Abhängigkeit der N-Versorgung, Standraum und Saatzeit. *Dissertation. Kiel.*
- **1980.** Wie lässt sich der Ertragsaufbau von Winterweizen steuern? *Mitteilungen der DLG 95 (19): S. 1127 -1130.*
- HARTMANN, R.W. and ALLARD, R.W. 1964.** Effect of nutrient and moisture levels on competitive ability. *Crop. Sci. 4: S. 424-426.*
- HAY, R.K.M. and ELLIS, R.P. 1998.** The control of flowering in wheat and barley: what recent advances in molecular genetics can reveal. *Annals of Botany 82: S. 541-554.*
- HAY, R.K.M. 1999.** Physiological control of growth and yield in wheat: analysis and synthesis. SMITH, D.L.; HAMMEL, C. (eds). *Crop yield - Physiology and Processes: S. 1-38. Springer Verlag.*
- **1986.** Sowing date and the relationships between plant and apex development in winter cereals. *Field Crop Research 14: S. 321-337.*
- HAY, R.M.K. and KIRBY, E.J.M. 1991.** Convergence and synchrony: a review of the coordination of development in wheat. *Australian Journal of Agriculture Research 42: S. 661-700.*
- HAY, R.M.K. and PORTER, J.R. 2006.** The physiology of crop yield. *Singapore, Blackwell Publishing Ltd.*

- HEINZE, A. 2013.** Hybridzüchtung bei Getreide – Aktueller Stand und Perspektiven. http://www.cultivent.de/fileadmin/cultivent_mais/redakteure/dokumente/mais/artikel/2013/Wusterhausen_4_Hybridvortrag_HEINZE.pdf.
- HEUSER, W. 1928.** Untersuchungen über die Bestandesdichte des Getreides in ihrer Bedeutung als Ertragskomponente und als Sortenmerkmal. *Pflanzenbau* 4: S. 305 -312. Berlin.
- . **1954.** Untersuchungen über die Höhe und Struktur des Ertrages beim Wintergetreide unter dem Einfluss verschiedener Drillweiten. *Z. Acker -u. Pflanzenb.* 98: S. 25 -52.
- HEYLAND, K.U. und KNOPF, H.E. 1980.** N-Angebot und N-Aufnahme und ihr zeitlicher Bezug zur Ertragsbildung bei Winterweizen und Wintergerste. *Bayer. Landw. Jahrb.*
- HEYLAND, K.U. und TRIEBEL, U. 1982.** Gezielte Stickstoffdüngung zur gesteuerten Ertragsbildung von Winterweizen unter Berücksichtigung verschiedener anbautechnischer Maßnahmen. *Bayer Landw. Jahrbuch* 59: S. 133-148.
- HEYLAND, K.U. 1972.** Dick, dünn, weit oder eng drillen? *Deutsche landwirtsch. Presse* 18: S. 6.
- . **1984.** Pflanzenbauliche Möglichkeiten zur Beeinflussung der Saatgutqualität bei Getreide. *Bericht über die Arbeitstagung 1984 der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter*: S. 129-142. Gumpenstein.
- . **1983.** Produktionsverfahren im Getreidebau mit Zukunft. *XII Landwirtschaftliche Fachgespräche in: Z-Saatgut setzt sich durch*: S. 59-87. Herausgeber: Gemeinschaftsfonds Saatgetreide.
- HEYLAND, K-U. und MEER, M-E. 1992.** Zur Bedeutung der Saatgutqualität des Weizens für die Sicherheit des Feldaufgangs und die Kompensation von Streßfaktoren an Samen und Keimling unter dem Einfluß unterschiedlicher Nähr und Wirkstoffapplikationen. *Die Bodenkultur - Journal for Land Management, Food and Environment* 43.
- HSIAO, T.C. 1973.** Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiology* 24: S. 519-570.
- HURD, E.A. 1968.** Growth of roots of seven varieties of spring wheat at high and low moisture levels. *Agron. J.* 60: S. 201-205.
- IWGSC. 2018.** International Wheat Genome Sequencing Consortium. *Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. Science* 2018: , doi: 10.1126/science.aar7191
- JAMIESON, P.D. and BROOKING, I.R., SEMENOV, M.A., PORTER, J.R. 1998a.** Making sense of wheat development: a critique of methodology. *Field Crops Research* 55: S. 117-127.
- JAMIESON, P.D., SEMENOV, M.A., BROOKING, I.R. and FRANCIS, G.S. 1998b.** Sirius: a mechanistic model of wheat response to environmental variation. *European Journal of Agronomy* 8: S. 161-180.
- JAMIESON, P.D., PORTER, J.R., GOUDRIANN, J., RITCHIE, J.T., van KEULEN, H. and STOL, W. 1998c.** A comparison of the models AFRC Wheat, CERES-Wheat, Siius, SUCROS2 und SWHEAT with measurements from wheat grown under drought. *Field Crops Research* 55: S. 23-44.

- JENSEN, N.F. and FEDERE, W.T. 1964.** Adjacent row competition in wheat. *Crop.Sci.* 4: S. 641-645.
- JOKINEN, K. 1991.** Competition and yield advantage in barley-barley and barley-oats mixtures. *J. Agric. Sci. in Finland* 63: S. 255-285.
- JONES, H.A. and CLARK, A.E. 1943.** Inheritance of male sterility in the onion and the production of hybrid seed. *Proc Am Soc Hort Sci* 43: S.189-194.
- KEDDY, P.A. 1989.** Competition. London, UK Chapman and Hall.
- KEMPF, H. 1990.** Zur Leistungsfähigkeit von Sortenmischungen bei Winterweizen unter Ausschluß von Krankheitsbefall. *Dissertation. Universität Hohenheim.*
- KERSTING, E. 1982.** Unkrautbekämpfung bei Getreideeinkornsaat- durch dieses Säverfahren könnten die Saatstärken erheblich verringert werden. *Mitteilungen der DLG* 97.
- KEYDEL, F. 1979.** Stand der Hybridweizenzüchtung bei Winterweizen. *Getreide, Mehl, Brot* 33, S. 117-119.
- . **1985.** Die Entwicklung von Hybridsorten bei Weizen mit Hilfe von Gametoziden. 1. Erfahrungen. [Buchverf.] 13-23 Arbeitstagung Gumpenstein 1985. 1985.
- KIRBY, E. J. M., APPLEYARD, M and FELLOWERS, G. 1985.** Leaf emergence and tillering in barley and wheat. *Agronomie, EDP Sciences*, 5 (3): S. 193-200.
- KIRBY, E.J.M. and APPLEYARD, M. 1984.** Cereal Development Guide 2nd edition. *Arable Unit, National Agriculture Centre, Coventry.*
- KIRBY, E.J.M. and PERRY, M.W. 1987.** Leaf emergence rates of wheat in a Mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res.* 38: S. 455-464.
- KIRBY, E.J.M., SPINK, J.H., FROST, D.L. et al. 1999.** A study of wheat development in the field: analysis by phases. *European Journal of Agronomy* 11: S. 63-82.
- KIRCH, G. 2006.** Auftreten und Bekämpfung phytophager Insekten an Getreide und Raps in Schleswig-Holstein. *Dissertation. Giessen.*
- KLAPP, E. 1967.** Lehrbuch des Acker- und Pflanzenbaues 6. Auflage. Berlin und Hamburg, Paul Parey Verlag.
- KLEPPER, B., FRANK, A.B., BAUER, A. and MORGAN, J.A. 1985.** Physiological and phenological research in support of wheat yield modeling. *Washington D.C.: ARS wheat yield project. USDA.*
- KNOCH, G. 1962.** Saatzeiten- und Sortenfragen der Wintergerste in Vorgebirgslagen. *Sonderdruck aus Albrecht-Thaer-Archiv, Heft 10.*
- KNOPF, H.E. 1977.** N-Angebot und N-Aufnahme und ihr zeitlicher Bezug zur Ertragsbildung bei Winterweizen und Wintergerste. *Dissertation. Bonn.*
- KOCHS, H.J. 1979.** Höhere Erträge durch verbesserte Drilltechnik. *Mitteilungen der DLG* 94 (4): S. 234-236.

- . 1989. Was die Saattechnik noch leisten könnte. *DLG Mitteilungen* 104: S. 838-839.
- KÖRSCHENS, M. 2001.** Ertragsentwicklung in Abhängigkeit von der Düngung im statischen Dauerdüngungsversuch Bad Lauchstädt im Verlaufe von 97 Jahren. *Archives of Agronomy and Soil Science* 47: S. 53-72.
- KÖRSCHENS, M. und EICH, D. 1990.** "Der Statische Versuch Lauchstädt". *Dauerfeldversuche: S. 7-23. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften Berlin, 2. Auflage.*
- KRATZSCH, G. 1972.** Einfluss der Reihenweite auf Ertrag und Ertragsstruktur. *Tag.Ber.Akad.Ldw.Wiss.* 119: S. 295-301.
- KRENZER, Jr. E.G., NIPP, T.L. and Mc NEW, R.W. 1991.** Winter wheat mainstem leaf appearance and tiller formation vs. moisture treatment. *Agron. J.* 83: S. 663-667.
- KRIEGER, B. 1994.** Ertragshöhe, Ertragsstruktur und Entwicklung von Winterweizen in Abhängigkeit von Fruchtfolge, Vorfruchtcombination, anbautechnischen Maßnahmen und Genotyp. *Dissertation.* Kiel.
- KROPF, U. 2012.** Getreide Guide. *Münster, Landwirtschaftsverlag GmbH.*
- . 1988. Vegetative und generative Entwicklung von Haupt- und Nebentrieben des Winterweizens (*Triticum aestivum* L., cv. Kanzler und cv. Ares) - Felderhebungen auf ausgewählten Standorten der Bundesrepublik Deutschland in den Vegetationsperioden 1987 und 1988. *Dissertation.* Kiel.
- KRUG, H. 1969.** Der somatische Saatgutwert. *Die Bodenkultur* 20: S. 50-64.
- LANDES, A. 1989.** Phänologie, Morphogonese und Ertragsbildung von Weizen und Gerste unter Einfluss der Herbizidapplikation zu unterschiedlichen generativen Stadien bei verschiedenen Sorten und variiertes Stickstoffdüngung. *Dissertation.* Kiel.
- LAWLOR, D.W., DAY, W. JOHNSTON, A.E., LEGG, B.J. and PARKINSON, K.J. 1981.** Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content. *Journal of Agricultural Science: S. 167-186. Cambridge*
- LEE, J.A. 1960.** A study of plant competition in relation to development. *Evolution* 14: S.18-28.
- LEHMANN, L.C. 1983.** Composite crosses: their uses in conventional and hybrid breeding. *Vortrag Pflanzenzüchtung* 3: S. 35-47.
- LONG, N.R., LOGUE, S.J., JENNER, C.F., GIANQUITTO, P., Mac LEOD, L.C. and BARR, A.R. 1998.** Effects of genotype and environment on grain filling in barley grown in south-east Australia. *Proc. 9. Australian Agronomic Conference: S. 555-556.*
- LONGIN, F. 2013.** Wann kammt der Turbo. *Verlagsbeilage Saatgut-Magazin zu DLG-Mitteilungen* 7: S. 3-5. *Frankfurt/Main, Max-Eyth-Verlagsgesellschaft mbH.*
- LONGNECKER, N., KIRBY, E.J.M. and ROBSON, A. 1993.** Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen deficient spring wheat. *Crop Sci.* 33: S. 154-160.

- LÓPEZ-BELLIDO, L.M., FUENTES, M., CASTILLO, J.E., LÓPEZ-GARRIDO, F.J. and FERNÁNDEZ, E.J. 1996.** Longterm tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed Medi-terranean conditions. *Agr. J.* 88.
- MACNICOL, P.K., JACOBSEN, J.V., KEYS, M.M. and STUART, I.M. 1993.** Effects of heat and water stress on malting quality and grain parameters of Schooner barley grown in cabinets. *Journal of Cereal Science* 20: S. 51-58.
- MÄHNER, K-T. 1999.** Wachstum und Ertrag von Getreide nach mechanischer Bodenbelastung in unterschiedlichen Bearbeitungssystemen. *Dissertation. Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Gerog-Augustus-Universität zu Göttingen.*
- MALLACH, J. 1929.** Untersuchungen über die Bedeutung von Korngröße und Einzelkorngewicht beim Saatgut. *Wiss. Archiv für Landwirtschaft Abt. A., Bd. 2: S. 219-295.*
- MARTIN, R.J., GILLESPIE, R.N. and KNIGHT, T.L. 1993.** Prediction of reproductive growth stages in barley. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science* Vol. 21.
- MASCHER, M., GUNDLACH, H. [...] and STEIN, N. 2017.** A chromosome conformation capture ordered sequence of the barley genome. *Nature.* 14: doi:10.1038/nature22043.
- MASLE, J.G. and PASSIOURA, J.B. 1987.** The effect of soil strength on the growth of young wheat plants. *Aust. J. Plant Physiol.* 14: S. 543-656.
- MATSUDA, K. and RAYAN, A. 1990.** Anatomy: A key factor regulating plant tissue response to water stress, Environmental Injury to Plants. *San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto : Kattermann, F., Academic Press.*
- Mc MASTER, G. S. and WILHELM, W. 1995.** Accuracy of Equations Predicting the Phyllochron of Wheat. *Publications from USDA-ARS/UNL Faculty.* 79.
- McKINION, J.M., BOONE, M.Y.L. and KIKUSAWA, M. 1989.** Applications of the GOSSYM/COMAX system for cotton crop management. *Agric. Syst.* 31: S. 55-65.
- MERFERT, W. 1988.** Probleme der Nutzung des cytoplasmatischen Sterilitätssystems bei Winterweizen. *Tagung Berlin, Akad. Landwirtschaftl.-Wiss. DDR, Berlin* 143: S. 227-235.
- MERFERT, W., KOCH, E. und SANDER, S. 1983.** Hybridweizen und Saatgutproduktion. *Züchtungsforsch., Arch.Berlin* 13: S. 237-246.
- MERFERT, W., SCHILOWA, I. und FAUSTMANN, M. 1988.** Stand der Hybridweizenzüchtung in der DDR. *Plant Breeding* 101: S. 236-244. *Berlin und Hamburg, Paul Parey Scientific Publishers.*
- MICELI, F, MARTIN, M. and ZERBI, G. 1992.** Yield, quality and nitrogen efficiency in winter wheat fertilized with increasing N levels at different times. *J. Agronomy and Crop Science* 168: S. 337-344.
- MICHAEL, G. 1981.** Die Ertragsbildung des Getreides unter Berücksichtigung der Phytohormone. *Kali-Briefe* 15: S. 481-492.

- MIELKE, H. 2000.** Studien über den Pilz *Claviceps purpurea* (Fries) Tulasne unter Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten und der Bekämpfungsmöglichkeiten des Erregers. *Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland. Berlin.*
- MIGLIETTA, F. 1991a.** Simulation of wheat ontogenesis. I. Appearance of main stem leaves in the field. *Climate Research 1: S. 145-150.*
- **1991b.** Simulation of wheat ontogenesis. II. Predicting dates of ear emergence and main stem final leaf number. *Climate Research 1: S. 151-160.*
- MITSCHERLICH, E.A. 1919.** Ein Beitrag zur Standweite unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen in Gefässen und im freien Lande bei Reinsaat und Mengsaat. *Landw. Jahrbücher: S. 341-360. Berlin.*
- MOORBY, J. 1985.** Wheat growth and modeling: conclusions. *New York Plenum Press: S. 381-386.*
- MORGAN, A.G. and RIGGS, T.J. 1981.** Effects of drought on yield and malt characters in spring barley. *Journal Sci. Food Agric. 32: S. 339-346.*
- MPI. 2012.** MPI für Pflanzenzüchtungsforschung.
https://www.mpipz.mpg.de/128353/news_publication_5793173?c=14104.
- MUELLE, G. und HEEGE, H.J. 1981.** Kornverteilung über die Fläche Ertrag bei Getreide. *Z. Acker- u. Pflanzenbau 150: S. 97-112.*
- MUNDT, C.C., BROPHY, L.S. and KOLAR, S.C. 1996.** Effect of genotype unit number and spatial arrangement on severity of yellow rust in wheat cultivar mixtures. *Plant Pathol. 45: S. 215-222.*
- ODUM, E.P. 1999.** Ökologie. Stuttgart, New York, Georg Thieme Verlag.
- OKADA, A., ARNDELL, T., BORISJUK, N., SHARMA, N., WATSON-HAIGH, N.S., TUCKER, E.J., BAUMANN, U., LANGRIDGE, P. and WHITFORD, R. 2019.** CRISPR/Cas9-mediated knockout of *Ms1* enables the rapid generation of male-sterile hexaploid wheat lines for use in hybrid seed production. *Plant Biotechnology Journal: <https://doi.org/10.1111/pbi.13106>.*
- OUSSIBLE, M, CROOKSTON, R-K. and LARSON, W-E. 1992.** Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat. *Agronomy Journal 84: S. 34-38.*
- PARZIES, H.K., SCHNAITHMANN, F. and GEIGER, H.H. 2005.** Pollen viability of *Hordeum* spp genotypes with different flowering characteristics. *Euphytica 145: S. 229-235.*
- PETERSON, C.M., KLEPPER, B. and RICKMAN, R.W. 1989.** Seed reserves and seedling development in winter wheat. *Agron. J. 81: S. 245-251.*
- PFEIFFER, H. 1949.** Saatzeitversuche mit Winter- und Sommergerste. *Z. Acker- und Pflanzenbau. 91: S. 135-149.*
- PIEPER, H. 1952.** Das Saatgut 2. Auflage. *Berlin und Hamburg, Paul Parey Verlag.*

- POMMER, G. und BAUMER, M. 1982.** Wintergerste in Fruchtwechsel und Daueranbau – Produktionstechnik, Krankheitsbefall, Ertrag. *Acker- und Pflanzenbau* 151: S. 474-485.
- POMMER, G. und KEYDEL, F. 1980.** Kritische Stadien in der Ertragsbildung des Getreides und deren Abhängigkeit von der phylogenetischen Herkunft. *Kalibriefe* 15: S. 211-221.
- PORTER, J.R. 1984.** A model of canopy development in winter wheat. *J. Agric. Sci.* 102: S. 383-392.
- . **1985.** Approaches to modeling canopy development in wheat. *Wheat Growth and modeling. New York Plenum Press.*
- PUCKRIDGE, D.W. and DONALD, C.M. 1967.** Competition among wheat plants sown at a wide range of densities. *Austral. J. of Agric. Res.* 18: S. 193 -211.
- PUCKRIDGE, D.W. 1968.** Competition for light and its effects on leaf and spikelet development of wheat plants. *Aust.J.agric.Res* 19: S. 191-201.
- RAEDER, T. 2007.** Entwicklung eines Prognose- und Entscheidungsmodell zur Braunrostbekämpfung in Winterroggen und Winterweizen. *Dissertation. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.*
- RAJESWARA RAO, B.R. and PRASAD, R. 1984.** Intergenotyp competition in mixed stands of spring wheat genotypes. *Euphytica* 33: S. 241-247.
- . **1982.** Productivity and nutrient uptake by two spring wheat cultivars in pure and mixed stands. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 151: S. 235-244.
- RETZER, F. 1995.** Untersuchungen zur Stickstoffverwertung von Weizenbeständen. *Dissertation. Weihenstephan.*
- RICKMAN, R.W., KLEPPER, B.L. and RASMUSSEN, P.E. 1984.** The contribution of emergence curves to the variance in field observations of development of winter wheat. *Agron. J.* 76: S. 861-863.
- RIDDLE, O.C. and SUNESON, C.A. 1944.** Crossing studies with male-sterile barley. *Journal of the American Society of Agronomy* 36: S. 62-65.
- RITALA, A., NUUTILA, A.M., AIKASALO, R., KAUPPINEN, V. and TAMMISOLA, J. 2002.** Measuring gene flow in the cultivation of transgenic barley. *Crop Science* 42: S. 278-285.
- RITCHIE, J.T. 1987.** Modeling wheat development. *Agronomy Abstracts: S. 16. Madison, Wisconsin.*
- RITCHIE, J.T., GODWIN, D.O. and OTTER- NACKE, S. 1986.** CERES-Wheat, a simulation model of wheat growth and development. *Michigan State University.*
- RIZZOLATTI, C., BURY, B., TATARA, E., PIN, P.A., RODDE, N. BERGÈS, H., BUDAR, F., MIREAU, H. and GIELEN, J.J.L. 2017.** Map-based cloning of the fertility restoration locus *Rfm1* in cultivated barley (*Hordeum vulgare*). *Euphytica* (2017) 213:276.
- SANDEFAER, J. 1954.** Virkningerne af det naturlige udvalg ved forædlingsarbejdet med selvbefrugtende kornarter. *Tidsskr. Planteavl.* 58: S. 333-354.

- SAVIN, R. and NICOLAS, M.E. 1996.** Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology* 23.
- SAVIN, R., STONE, P.J., NICOLAS, ME., WARDLAW, I.F. 1997.** Grain growth and malting quality of barley. Effects of heat stress and moderately high temperature. *Australian Journal of Agricultural Research* 48: S. 615- 624.
- SCHACHSCHNEIDER, R. 2009.** Wie reagiert die Weizenzüchtung auf die Klimaveränderung? Eigenschaften "praxispraxistauglicher" Sorten in der Zukunft? *Norddeutsches Weizenforum. Lübeck.*
- SCHÄFER, B.S. 2011.** Klimawandel: Gerste später säen ? *Top Agrar 9/2011: S. 42-44.*
- SCHEER, M. 1983.** Die Saat als Mittel zur Optimierung inner-und zwischenpflanzlicher Konkurrenzverhältnisse bei Winterweizen und Möglichkeiten der Regulation durch Pflanzenschutz und N-Düngung. *Dissertation. Bonn.*
- SCHENKE, H. 1993.** Anbautechnik von Winterweizen im Organischen Landbau: Unkrautaukommen und Ertragsbildung in Abhängigkeit von mechanischer Unkrautregulierung, Saatgutqualität, Standraumzumessung und organischer Düngung. *Dissertation. Bonn.*
- SCHLICHTING, K.P. 1980.** Vergleichende wachstumsanalytische Untersuchungen zum intra- und interspezifischen Konkurrenzverhalten von Sommerweizen, Ackersenf und Flughafener in Abhängigkeit von Bodenzusammensetzungen, Wasser-, N-, und Standraumangebot. *Dissertation. Kiel.*
- SCHNELL, F.W. 1961.** Heterosis und Inzuchtwirkung. *Schriftenreihe Max Planck Institut für Tierzucht u. Tierernährung, Sonderb. 251-272: S. 291-314.*
- SCHÖNBERGER, H.G. und SLOTTA, U. 1983.** Quantifizierung des Einflusses von Standort und Bestandesentwicklung auf den N-Bedarf von Winterweizen. *Landwirtschaftliche Forschung* 36: S. 373-383.
- SCHÖNBERGER, H.G. 1996.** Ertragsbildung und Bestandesführung von Winterweizen. *Getreide-Magazin* 4: S. 4-8.
- SCHÖNBERGER, H.G. und KROPF, U. 2000.** Winter und Sommergerste (*Hordeum vulgare*). *Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 2: Kulturpflanzen: S. 325-361. Gelsenkirchen-Buer, Verlag Th. Mann.*
- SCHÖNBERGER, H-G. und HARMS, H. 1980.** Steuerung der Ertragsbildung durch anbautechnische Maßnahmen. *Vorträge zur Hochschultagung der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der CAU: S. 67-85.*
- SCHOOLER, A.B. 1967.** A form of male sterility in barley hybrids. *Jour. Hered* 58: S. 207-211.

- . 1968. Cytoplasmic Sterility and the Production of Hybrid Barley Seed. http://lib.ndsu.nodak.edu/repository/bitstream/handle/10365/8786/farm_25_03_03.pdf?sequence=1
http://lib.ndsu.nodak.edu/repository/bitstream/handle/10365/8786/farm_25_03_03.pdf?sequence=1.
- SCHOOP, P. 1986.** Ausbildung der Einzelkornmasse und resultierende durchschnittliche Einzelkornmasse je Ähre bei Winterweizen. *Dissertation. Aus den Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Lehrstuhl Allgemeiner Pflanzenbau der Christian-Albrechts-Universität Kiel.*
- SCHRIMPF, C. 1961.** Mögliche Leistungsreserven unserer Getreidesorten. *Mitteilungen der DLG 76 (1): S. 12 -14.*
- SCHRÖDER, H. 1997.** Untersuchungen zur Ertragsbildung und Stickstoffverwertung von Wintergerstenbeständen in verschiedenen Produktionssystemen. *Dissertation. Kiel.*
- SCHUSTER, W. 1997.** Welchen Beitrag leistet die Pflanzenzüchtung zur Ertragssteigerung von Kulturarten? *Pflanzenbauwissenschaften, 1 (1): S. 9-18.*
- SHULL, G.H. 1914.** Duplicate genes for capsule-form in *Bursa bursa-pastoris*. *Z. indukt. Abstammungs- u. Vererbungsl. 12: S. 97-149.*
- SIELING, K., BÖTTCHER, U. und KAGE, H. 2011.** Ertragsentwicklung von Winterweizen bei variiertem N-Düngung. *Journal für Kulturpflanzen 63 (6): S. 169–178.*
- SILANDER, J.A. and PACALA, S.W. 1990.** The application of plant population dynamic models to understanding plant competition. *Perspectives on plant competition: S. 67-91. San Diego, USA, Academic Press.*
- SKINNER, R.H. and SIMMONS, S.R. 1993.** Modulation of leaf elongation, tiller appearance, and tiller senescence in spring barley by far-red light. *Plant Cell Environ 16: S. 555-562.*
- SNAYDON, R.W. 1996.** Above-ground and below-ground interactions in intercropping. *ITO, O.; JOHANSEN, C.; ADU-GYAMFI, J.J.; KATAYAMA, K. KUMAR RAO, J.V.D.K.; REGO, T.J. (eds): Dynamics of roots and nitrogen in cropping systems of semi-arid tropics. Jap. Intern. Res. Center f. Agric. Sci., ISBN 4-906635-01-6: S. 73-92.*
- . 1991. Replacement or additive designs for competition studies? *J. Appl. Ecol. 28: S. 930-946.*
- SPIERTZ, J.H.J. 1974.** Grain growth and distribution of dry matter in the wheat plant as influenced by temperature, light energy and ear size. *Neth. J. Agric. Sci. 22: S. 207-220.*
- STEIN, N. 2007.** Der Countdown läuft - Wissenschaftler am IPK Gatersleben übernehmen führende Rolle in der Gersten-Genomforschung. *GENOMXPRESS 4/07, S. 5-6.*
- STEINER, A. M. 1980.** Aktuelle Probleme der Keimfähigkeits- und Triebkraftuntersuchung bei Körnerfrüchten. *Niederschrift über die 34. Sitzung des DLG-Ausschusses für landw. Saatguterzeugung. Wiesbaden.*

- STIEWE, G. 2015.** Explanatory information on TAD/CA/S/RD(2014)2/REV1 "Draft Proposal on Certification Standards for Hybrids of Barley". *ESA- European Seed Association. Technical Working Group Meeting of the OECD Seed Schemes. Document TAD/CA/S/RD (2015) 8.* Paris.
- STONE, P.J. and NICOLAS, M.E. 1995.** Effect of timing of heat stress during grain filling on two wheat varieties differing in heat tolerance; I. Grain growth. *Australian Journal of Plant Physiology* 22: S. 945- 954.
- STOY, V. 1973.** Assimilatbildung und -verteilung als Komponenten der Ertragsbildung beim Getreide. *Abgewandte Botanik* 47: S. 17-26.
- . **1977.** Trockensubstanzproduktion und Assimilateinlagerung in das Getreidekorn. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 140: S. 35-50.
- STÜTZEL, H. 1985.** Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von Sortennischungen bei Wintergerste. *Dissertation. Aus dem Institut für Pflanzenbau der Universität Hohenheim. Fachgebiet Spezieller Pflanzenbau.*
- SUNESON, C.A. 1949.** Survival of four barley varieties in a mixture. *Agron. J.* 41: S. 459-461.
- SWAMINATHAN, M.S. 1996.** Crop production and sustainable food security. *Proceedings of the the Second International Crop Science Congress: S. 3-17. Dehli.*
- TANKSLEY, S. D. and McCOUCH, S. R. 1997.** Seed Banks and Molecular Maps: Unlocking Genetic Potential from the Wild. *Science Vol. 277 no. 5329: S. 1063-1066.*
- TAYLOR, B.R. 1978.** Studies on a barley-oats mixture. *J.Aric. Sci. Camb.* 91: S. 587-591.
- TEN HAG, B.A. 1976.** Niederlande: Was tut sich im Getreidebau ? *Mitteilungen der DLG* 91 (1): S. 17-18.
- THEUER, C. 1997.** Ertragsbildung von Winterweizen in Abhängigkeit von Fruchtfolgestellung und Anbautechnik unter besonderer Berücksichtigung phytotoxischer Substanzen. *Dissertation. Kiel.*
- THORNE, G.N., DARBY, R.J., DAY, W., LANE, P.W. WELBANK, P.J. and WIDDOWSON, F.V. 1988.** Variation between years in growth and nutrient uptake after anthesis of winter wheat on Broadbalk at Rothamsted, 1969-1984. *J. Agriculture Science* 110: S. 543-559.
- THROUGHTON, A. and WITTINGTON, W.J. 1969.** The significance of genetic variation in root systems. *Root growth: S. 296-314. London, Butterworth.*
- TRENBATH, B.R. 1976.** Plant interactions in mixed crop communities. *ASA Spec. Pub. No. 27: STELLY, M. (edt.) Multiple cropping: S. 129-169.*
- TRIEBEL, U. 1982.** Zur Frage der Quantifizierung der Einflusses verschiedener anbautechnischer Maßnahmen auf die Ertragsstrukturkomponenten von Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffdüngung. *Dissertation. Bonn.*

- TURUSPEKOV, Y., KAWADA, N., HONDA, I., WATANABE, Y. and KOMATSUDA, T. 2005.** Identification and mapping of QTL for rachis internode length associated with cleistogamy in barley. *Plant breeding* 124: S. 542-545.
- UPTMOOR, R. 2006.** Perspektiven der QTL -basierten Modellierung von Genotyp-Umwelt Interaktionen. *Symposium: Modellierung pflanzlicher Systeme aus historischer und aktueller Sicht. LVL Brandenburg.*
- VALENTINE, J. 1982.** Variation in monoculture and in mixture for grain yield and other characters in spring barley. *Ann.appl. Biol.* 101: S. 127-141.
- VANDERMEER, J. 1989.** The ecology of intercropping. *Cambridge University Press.*
- WÄCHTER, V., MÖGLING, R. und SEIDEL, D. 1978.** Beeinflussung der Ertragsstruktur von Winterweizen durch Erreger der Schwarzbeinigkeit. *Rostocker Agrarwissenschaftliche Beiträge Band 1: S. 121-126.*
- WAGNER, D.B. and ALLARD, R.W. 1991.** Pollen migration in predominantly self-fertilizing plants. barley. *J Hered* 82: S. 302-304.
- WAHBI, A. and GREGORY, P.J. 1995.** Growth and development of young roots of barley. *Annals of Botany*.75: S. 533-539.
- WALLWORK, M.A.B., JENNER, C.F., LOGUE, S.J. and SEDGLEY, M. 1998.** Effect of high temperature during grain-filling on the structure of developing and malted barley grains. *Annals of Botany* 82: S. 587-599.
- WALLWORK, M.A.B., JENNER, C.F. and MACLEOD, L.C. 1994.** Effects of heat stress on starch accumulation in the endosperm of barley. *Cereal Chemistry Conference: S. 72-75. Australia.*
- WANG, Z.K., NI, Z., WU, H., NIE, X. and SUN, Q. 2006.** Heterosis in root development and differential gene expression between hybrids and their parental inbreds in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet* 113: S. 1283-1294.
- WARDLAW, I.F., DAWSON, I.A. and MUNIBI, P. 1989.** The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. 1. Survey procedures and general response patterns. *Australian Journal Agricultural Research* 40: S. 1-13.
- WEIGEL, H.J. 2009.** *Auswirkungen der Klimaänderungen auf die Weizenproduktion. Norddeutsches Weizenforum. Lübeck.*
- WEIR, A.H., BRAGG, P.L., PORTER, J.R. and RAYNER, J.H. 1984.** A winter wheat crop simulation model without water and nutrients limitations. *J. Agric. Sci.* 102.
- WEISSTEINER, C.J. 2003.** Einsatz von Fernerkundung und bodengestützten Daten zur regionalen Ertragsvorhersage von Braugerste (*Hordeum vulgare* L.). *Dissertation. Bonn.*
- WERNER, A. 1992.** Auswirkung geänderter Saatstärke und Reihenzahl zur Durchführung von Gülleinjektionen auf Bestandesaufbau und Ertragsbildung von Winterweizen. *Dissertation. Bonn.*

- NUYKEN, W. 1972.** Die Wirkung von Standraum und Aussaatmethode auf die ertragsbildenden Eigenschaften und die Qualität von Sommergerstensorten auf Sandboden in halbkontinentaler Klimlage. *Dissertation. Berlin.*
- WHABI, A. and GREGORY, P.J. 1995.** Growth and Development of Young Roots of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes. *Annals of Botany* 75: S. 533-539.
- WIEDENBRÜG, R.E. 1961.** Ein Beitrag zum Problem der Ertragsstrukturveränderung von Sommergerstensorten unter dem Einfluß verschiedener pflanzenbaulicher Maßnahmen. *Dissertation. Hohenheim.*
- WIEGAND, C.L., GERBERMANN, A.H. and CUELLAR, J.A. 1981.** Development and yield of hard red winter wheats under semitropical conditions. *Agron. J.* 73: S. 29-37.
- WILLEY, R.W. and HOLLIDAY, R. 1971.** Plant population and shading studies in barley. *J.Agric. Sci. Camb.* 77: S. 445-452.
- WILSON, J.B. 1988.** Shoot competition and root competition. *J.Appl. Ecol.* 25: S. 279-296.
- WINKELMANN, C. 1999.** Ertragsbildung von Winterweizen in Abhängigkeit von Fruchtfolgegestaltung, Anbautechnik und Bodenunterschieden. *Dissertation. Kiel.*
- WOLLNY, E. 1885.** Saat und Pflege landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. *Berlin, Paul Parey Verlag.*
- ZOSCHKE, M. 1990.** Fruchtfolgegestaltung. [Buch Author] G. HAUG, G. SCHUMANN and G. (Hrsg.) 1990: FISCHBECK. Pflanzenproduktion im Wandel. *Neue Aspekte in den Agrarwissenschaften: S. 251-274. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft.*
- ZWEIFLER, E. 1956.** Winterroggen-Saatstärkenversuch mit drei Reihenweiten im Trockengebiet. *Die Bodenkultur, Sonderheft Nr. 7: S. 94 -106.*

Anhangverzeichnis

| | | |
|------------|---|---------|
| Anhang 1: | Herstellung einer Hybride unter Berücksichtigung der wiederholten Rückkreuzung zur Übertragung von Genen aus einem Donor auf Rekurrente Elter (nach BECKER 2011 verändert)..... | - 124 - |
| Anhang 2: | Blütenbildung der Gerste in verschiedenen Phasen (MPI 2012)..... | - 124 - |
| Anhang 3: | Produktionstechnik im Überblick..... | - 125 - |
| Anhang 4: | Probenahme- und Boniturtermine in Abhängigkeit von Standort und Jahr..... | - 125 - |
| Anhang 5: | F-Werte und deren Übertretungswahrscheinlichkeiten ($Pr > F$) für die Entwicklung der Bestandesdichte im Versuchsmittel..... | - 126 - |
| Anhang 6: | F-Werte und deren Übertretungswahrscheinlichkeiten ($Pr > F$) für die Entwicklung der Triebzahl je Pflanze im Versuchsmittel..... | - 127 - |
| Anhang 7: | F-Werte und deren Übertretungswahrscheinlichkeiten ($Pr > F$) für die Entwicklung der Bestandesdichte in Abhängigkeit von Jahr und Standort..... | - 128 - |
| Anhang 8: | F-Werte und deren Übertretungswahrscheinlichkeiten ($Pr > F$) für die Entwicklung der Triebzahl je Pflanze in Abhängigkeit von Jahr und Standort..... | - 129 - |
| Anhang 9: | Temperatursumme (kumuliert) im Vegetationsverlauf in Abhängigkeit vom Aussattermin, Feldaufgang, Entwicklungsstadium sowie Standort und Jahr..... | - 130 - |
| Anhang 10: | Triebzahl je Pflanze in Abhängigkeit der Temperatursumme [$^{\circ}C$]..... | - 130 - |
| Anhang 11: | Häufigkeiten [N=432] und Normalverteilung der Ablagetiefe [mm] in Abhängigkeit von Jahr und Standort..... | - 131 - |
| Anhang 12: | Relativer Feldaufgang [%] in Abhängigkeit von Standort, Jahr, Saatstärke und Sorte..... | - 131 - |
| Anhang 13: | Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/ m^2 , Triebe/ m^2 , Ähren/ m^2] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Köthen..... | - 132 - |
| Anhang 14: | Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/ m^2 , Triebe/ m^2 , Ähren/ m^2] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Wolkenburg..... | - 133 - |
| Anhang 15: | Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/ m^2 , Triebe/ m^2 , Ähren/ m^2] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Köthen..... | - 134 - |
| Anhang 16: | Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/ m^2 , Triebe/ m^2 , Ähren/ m^2] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Wolkenburg..... | - 135 - |
| Anhang 17: | Regressionen der Bestockung (x) in Abhängigkeit der Temperatursumme (y)..... | - 136 - |

- Anhang 18: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke am Standort Köthen 2011 - 137 -
- Anhang 19: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke am Standort Köthen 2012 - 138 -
- Anhang 20: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke am Standort Wolkenburg 2011 - 139 -
- Anhang 21: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke am Standort Wolkenburg 2012 - 140 -
- Anhang 22: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Köthen - 141 -
- Anhang 23: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Wolkenburg - 142 -
- Anhang 24: Höhe des Vegetationskegels [mm] am Haupt- und Nebetrieb in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie Jahr und Saatstärke zu BBCH 31/32 und BBCH 37/47 ..
..... - 143 -
- Anhang 25: Anzahl generativer Primordien am Haupt- und Nebetrieb je Vegetationskegel in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie Jahr und Saatstärke zu Vegetationsbeginn, BBCH 31/32 und BBCH 37/47 - 144 -
- Anhang 26: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 145 -
- Anhang 27: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Köthen, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 145 -
- Anhang 28: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 146 -
- Anhang 29: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 146 -
- Anhang 30: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 147 -

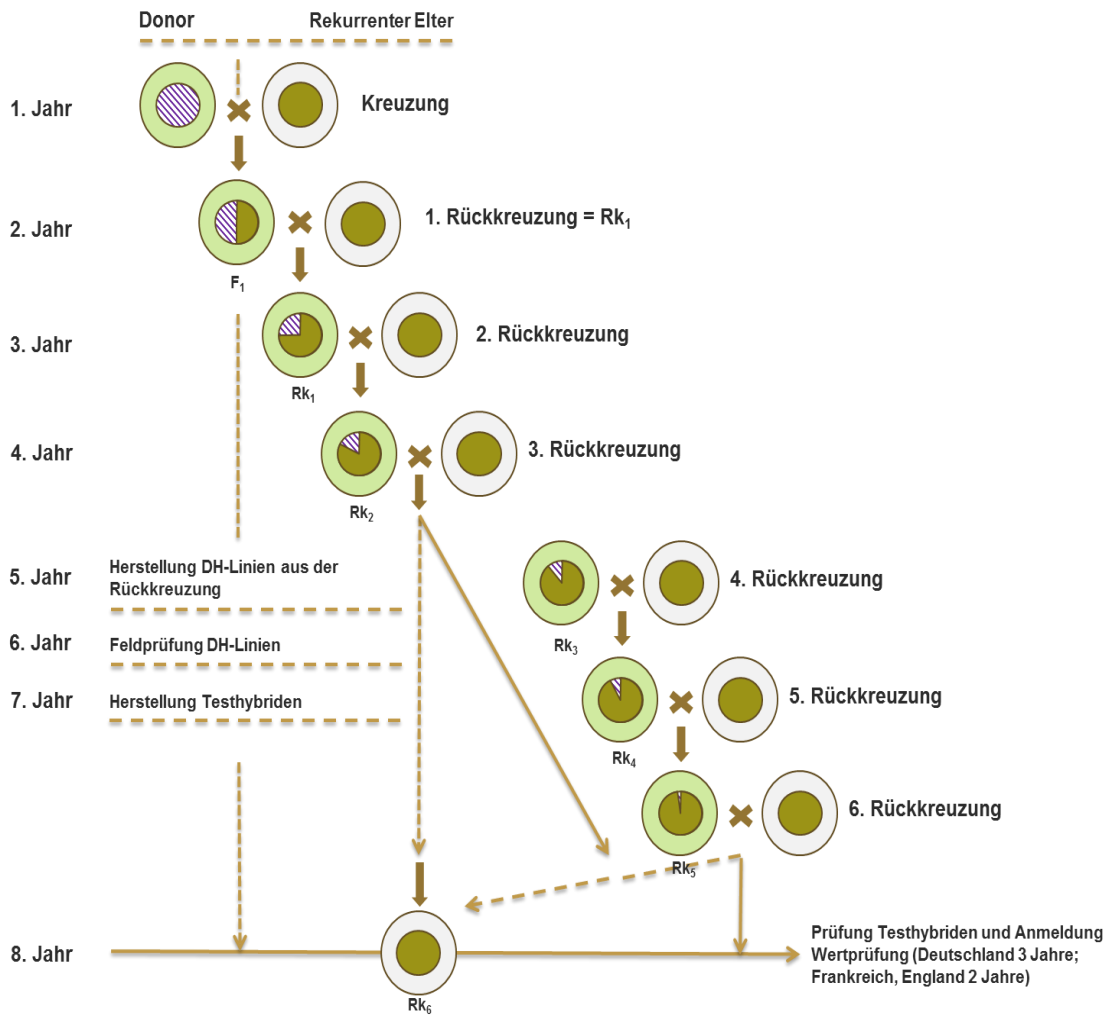
- Anhang 31: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Köthen, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 147 -
- Anhang 32: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 148 -
- Anhang 33: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 148 -
- Anhang 34: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 149 -
- Anhang 35: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Köthen, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 149 -
- Anhang 36: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 150 -
- Anhang 37: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 150 -
- Anhang 38: Erträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil, Sorte und Saatstärke im Jahr 2012 am Standort Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 151 -
- Anhang 39: Erträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil, Sorte und Saatstärke im Jahr 2012 am Standort Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 152 -
- Anhang 40: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 153 -
- Anhang 41: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 153 -

- Anhang 42: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g] - 154 -
- Anhang 43: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP) - 154 -
- Anhang 44: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 155 -
- Anhang 45: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 155 -
- Anhang 46: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP) - 156 -
- Anhang 47: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP) - 156 -
- Anhang 48: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 157 -
- Anhang 49: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 157 -
- Anhang 50: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP) - 158 -
- Anhang 51: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP) - 158 -

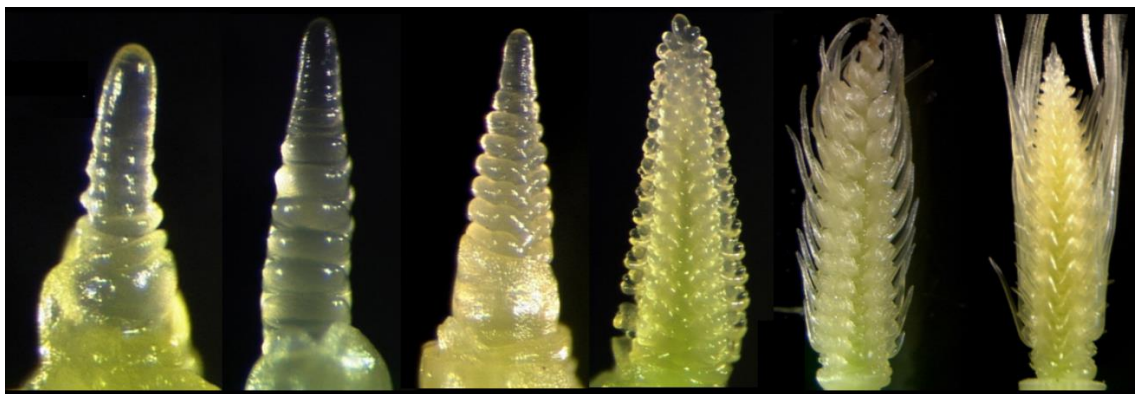
- Anhang 52: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 159 -
- Anhang 53: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 159 -
- Anhang 54: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) sowie Kornzahl je Pflanze (RE KZP) - 160 -
- Anhang 55: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP) - 160 -
- Anhang 56: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 161 -
- Anhang 57: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)..... - 161 -
- Anhang 58: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Sorte sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 162 -
- Anhang 59: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Sorte sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)..... - 162 -
- Anhang 60: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 163 -
- Anhang 61: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl

| | |
|------------|--|
| | (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP) - 163 - |
| Anhang 62: | Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 164 - |
| Anhang 63: | Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m ²) [Ähren/m ²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP) - 164 - |
| Anhang 64: | Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 165 - |
| Anhang 65: | Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m ²) [Ähren/m ²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)..... - 165 - |
| Anhang 66: | Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%] - 166 - |
| Anhang 67: | Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m ²) [Ähren/m ²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m ²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)..... - 166 - |
| Anhang 68: | Witterung zur Blüte im Jahr 2011 am Standort Köthen - 167 - |
| Anhang 69: | Witterung zur Blüte im Jahr 2011 am Standort Wolkenburg - 168 - |
| Anhang 70: | Witterung zur Blüte in 2012 am Standort Köthen - 169 - |
| Anhang 71: | Witterung zur Blüte in 2012 am Standort Wolkenburg - 170 - |
| Anhang 72: | Anzahl Pollen während der Blüte in Abhängigkeit von Jahr, Standort und Restoreranteil - 171 - |
| Anhang 73: | Konkurrenz- und Mischungseffekte in der technischen Mischung bei der Saatgutproduktion von Hybridwintergerste der Einfachhybriden Balloon (FM 97-37 x RE 10) und Dreifachhybriden Element (F1F 011 x RE 10)..... - 171 - |

Anhang



Anhang 1: Herstellung einer Hybride unter Berücksichtigung der wiederholten Rückkreuzung zur Übertragung von Genen aus einem Donor auf Rekurrente Elter (nach BECKER 2011 verändert)



Anhang 2: Blütenbildung der Gerste in verschiedenen Phasen (MPI 2012)

Anhang 3: Produktionstechnik im Überblick

| Produktionstechnik | Einheit | Standort | | | |
|-----------------------|---------|---|--|---|---|
| | | Köthen | | Wolkenburg | |
| | | 2010/ 2011 | 2011/ 2012 | 2010/ 2011 | 2011/ 2012 |
| Aussaat | | | | | |
| Vorfrucht | -- | Winterraps | Winterraps | Winterraps | Kartoffel |
| Vor-Vor-Frucht | -- | Winterweizen | Winterweizen | Winterweizen | Winterweizen |
| Aussaat | [Datum] | 25.09.2010 | 16.09.2011 | 23.09.2010 | 13.09.2011 |
| Ernte | [Datum] | 17.07.2011 | 09.07.2012 | 20.07.2011 | 11.07.2012 |
| Düngung | | | | | |
| Herbst I | [je ha] | -- | -- | BBCH 00 22.09.2010 1,5 dt DAP | -- |
| Herbst II | [je ha] | BBCH 23 20.10.2010 2,0 dt SSA | BBCH 29 30.10.2011 1,0 dt SSA | BBCH 23 22.10.2010 1,5 dt SSA | BBCH 29 30.10.2011 1,0 dt SSA |
| Frühjahr I | [je ha] | BBCH 25 01.04.2011 225 l AHL | BBCH 29/30 08.03.2012 2,0 dt Harnstoff + 1,5 dt Korngali | BBCH 25 16.03.2011 3,0 dt Hydro Sulfan | BBCH 29/30 14.03.2012 1,3 dt/ha Harnstoff + 1,5 dt SSA |
| Summe N + S | [je ha] | 120 kg N; 48 kg S | 110 kg N + 33 kg S | 130 kg N + 54 kg S | 110 kg N + 57 kg S |
| Pflanzenschutz | | | | | |
| PSM 1 Herbst I | [je ha] | -- | BBCH 00 17.09.2011 0,75 l Bacara forte + 0,3 l Cadou | BBCH 13/21 15.10.2010 2,0 l Falcon + 75 ml Karate Zeon | BBCH 13/21 25.09.2011 2,0 l Malibu + 10 g Pointer SX + 75 ml Karate Zeon |
| PSM 2 Herbst II | [je ha] | -- | BBCH 13/21 02.10.2011 10 g Pointer SX + 300 ml Decis + 100 g Mn + 50 g Cu | -- | BBCH 13/21 02.10.2011 + 300 ml Bulldock + 100 g Mn + 50 g Cu |
| PSM 3 Herbst III | [je ha] | BBCH 23 01.11.2010 5 kg Epsocombitop + 250 g Mn-Chelat + 50 g Cu-Chelat + 50 g Zn-Chelat + 20 g Bor | BBCH 29 12.11.2011 5 kg Epsocombitop + 500 g Mn-Chelat + 150 g Cu-Chelat + 100 g Zn-Chelat + 50 g Bor + 300 ml Bulldock | BBCH 23 01.11.2010 5 kg Epsocombitop + 1,0 l Yara Vita Getreide + 20 g Bor | BBCH 29 15.11.2011 5 kg Epsocombitop + 1,0 l Yara Vita Getreide + 1,0 l Yara Vita Raps |
| PSM 4 Frühjahr I | [je ha] | BBCH 25 25.03.2011 0,9 l Axial + 100 ml Primus | -- | -- | -- |
| PSM 5 Frühjahr II | [je ha] | BBCH 30 07.04.2011 0,65 l Medax Top + 0,3 l Folicur + 0,4 l Cirkon + 250 g Mn + 100 g Cu | BBCH 30 26.03.2012 0,75 l Medax Top + 0,5 l Prosaro + 250 g Mn + 150 g Cu | BBCH 30 15.04.2011 0,5 l Medax Top + 0,3 l Folicur + 0,4 l Cirkon + 250 g Mn + 100 g Cu | BBCH 30 11.04.2012 0,5 l Prosaro + 250 g Mn + 150 g Cu |
| PSM 6 Frühjahr III | [je ha] | BBCH 32 15.04.2011 0,15 l Moddus + 0,3 l Opus Top + 0,5 l Amistar Opti + 250 g Mn + 100 g Cu | BBCH 32 05.04.2012 0,25 l Moddus + 0,5 l Capalo + 0,5 l Amistar Opti + 250 g Mn + 150 g Cu + 50 g Bor | BBCH 32 24.04.2011 0,15 l Moddus Top + 0,5 Input + 0,5 l Amistar Opti + 250 g Mn + 100 g Cu | BBCH 32 18.04.2012 0,55 l Medax Top + 0,2 l Moddus + 0,4 l Input + 0,5 l Amistar Opti + 250 g Mn + 150 g Cu + 50 g Bor |
| PSM 7 Frühjahr IV | [je ha] | BBCH 51 06.05.2011 0,4 l Cirkon + 75 ml Karate Zeon + 50 ml Primus | BBCH 51 02.05.2012 0,75 l Flamenco FS + 75 ml Karate Zeon | BBCH 51 14.05.2011 0,4 l Cirkon + 75 ml Karate Zeon | BBCH 51 06.05.2012 1,0 l Flamenco FS + 75 ml Karate Zeon |

Anhang 4: Probenahme- und Boniturtermine in Abhängigkeit von Standort und Jahr

| Standort | Köthen | | Wolkenburg | |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Termin | | | | |
| BBCH 13 | 15.10.2010 | 01.10.2011 | 23.10.2010 | 27.09.2011 |
| BBCH 25-29 bzw. Veg.Beg. | 19.02.2011 | 09.11.2011 | 06.02.2011 | 14.11.2011 |
| BBCH 31 | 15.04.2011 | 05.04.2012 | 24.04.2011 | 18.04.2012 |
| BBCH 47 | 27.04.2011 | 21.04.2012 | 05.05.2011 | 27.04.2012 |
| BBCH 51 | 07.05.2017 | 01.05.2017 | 12.05.2017 | 06.05.2017 |
| BBCH 61 | 17.05.2011 | 09.05.2012 | 19.05.2011 | 12.05.2012 |
| BBCH 69 | 27.05.2011 | 21.05.2014 | 28.05.2011 | 21.05.2012 |
| BBCH 75 | 21.05.2011 | 23.05.2014 | 02.06.2011 | 21.05.2012 |
| BBCH 91 | 09.07.2011 | 09.07.2012 | 08.07.2011 | 11.07.2012 |
| BBCH 99 | 17.07.2011 | 09.07.2012 | 20.07.2011 | 11.07.2012 |

Anhang 5: F-Werte und deren Übertretungswahrscheinlichkeiten (Pr>F) für die Entwicklung der Bestandesdichte im Versuchsmittel

| Faktor | BBCH 13 | | | Veg.Beg. | | | BBCH 31 | | | BBCH 47 | | | BBCH 75 | | | BBCH 91 | | |
|-------------|---------|--------|------|----------|--------|------|----------|--------|------|---------|--------|------|---------|--------|------|---------|--------|------|
| | F-Wert | Pr>F | | F-Wert | Pr>F | | F-Wert | Pr>F | | F-Wert | Pr>F | | F-Wert | Pr>F | | F-Wert | Pr>F | |
| RE | 6,3 | 0,0046 | ** | 8,2 | 0,0012 | ** | 319,9 | 0,0000 | *** | 0,7 | 0,4979 | n.s. | 17,8 | 0,0000 | *** | 25,2 | 0,0000 | *** |
| SO | 3,8 | 0,0330 | * | 64,9 | 0,0000 | *** | 22,5 | 0,0000 | *** | 3,4 | 0,0459 | * | 80,5 | 0,0000 | *** | 165,5 | 0,0000 | *** |
| RE*SO | 1,3 | 0,3010 | n.s. | 2,9 | 0,0370 | * | 9,7 | 0,0000 | *** | 0,7 | 0,5700 | n.s. | 5,3 | 0,0018 | ** | 4,5 | 0,0050 | ** |
| ST | 589,5 | 0,0000 | *** | 58,6 | 0,0000 | *** | 1.586,9 | 0,0000 | *** | 2,6 | 0,0872 | n.s. | 377,3 | 0,0000 | *** | 549,0 | 0,0000 | *** |
| RE*ST | 4,6 | 0,0041 | ** | 2,1 | 0,1031 | n.s. | 13,8 | 0,0000 | *** | 1,5 | 0,2314 | n.s. | 1,1 | 0,3838 | n.s. | 0,2 | 0,9165 | n.s. |
| SO*ST | 0,8 | 0,5129 | n.s. | 0,7 | 0,5708 | n.s. | 5,9 | 0,0010 | *** | 2,3 | 0,0796 | n.s. | 6,0 | 0,0008 | *** | 12,9 | 0,0000 | *** |
| RE*SO*ST | 1,6 | 0,1547 | n.s. | 1,2 | 0,3275 | n.s. | 1,6 | 0,1470 | n.s. | 1,4 | 0,2159 | n.s. | 1,9 | 0,0933 | n.s. | 2,5 | 0,0312 | * |
| Ort | 75,7 | 0,0000 | *** | 0,8 | 0,3762 | n.s. | 951,9 | 0,0000 | *** | 33,1 | 0,0000 | *** | 542,0 | 0,0000 | *** | 1.237,1 | 0,0000 | *** |
| Ort*RE | 3,5 | 0,0415 | * | 1,7 | 0,2024 | n.s. | 0,1 | 0,9247 | n.s. | 0,1 | 0,9174 | n.s. | 2,1 | 0,1383 | n.s. | 2,7 | 0,0834 | n.s. |
| Ort*SO | 0,4 | 0,6659 | n.s. | 2,0 | 0,1554 | n.s. | 12,4 | 0,0001 | *** | 7,4 | 0,0020 | ** | 70,6 | 0,0000 | *** | 120,7 | 0,0000 | *** |
| Ort*RE*SO | 0,4 | 0,7922 | n.s. | 1,3 | 0,2959 | n.s. | 0,6 | 0,6345 | n.s. | 0,8 | 0,5498 | n.s. | 1,3 | 0,2894 | n.s. | 2,2 | 0,0856 | n.s. |
| Ort*ST | 14,4 | 0,0000 | *** | 8,1 | 0,0012 | ** | 31,1 | 0,0000 | *** | 10,2 | 0,0003 | *** | 1,5 | 0,2291 | n.s. | 5,2 | 0,0100 | * |
| Ort*RE*ST | 0,8 | 0,5074 | n.s. | 0,1 | 0,9807 | n.s. | 0,2 | 0,9254 | n.s. | 1,4 | 0,2699 | n.s. | 0,2 | 0,9428 | n.s. | 0,7 | 0,5765 | n.s. |
| Ort*SO*ST | 0,6 | 0,6311 | n.s. | 0,9 | 0,4823 | n.s. | 1,1 | 0,3535 | n.s. | 1,6 | 0,1922 | n.s. | 1,0 | 0,4092 | n.s. | 2,1 | 0,1060 | n.s. |
| Jahr | 90,8 | 0,0000 | *** | 1.381,0 | 0,0000 | *** | 12.575,4 | 0,0000 | *** | 2.782,4 | 0,0000 | *** | 1.606,6 | 0,0000 | *** | 4.318,0 | 0,0000 | *** |
| Jahr*RE | 1,1 | 0,3566 | n.s. | 1,9 | 0,1639 | n.s. | 10,5 | 0,0003 | *** | 0,1 | 0,9489 | n.s. | 6,6 | 0,0036 | ** | 9,6 | 0,0004 | *** |
| Jahr*SO | 8,3 | 0,0011 | ** | 47,9 | 0,0000 | *** | 253,8 | 0,0000 | *** | 28,2 | 0,0000 | *** | 113,8 | 0,0000 | *** | 202,7 | 0,0000 | *** |
| Jahr*RE*SO | 1,6 | 0,1897 | n.s. | 2,3 | 0,0789 | n.s. | 0,7 | 0,5763 | n.s. | 1,1 | 0,3751 | n.s. | 6,2 | 0,0006 | *** | 6,0 | 0,0009 | *** |
| Jahr*ST | 2,0 | 0,1463 | n.s. | 2,8 | 0,0762 | n.s. | 538,3 | 0,0000 | *** | 1,8 | 0,1749 | n.s. | 8,1 | 0,0012 | ** | 3,4 | 0,0456 | * |
| Jahr*RE*ST | 0,5 | 0,7328 | n.s. | 0,1 | 0,9693 | n.s. | 1,4 | 0,2380 | n.s. | 0,9 | 0,4523 | n.s. | 0,8 | 0,5428 | n.s. | 1,3 | 0,2905 | n.s. |
| Jahr*SO*ST | 2,7 | 0,0436 | * | 1,9 | 0,1295 | n.s. | 4,1 | 0,0074 | ** | 1,3 | 0,2717 | n.s. | 0,2 | 0,9203 | n.s. | 2,9 | 0,0349 | * |
| Ort*Jahr | 3,3 | 0,0789 | n.s. | 0,5 | 0,4867 | n.s. | 508,0 | 0,0000 | *** | 5,3 | 0,0273 | * | 216,3 | 0,0000 | *** | 149,9 | 0,0000 | *** |
| Ort*Jahr*RE | 9,0 | 0,0007 | *** | 3,0 | 0,0632 | n.s. | 14,9 | 0,0000 | *** | 3,1 | 0,0559 | n.s. | 2,6 | 0,0864 | n.s. | 1,9 | 0,1602 | n.s. |
| Ort*Jahr*SO | 3,7 | 0,0355 | * | 5,2 | 0,0107 | * | 9,7 | 0,0004 | *** | 4,9 | 0,0136 | * | 60,2 | 0,0000 | *** | 111,6 | 0,0000 | *** |
| Ort*Jahr*ST | 0,5 | 0,5825 | n.s. | 1,5 | 0,2424 | n.s. | 20,6 | 0,0000 | *** | 3,5 | 0,0414 | * | 0,3 | 0,7720 | n.s. | 3,1 | 0,0590 | n.s. |

Anhang 6: F-Werte und deren Übertretungswahrscheinlichkeiten (Pr>F) für die Entwicklung der Triebzahl je Pflanze im Versuchsmittel

| Faktor | Veg.Beg. | | | BBCH 31 | | | BBCH 47 | | | BBCH 75 | | | BBCH 91 | | |
|-------------|----------|--------|------|---------|--------|------|---------|--------|------|---------|--------|------|---------|--------|------|
| | F-Wert | Pr>F | | F-Wert | Pr>F | | F-Wert | Pr>F | | F-Wert | Pr>F | | F-Wert | Pr>F | |
| RE | 8,4 | 0,0010 | ** | 0,6 | 0,5765 | n.s. | 1,4 | 0,2591 | n.s. | 7,3 | 0,0022 | ** | 8,3 | 0,0011 | ** |
| SO | 151,0 | 0,0000 | *** | 9,1 | 0,0006 | *** | 1,0 | 0,3629 | n.s. | 15,7 | 0,0000 | *** | 21,0 | 0,0000 | *** |
| RE*SO | 1,9 | 0,1369 | n.s. | 2,4 | 0,0667 | n.s. | 1,5 | 0,2177 | n.s. | 0,6 | 0,6899 | n.s. | 0,7 | 0,5672 | n.s. |
| ST | 243,8 | 0,0000 | *** | 277,2 | 0,0000 | *** | 680,9 | 0,0000 | *** | 169,4 | 0,0000 | *** | 192,6 | 0,0000 | *** |
| RE*ST | 0,8 | 0,5439 | n.s. | 0,4 | 0,8393 | n.s. | 0,1 | 0,9875 | n.s. | 1,9 | 0,1309 | n.s. | 2,4 | 0,0687 | n.s. |
| SO*ST | 2,5 | 0,0590 | n.s. | 1,1 | 0,3557 | n.s. | 8,1 | 0,0001 | *** | 0,9 | 0,4708 | n.s. | 1,7 | 0,1802 | n.s. |
| RE*SO*ST | 0,6 | 0,7766 | n.s. | 1,8 | 0,1072 | n.s. | 0,5 | 0,8303 | n.s. | 1,8 | 0,1197 | n.s. | 2,1 | 0,0603 | n.s. |
| Ort | 116,0 | 0,0000 | *** | 0,5 | 0,4897 | n.s. | 349,1 | 0,0000 | *** | 0,9 | 0,3386 | n.s. | 8,5 | 0,0061 | ** |
| Ort*RE | 10,8 | 0,0002 | *** | 1,6 | 0,2248 | n.s. | 7,7 | 0,0016 | ** | 2,8 | 0,0745 | n.s. | 3,5 | 0,0404 | * |
| Ort*SO | 1,4 | 0,2637 | n.s. | 3,2 | 0,0522 | n.s. | 10,1 | 0,0003 | *** | 8,1 | 0,0012 | ** | 10,1 | 0,0003 | *** |
| Ort*RE*SO | 3,1 | 0,0266 | * | 0,8 | 0,5222 | n.s. | 0,5 | 0,7387 | n.s. | 0,7 | 0,5755 | n.s. | 0,7 | 0,6167 | n.s. |
| Ort*ST | 4,7 | 0,0149 | * | 0,2 | 0,7938 | n.s. | 16,6 | 0,0000 | *** | 6,2 | 0,0048 | ** | 7,8 | 0,0016 | ** |
| Ort*RE*ST | 2,1 | 0,0991 | n.s. | 0,7 | 0,5739 | n.s. | 1,1 | 0,3738 | n.s. | 1,4 | 0,2581 | n.s. | 1,6 | 0,1875 | n.s. |
| Ort*SO*ST | 0,9 | 0,4936 | n.s. | 0,7 | 0,5833 | n.s. | 4,8 | 0,0034 | ** | 0,8 | 0,5201 | n.s. | 1,6 | 0,1886 | n.s. |
| Jahr | 3.011,9 | 0,0000 | *** | 1.370,4 | 0,0000 | *** | 6.663,8 | 0,0000 | *** | 40,3 | 0,0000 | *** | 125,6 | 0,0000 | *** |
| Jahr*RE | 3,1 | 0,0551 | n.s. | 2,7 | 0,0833 | n.s. | 1,1 | 0,3325 | n.s. | 1,6 | 0,2092 | n.s. | 2,3 | 0,1136 | n.s. |
| Jahr*SO | 54,8 | 0,0000 | *** | 29,9 | 0,0000 | *** | 62,4 | 0,0000 | *** | 39,6 | 0,0000 | *** | 46,5 | 0,0000 | *** |
| Jahr*RE*SO | 0,6 | 0,6988 | n.s. | 1,9 | 0,1310 | n.s. | 0,7 | 0,5828 | n.s. | 1,3 | 0,2883 | n.s. | 1,4 | 0,2503 | n.s. |
| Jahr*ST | 79,5 | 0,0000 | *** | 26,0 | 0,0000 | *** | 187,7 | 0,0000 | *** | 7,5 | 0,0019 | ** | 9,0 | 0,0007 | *** |
| Jahr*RE*ST | 0,7 | 0,6144 | n.s. | 1,7 | 0,1614 | n.s. | 0,8 | 0,5554 | n.s. | 0,6 | 0,6943 | n.s. | 1,0 | 0,4158 | n.s. |
| Jahr*SO*ST | 1,1 | 0,3550 | n.s. | 2,9 | 0,0340 | * | 12,6 | 0,0000 | *** | 3,5 | 0,0166 | * | 3,0 | 0,0315 | * |
| Ort*Jahr | 0,9 | 0,3489 | n.s. | 19,8 | 0,0001 | *** | 20,0 | 0,0001 | *** | 38,7 | 0,0000 | *** | 19,8 | 0,0001 | *** |
| Ort*Jahr*RE | 2,8 | 0,0756 | n.s. | 1,4 | 0,2490 | n.s. | 7,1 | 0,0026 | ** | 5,0 | 0,0126 | * | 6,8 | 0,0030 | ** |
| Ort*Jahr*SO | 1,8 | 0,1808 | n.s. | 1,0 | 0,3646 | n.s. | 5,6 | 0,0078 | ** | 19,1 | 0,0000 | *** | 23,1 | 0,0000 | *** |
| Ort*Jahr*ST | 0,6 | 0,5530 | n.s. | 1,2 | 0,3151 | n.s. | 2,3 | 0,1110 | n.s. | 0,9 | 0,4164 | n.s. | 1,4 | 0,2535 | n.s. |

Anhang 7: F-Werte und deren Übertretungswahrscheinlichkeiten (Pr>F) für die Entwicklung der Bestandesdichte in Abhängigkeit von Jahr und Standort

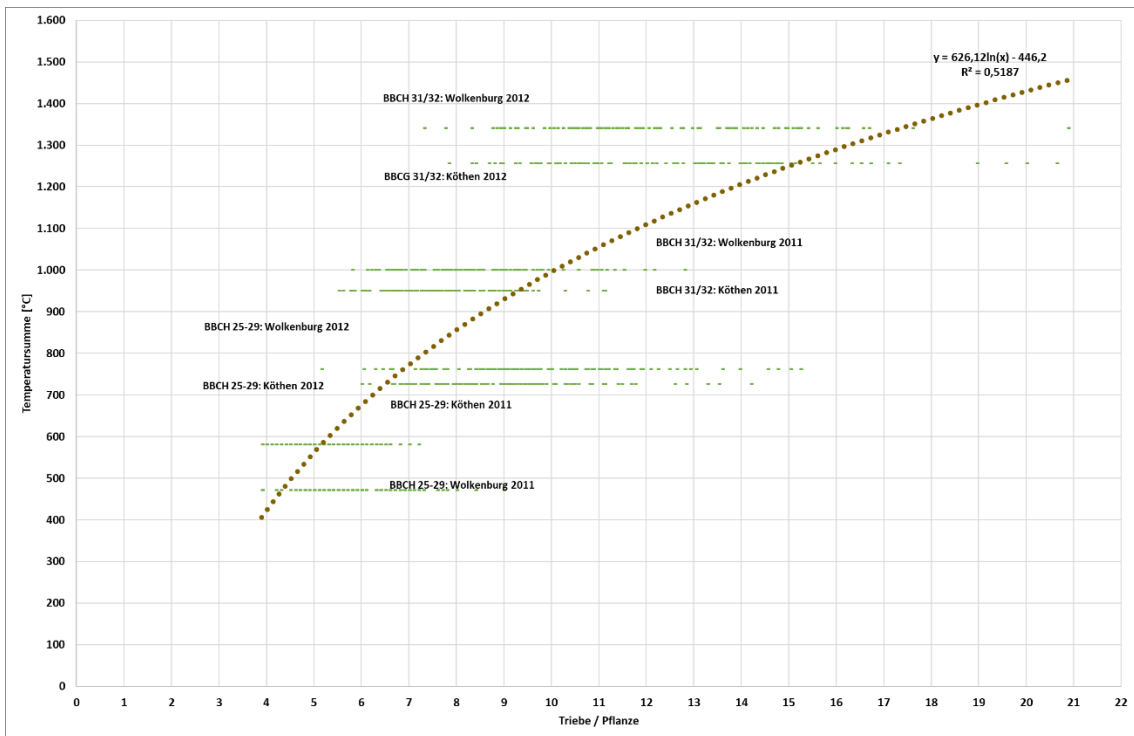
| Standort | Faktor | BBCH 13 | | | | Veg.Beg. | | | | BBCH 31 | | | | BBCH 47 | | | | BBCH 75 | | | | BBCH 91 | | | |
|------------|----------|---------|-------------|--------|-------------|----------|-------------|--------|-------------|---------|-------------|--------|-------------|---------|-------------|--------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|
| | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | |
| | | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F |
| Köthen | RE | 0,3 | 0,7251 n.s. | 1,5 | 0,2886 n.s. | 0,3 | 0,7653 n.s. | 1,9 | 0,2356 n.s. | 0,7 | 0,5095 n.s. | 0,6 | 0,5775 n.s. | 2,8 | 0,0687 n.s. | 0,2 | 0,8264 n.s. | 2,5 | 0,1653 n.s. | 17,4 | 0,0032 ** | 1,7 | 0,2548 n.s. | 17,4 | 0,0032 ** |
| Köthen | SO | 0,3 | 0,7558 n.s. | 2,0 | 0,1665 n.s. | 29,7 | 0,0000 *** | 16,4 | 0,0000 *** | 21,5 | 0,0000 *** | 3,1 | 0,0656 n.s. | 29,8 | 0,0000 *** | 0,3 | 0,7221 n.s. | 8,8 | 0,0021 ** | 40,1 | 0,0000 *** | 9,0 | 0,0020 ** | 40,1 | 0,0000 *** |
| Köthen | RE*SO | 0,1 | 0,9887 n.s. | 0,7 | 0,5854 n.s. | 0,4 | 0,7859 n.s. | 2,4 | 0,0620 n.s. | 0,3 | 0,8988 n.s. | 0,9 | 0,4639 n.s. | 0,4 | 0,7782 n.s. | 0,5 | 0,7525 n.s. | 0,4 | 0,8300 n.s. | 1,9 | 0,1619 n.s. | 0,4 | 0,8288 n.s. | 1,9 | 0,1619 n.s. |
| Köthen | ST | 302,9 | 0,0000 *** | 126,2 | 0,0000 *** | 114,5 | 0,0000 *** | 21,2 | 0,0000 *** | 34,9 | 0,0000 *** | 8,3 | 0,0007 *** | 18,5 | 0,0000 *** | 2,5 | 0,0940 n.s. | 167,1 | 0,0000 *** | 1.765,1 | 0,0000 *** | 151,0 | 0,0000 *** | 1.765,1 | 0,0000 *** |
| Köthen | RE*ST | 0,6 | 0,6896 n.s. | 5,5 | 0,0009 *** | 0,3 | 0,8805 n.s. | 1,4 | 0,2456 n.s. | 0,6 | 0,6751 n.s. | 0,7 | 0,5796 n.s. | 0,8 | 0,5117 n.s. | 0,4 | 0,7855 n.s. | 0,7 | 0,5694 n.s. | 5,0 | 0,0017 ** | 0,3 | 0,8527 n.s. | 5,0 | 0,0017 ** |
| Köthen | SO*ST | 1,1 | 0,3586 n.s. | 1,1 | 0,3760 n.s. | 1,3 | 0,2898 n.s. | 0,3 | 0,8899 n.s. | 1,8 | 0,1475 n.s. | 0,4 | 0,8050 n.s. | 1,2 | 0,3191 n.s. | 2,5 | 0,0560 n.s. | 5,0 | 0,0016 ** | 5,6 | 0,0008 *** | 3,7 | 0,0099 ** | 5,6 | 0,0008 *** |
| Köthen | RE*SO*ST | 2,0 | 0,0585 n.s. | 1,1 | 0,3690 n.s. | 1,2 | 0,3383 n.s. | 0,5 | 0,8773 n.s. | 0,7 | 0,7146 n.s. | 1,4 | 0,2038 n.s. | 0,8 | 0,6411 n.s. | 0,3 | 0,9578 n.s. | 1,1 | 0,3472 n.s. | 2,5 | 0,0227 * | 1,3 | 0,2698 n.s. | 2,5 | 0,0227 * |
| Köthen | WHD | 1,0 | 0,4075 n.s. | 0,6 | 0,6379 n.s. | 2,1 | 0,2004 n.s. | 1,7 | 0,2565 n.s. | 2,7 | 0,0654 n.s. | 1,1 | 0,3530 n.s. | 1,6 | 0,1876 n.s. | 3,2 | 0,0416 n.s. | 0,5 | 0,6914 n.s. | 4,1 | 0,0682 n.s. | 0,2 | 0,8970 n.s. | 4,1 | 0,0682 n.s. |
| Wolkenburg | RE | 8,5 | 0,0005 *** | 1,2 | 0,3251 n.s. | 3,8 | 0,0866 n.s. | 0,2 | 0,8385 n.s. | 1,0 | 0,4309 n.s. | 0,9 | 0,4283 n.s. | 0,8 | 0,5006 * | 0,4 | 0,6978 n.s. | 1,1 | 0,4017 n.s. | 75,5 | 0,0000 *** | 0,3 | 0,7578 *** | 75,5 | 0,0000 *** |
| Wolkenburg | SO | 2,8 | 0,0668 n.s. | 10,0 | 0,0007 *** | 25,8 | 0,0000 *** | 34,0 | 0,0000 *** | 37,2 | 0,0000 *** | 3,3 | 0,0554 n.s. | 12,8 | 0,0004 *** | 7,5 | 0,0010 *** | 10,9 | 0,0001 *** | 22,7 | 0,0000 *** | 19,2 | 0,0000 *** | 22,7 | 0,0000 *** |
| Wolkenburg | RE*SO | 2,2 | 0,0755 n.s. | 0,7 | 0,5873 n.s. | 2,1 | 0,0905 n.s. | 1,0 | 0,4325 n.s. | 0,3 | 0,9034 n.s. | 0,7 | 0,6055 n.s. | 1,2 | 0,3534 n.s. | 0,4 | 0,8431 n.s. | 2,0 | 0,1067 n.s. | 1,7 | 0,1733 n.s. | 0,7 | 0,6252 n.s. | 1,7 | 0,1733 n.s. |
| Wolkenburg | ST | 229,7 | 0,0000 *** | 134,4 | 0,0000 *** | 26,8 | 0,0000 *** | 1,4 | 0,2612 n.s. | 8,6 | 0,0006 *** | 1,4 | 0,2551 n.s. | 1,5 | 0,2365 n.s. | 1,9 | 0,1610 n.s. | 51,5 | 0,0000 *** | 760,8 | 0,0000 *** | 30,8 | 0,0000 *** | 760,8 | 0,0000 *** |
| Wolkenburg | RE*ST | 1,7 | 0,1515 n.s. | 1,0 | 0,4054 n.s. | 2,6 | 0,0439 * | 0,1 | 0,9824 n.s. | 2,3 | 0,0678 n.s. | 0,4 | 0,8259 n.s. | 4,3 | 0,0043 ** | 0,4 | 0,7959 n.s. | 0,1 | 0,9708 * | 10,3 | 0,0000 *** | 0,3 | 0,8789 n.s. | 10,3 | 0,0000 *** |
| Wolkenburg | SO*ST | 0,4 | 0,7952 n.s. | 3,9 | 0,0079 ** | 1,4 | 0,2266 n.s. | 2,1 | 0,0948 n.s. | 1,2 | 0,3238 n.s. | 1,7 | 0,1726 n.s. | 1,0 | 0,4187 n.s. | 0,2 | 0,9399 n.s. | 0,7 | 0,6130 n.s. | 6,2 | 0,0003 *** | 2,7 | 0,0397 * | 6,2 | 0,0003 *** |
| Wolkenburg | RE*SO*ST | 0,7 | 0,7056 n.s. | 2,6 | 0,0163 * | 0,8 | 0,5793 * | 1,7 | 0,1121 n.s. | 0,6 | 0,7606 n.s. | 1,7 | 0,1289 n.s. | 2,0 | 0,0676 n.s. | 0,7 | 0,6677 n.s. | 0,5 | 0,8598 n.s. | 1,7 | 0,1271 n.s. | 0,2 | 0,9820 n.s. | 1,7 | 0,1271 n.s. |
| Wolkenburg | WHD | 0,6 | 0,5941 n.s. | 0,5 | 0,6671 n.s. | 3,6 | 0,0873 n.s. | 0,6 | 0,6196 n.s. | 0,9 | 0,4974 n.s. | 2,5 | 0,0867 n.s. | 0,5 | 0,6979 n.s. | 0,5 | 0,6677 n.s. | 2,2 | 0,1840 n.s. | 20,1 | 0,0000 *** | 3,6 | 0,0839 n.s. | 20,1 | 0,0000 *** |

Anhang 8: F-Werte und deren Übertretungswahrscheinlichkeiten ($Pr>F$) für die Entwicklung der Triebzahl je Pflanze in Abhängigkeit von Jahr und Standort

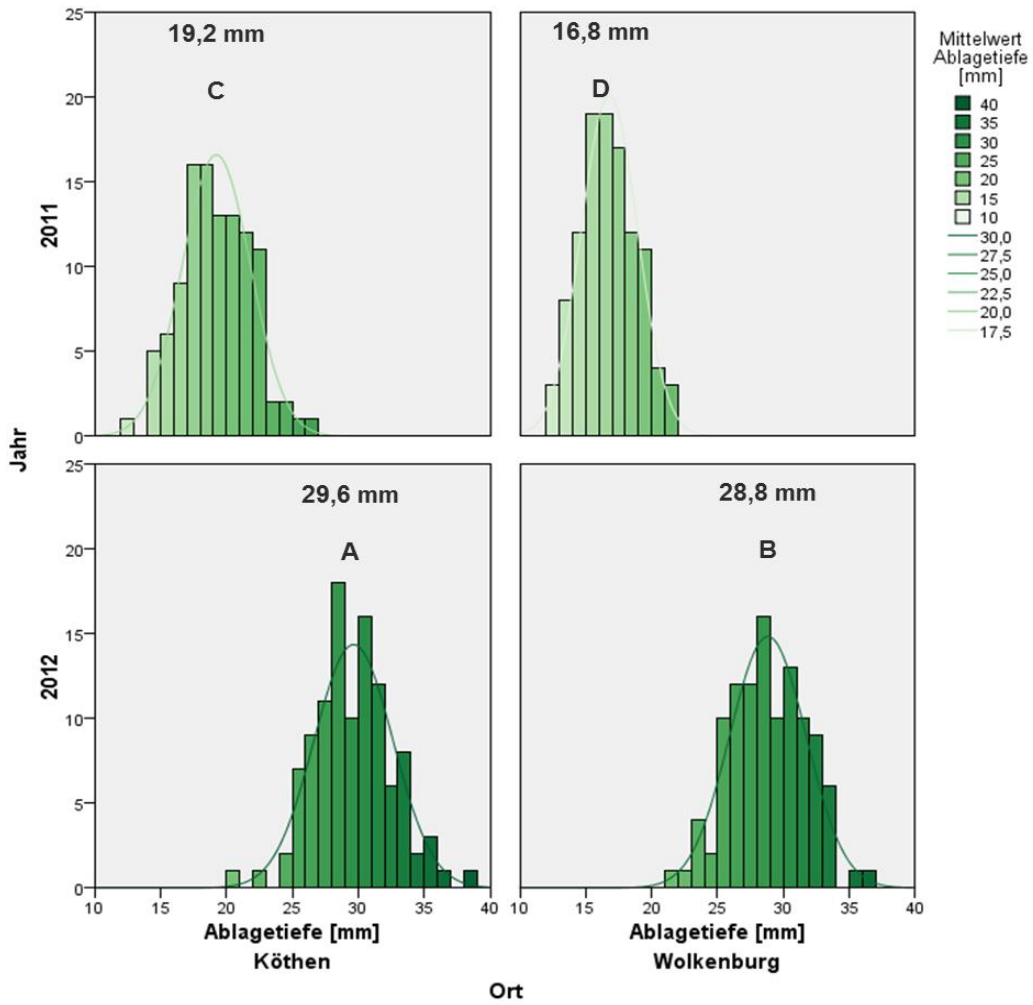
| Standort | Faktor | Veg.Beg. | | | | BBCH 31 | | | | BBCH 47 | | | | BBCH 75 | | | | BBCH 91 | | | |
|------------|----------|----------|-------------|--------|-------------|---------|-------------|--------|-------------|---------|-------------|--------|-------------|---------|-------------|--------|-------------|---------|-------------|--------|-------------|
| | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | |
| | | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F | F-Wert | pr>F |
| Köthen | RE | 0,0 | 0,9802 n.s. | 0,1 | 0,8820 n.s. | 1,1 | 0,4050 n.s. | 0,8 | 0,4650 n.s. | 6,5 | 0,0312 * | 0,9 | 0,4024 n.s. | 1,8 | 0,2507 n.s. | 8,9 | 0,0013 ** | 1,4 | 0,3199 n.s. | 8,5 | 0,0016 ** |
| Köthen | SO | 58,9 | 0,0000 *** | 26,9 | 0,0000 *** | 87,1 | 0,0000 *** | 2,1 | 0,1398 n.s. | 54,4 | 0,0000 *** | 0,6 | 0,5594 n.s. | 2,6 | 0,1056 n.s. | 4,6 | 0,0205 * | 3,1 | 0,0723 n.s. | 4,5 | 0,0216 * |
| Köthen | RE*SO | 1,0 | 0,4432 n.s. | 1,0 | 0,4137 n.s. | 1,2 | 0,3347 n.s. | 1,2 | 0,3512 n.s. | 0,7 | 0,6023 n.s. | 0,0 | 0,9974 n.s. | 0,4 | 0,8389 n.s. | 0,6 | 0,6335 n.s. | 0,5 | 0,7165 n.s. | 0,6 | 0,6553 n.s. |
| Köthen | ST | 23,8 | 0,0000 *** | 59,0 | 0,0000 *** | 163,1 | 0,0000 *** | 66,5 | 0,0000 *** | 66,8 | 0,0000 *** | 46,3 | 0,0000 *** | 67,4 | 0,0000 *** | 81,8 | 0,0000 *** | 80,4 | 0,0000 *** | 87,7 | 0,0000 *** |
| Köthen | RE*ST | 0,3 | 0,8638 n.s. | 1,4 | 0,2409 n.s. | 2,3 | 0,0664 n.s. | 0,7 | 0,5899 n.s. | 3,6 | 0,0096 ** | 0,0 | 0,9974 n.s. | 0,2 | 0,9351 n.s. | 0,7 | 0,6027 n.s. | 0,4 | 0,8059 n.s. | 0,9 | 0,4951 n.s. |
| Köthen | SO*ST | 0,1 | 0,9946 n.s. | 1,0 | 0,4345 n.s. | 3,6 | 0,0095 ** | 0,7 | 0,6246 n.s. | 0,9 | 0,4925 n.s. | 2,4 | 0,0617 n.s. | 0,6 | 0,6965 n.s. | 0,2 | 0,9301 n.s. | 0,4 | 0,8221 n.s. | 0,1 | 0,9682 n.s. |
| Köthen | RE*SO*ST | 0,8 | 0,6415 n.s. | 0,3 | 0,9626 n.s. | 2,8 | 0,0092 ** | 1,6 | 0,1396 n.s. | 0,7 | 0,6942 n.s. | 0,0 | 1,0000 n.s. | 1,7 | 0,1205 n.s. | 0,8 | 0,5709 n.s. | 1,9 | 0,0743 n.s. | 0,7 | 0,7137 n.s. |
| Köthen | WHD | 0,7 | 0,5705 n.s. | 1,9 | 0,2247 n.s. | 1,3 | 0,3638 n.s. | 1,6 | 0,2126 n.s. | 0,8 | 0,5479 n.s. | 2,3 | 0,1040 n.s. | 0,8 | 0,5309 n.s. | 0,6 | 0,6212 n.s. | 0,7 | 0,6024 n.s. | 0,6 | 0,5944 n.s. |
| Wolkenburg | RE | 2,3 | 0,1800 n.s. | 1,3 | 0,3466 n.s. | 4,6 | 0,0132 * | 0,6 | 0,5702 n.s. | 4,8 | 0,0179 * | 0,3 | 0,7767 n.s. | 3,2 | 0,1109 n.s. | 3,1 | 0,0611 n.s. | 8,2 | 0,0006 *** | 3,6 | 0,0442 * |
| Wolkenburg | SO | 27,2 | 0,0000 *** | 28,4 | 0,0000 *** | 46,7 | 0,0000 *** | 0,0 | 0,9831 n.s. | 21,2 | 0,0000 *** | 3,8 | 0,0273 * | 7,5 | 0,0011 ** | 97,5 | 0,0000 *** | 11,4 | 0,0000 *** | 102,1 | 0,0000 *** |
| Wolkenburg | RE*SO | 1,2 | 0,3631 n.s. | 0,6 | 0,6730 n.s. | 1,9 | 0,1113 n.s. | 0,6 | 0,6958 n.s. | 1,3 | 0,2858 n.s. | 0,2 | 0,9508 n.s. | 0,6 | 0,6459 n.s. | 0,4 | 0,7762 n.s. | 0,6 | 0,6506 n.s. | 0,2 | 0,9221 n.s. |
| Wolkenburg | ST | 31,9 | 0,0000 *** | 56,8 | 0,0000 *** | 86,7 | 0,0000 *** | 43,5 | 0,0000 *** | 95,4 | 0,0000 *** | 53,8 | 0,0000 *** | 18,9 | 0,0000 *** | 86,0 | 0,0000 *** | 22,1 | 0,0000 *** | 83,6 | 0,0000 *** |
| Wolkenburg | RE*ST | 0,7 | 0,5927 n.s. | 0,6 | 0,6802 n.s. | 2,0 | 0,1078 n.s. | 0,1 | 0,9681 n.s. | 0,9 | 0,4663 n.s. | 0,0 | 0,9987 n.s. | 3,1 | 0,0220 * | 0,9 | 0,4612 n.s. | 2,6 | 0,0450 * | 2,0 | 0,1069 n.s. |
| Wolkenburg | SO*ST | 1,3 | 0,2732 n.s. | 0,7 | 0,5903 n.s. | 1,8 | 0,1307 n.s. | 1,0 | 0,4203 n.s. | 0,6 | 0,6658 n.s. | 1,6 | 0,1793 n.s. | 0,9 | 0,4559 n.s. | 4,6 | 0,0029 ** | 0,7 | 0,5820 n.s. | 5,1 | 0,0015 ** |
| Wolkenburg | RE*SO*ST | 2,2 | 0,0375 * | 0,6 | 0,7881 n.s. | 1,3 | 0,2639 n.s. | 0,5 | 0,8566 n.s. | 1,5 | 0,1763 n.s. | 0,0 | 1,0000 n.s. | 1,0 | 0,4586 n.s. | 1,8 | 0,0879 n.s. | 1,2 | 0,2822 n.s. | 2,0 | 0,0628 n.s. |
| Wolkenburg | WHD | 4,5 | 0,0559 n.s. | 0,5 | 0,7075 n.s. | 0,6 | 0,6258 n.s. | 2,8 | 0,0437 * | 0,7 | 0,5489 n.s. | 0,3 | 0,8107 n.s. | 1,1 | 0,4201 n.s. | 3,5 | 0,0318 * | 2,4 | 0,0762 n.s. | 3,7 | 0,0262 * |

Anhang 9: *Temperatursumme (kumuliert) im Vegetationsverlauf in Abhängigkeit vom Aussattermin, Felddaufgang, Entwicklungsstadium sowie Standort und Jahr*

| Standort | Köthen | | Wolkenburg | | |
|---------------------------------------|--|------------|------------|------------|------------|
| Jahr | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | |
| Aussaat | 25.09.2010 | 16.09.2011 | 23.09.2010 | 13.09.2011 | |
| Felddaufgang | 05.10.2010 | 24.09.2011 | 09.10.2010 | 21.09.2011 | |
| Boniturtermine | Veg.Beg. | 19.02.2011 | 16.12.2011 | 06.02.2011 | 19.12.2011 |
| | BBCH 31 | 15.04.2011 | 05.04.2012 | 24.04.2011 | 18.04.2012 |
| Temperatursumme [°C] BBCH 00-EC 11 | T>0, kumuliert, Aussaat bis Felddaufgang | | | | |
| | 89 | 110 | 202 | 131 | |
| BBCH 25-29 (Veg.Beg) BBCH 31 | T>0, kumuliert, ab Felddaufgang | | | | |
| | 580 | 726 | 471 | 762 | |
| BBCH 25-29 (Veg.Beg) BBCH 31 | T>0, kumuliert, ab Aussaat | | | | |
| | 669 | 836 | 673 | 893 | |
| | 1.066 | 1.374 | 1.202 | 1.465 | |



Anhang 10: *Triebzahl je Pflanze in Abhängigkeit der Temperatursumme [°C]*



Anhang 11: Häufigkeiten [N=432] und Normalverteilung der Ablagetiefe [mm] in Abhängigkeit von Jahr und Standort

Anhang 12: Relativer Felddaufgang [%] in Abhängigkeit von Standort, Jahr, Saatstärke und Sorte

| Faktor | | Felddaufgang [%] | | | | Signifikanz |
|------------|----------------------------|------------------|-----|------------|-----|-------------|
| Standort | | Köthen | | Wolkenburg | | |
| | | 108 | a | 99 | b | ∅ |
| Jahr | 2011 | 104 | 112 | 94 | 105 | 104 |
| | 2012 | b | a | c | b | |
| Saatstärke | S1 [130 K/m ²] | 109 | 115 | 102 | 116 | 111 |
| | S2 [180 K/m ²] | 103 | 114 | 92 | 105 | 104 |
| | S3 [230 K/m ²] | 100 | 108 | 87 | 93 | 99 |
| Sorte | Balloon | 104 | 114 | 94 | 103 | 104 |
| | Element | 105 | 110 | 97 | 101 | 103 |
| | Zzoom | 105 | 115 | 91 | 115 | 107 |
| | RE 10 | 102 | 109 | 93 | 105 | 102 |

Anhang 13: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Köthen

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | | | |
|--------|----------------------------|---|---|----------|---|---------|---|---------|---|----------------------------|---|---------|---|---------|---|
| Jahr | Saatstärke | BBCH 13 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | |
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 142 | c | 807 | c | 1.266 | c | 428 | c | 5,69 | a | 8,91 | a | 3,05 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 186 | b | 979 | b | 1.437 | b | 477 | b | 5,28 | b | 7,72 | b | 2,59 | b |
| | S3 [230 K/m ²] | 233 | a | 1.184 | a | 1.581 | a | 519 | a | 5,08 | b | 6,80 | c | 2,24 | c |
| | GD Tukey | 9 | | 60 | | 91 | | 13 | | 0,21 | | 0,28 | | 0,16 | |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 150 | c | 1.540 | b | 2.239 | b | 584 | c | 10,26 | a | 14,97 | a | 3,95 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 207 | b | 1.843 | a | 2.520 | a | 620 | b | 8,89 | b | 12,16 | b | 3,02 | b |
| | S3 [230 K/m ²] | 249 | a | 1.937 | a | 2.610 | a | 653 | a | 7,75 | c | 10,47 | c | 2,67 | c |
| | GD Tukey | 11 | | 153 | | 229 | | 16 | | 0,55 | | 0,95 | | 0,24 | |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 146 | c | 1.173 | c | 1.753 | b | 506 | c | 8,00 | a | 11,90 | a | 3,50 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 197 | b | 1.411 | b | 1.978 | a | 548 | b | 7,10 | b | 9,90 | b | 2,80 | b |
| | S3 [230 K/m ²] | 241 | a | 1.561 | a | 2.096 | a | 586 | a | 6,40 | c | 8,60 | c | 2,50 | c |
| | GD Tukey | 10 | | 112 | | 175 | | 10 | | 0,35 | | 0,59 | | 0,20 | |
| | ∅ | 194 | | 1.382 | | 1.942 | | 547 | | 7,17 | | 10,13 | | 2,93 | |

Anhang 14: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Wolkenburg

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | | | | | | | |
|--------|----------------------------|---|---|----------|----|----------------------------|----|---------|---|----------|---|---------|---|---------|---|
| Jahr | Saatstärke | BBCH 13 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | |
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 133 | c | 875 | c | 1.288 | b | 393 | b | 6,54 | a | 9,71 | a | 2,99 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 166 | b | 979 | b | 1.357 | ab | 441 | a | 5,88 | b | 8,20 | b | 2,69 | b |
| | S3 [230 K/m ²] | 199 | a | 1.128 | a | 1.452 | a | 462 | a | 5,60 | b | 7,28 | c | 2,37 | c |
| | GD Tukey | 10 | | 83 | | 96 | | 22 | | 0,29 | | 0,44 | | 0,22 | |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 152 | c | 1.741 | a | 2.178 | a | 494 | c | 11,37 | a | 14,30 | a | 3,38 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 188 | b | 1.835 | a | 2.205 | a | 536 | b | 9,71 | b | 11,67 | b | 2,89 | b |
| | S3 [230 K/m ²] | 226 | a | 1.846 | a | 2.344 | a | 563 | a | 8,19 | c | 10,34 | c | 2,54 | c |
| | GD Tukey | 11 | | 167 | | 256 | | 25 | | 0,71 | | 1,03 | | 0,23 | |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 143 | c | 1.308 | bc | 1.733 | ab | 443 | c | 9,00 | a | 12,00 | a | 3,20 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 177 | b | 1.407 | ab | 1.781 | ab | 489 | b | 7,80 | b | 9,90 | b | 2,80 | b |
| | S3 [230 K/m ²] | 213 | a | 1.487 | a | 1.898 | a | 513 | a | 6,90 | c | 8,80 | c | 2,50 | c |
| | GD Tukey | 10 | | 112 | | 175 | | 10 | | 0,35 | | 0,59 | | 0,20 | |
| | ∅ | 177 | | 1.401 | | 1.804 | | 482 | | 7,88 | | 10,25 | | 2,81 | |

Anhang 15: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Köthen

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | | | | | |
|--------|----------|---|---|----------|---|---------|---|----------------------------|----|----------|---|---------|----|---------|----|
| Jahr | Sorte | BBCH 13 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | |
| 2011 | Balloon | 185 | a | 865 | c | 1.303 | b | 449 | b | 4,72 | c | 7,17 | c | 2,50 | a |
| | Element | 187 | a | 1.115 | a | 1.589 | a | 475 | ab | 6,03 | a | 8,67 | a | 2,63 | a |
| | Zzoom | 189 | a | 991 | b | 1.391 | b | 499 | a | 5,30 | b | 7,59 | b | 2,74 | a |
| | GD Tukey | 12 | | 83 | | 112 | | 30 | | 0,31 | | 0,28 | | 0,25 | |
| 2012 | Balloon | 204 | a | 1.611 | b | 2.579 | a | 595 | b | 8,06 | c | 13,09 | a | 3,05 | b |
| | Element | 196 | a | 1.737 | b | 2.295 | a | 631 | a | 9,11 | b | 12,06 | a | 3,39 | a |
| | Zzoom | 206 | a | 1.971 | a | 2.496 | a | 631 | a | 9,74 | a | 12,44 | a | 3,20 | ab |
| | GD Tukey | 11 | | 153 | | 295 | | 29 | | 0,55 | | 1,26 | | 0,28 | |
| ∅ | Balloon | 195 | a | 1.238 | b | 1.941 | a | 522 | c | 6,40 | a | 10,10 | a | 2,80 | b |
| | Element | 191 | a | 1.426 | a | 1.942 | a | 553 | b | 7,60 | a | 10,40 | a | 3,00 | a |
| | Zzoom | 198 | a | 1.481 | a | 1.944 | a | 565 | a | 7,50 | a | 10,00 | ab | 3,00 | a |
| | GD Tukey | 10 | | 112 | | 175 | | 10 | | 0,35 | | 0,59 | | 0,20 | |
| | ∅ | 194 | | 1.382 | | 1.942 | | 547 | | 7,16 | | 10,17 | | 2,92 | |

Anhang 16: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Wolkenburg

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | | | | | | | |
|--------|----------|---|----|----------|---|----------------------------|---|---------|---|----------|---|---------|---|---------|---|
| Jahr | Sorte | BBCH 13 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | |
| 2011 | Balloon | 166 | a | 892 | b | 1.225 | b | 401 | b | 5,41 | c | 7,51 | c | 2,49 | b |
| | Element | 171 | a | 1.133 | a | 1.563 | a | 438 | a | 6,68 | a | 9,31 | a | 2,64 | b |
| | Zzoom | 162 | a | 957 | b | 1.309 | b | 456 | a | 5,94 | b | 8,37 | b | 2,93 | a |
| | GD Tukey | 12 | | 83 | | 104 | | 22 | | 0,44 | | 0,44 | | 0,22 | |
| 2012 | Balloon | 184 | b | 1.538 | b | 2.159 | a | 531 | b | 8,60 | c | 12,11 | a | 3,00 | b |
| | Element | 180 | b | 1.725 | b | 2.155 | a | 597 | a | 9,82 | b | 12,14 | a | 3,48 | a |
| | Zzoom | 202 | a | 2.159 | a | 2.413 | a | 465 | c | 10,85 | a | 12,06 | a | 2,34 | c |
| | GD Tukey | 13 | | 197 | | 289 | | 30 | | 0,71 | | 1,03 | | 0,28 | |
| ∅ | Balloon | 175 | ab | 1.215 | c | 1.692 | b | 466 | b | 7,00 | b | 9,80 | b | 2,70 | b |
| | Element | 175 | ab | 1.429 | b | 1.859 | a | 517 | a | 8,30 | a | 10,70 | a | 3,10 | a |
| | Zzoom | 182 | a | 1.558 | a | 1.861 | a | 461 | b | 8,40 | a | 10,20 | a | 2,60 | b |
| | GD Tukey | 10 | | 112 | | 175 | | 10 | | 0,35 | | 0,59 | | 0,20 | |
| | ∅ | 177 | | 1.401 | | 1.804 | | 482 | | 7,88 | | 10,25 | | 2,81 | |

Anhang 17: Regressionen der Bestockung (x) in Abhängigkeit der Temperatursumme (y)

| Faktor | | Köthen | | Wolkenburg | | Ø | |
|---------|----------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| Sorte | Saatstärke | Regressionsgleichung | R ² | Regressionsgleichung | R ² | Regressionsgleichung | R ² |
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | $y = 545,96\ln(x) - 302,91$ | 0,7855 | $y = 775,01\ln(x) - 817,96$ | 0,7328 | $y = 641,11\ln(x) - 515,5$ | 0,7303 |
| | S2 [180 K/m ²] | $y = 607,50\ln(x) - 348,94$ | 0,7421 | $y = 797,44\ln(x) - 764,88$ | 0,6283 | $y = 686,70\ln(x) - 521,77$ | 0,6587 |
| | S3 [230 K/m ²] | $y = 648,76\ln(x) - 369,06$ | 0,7313 | $y = 991,66\ln(x) - 1019,2$ | 0,6916 | $y = 781,84\ln(x) - 619,73$ | 0,6761 |
| Element | S1 [130 K/m ²] | $y = 684,56\ln(x) - 687,61$ | 0,6849 | $y = 907,76\ln(x) - 1246,9$ | 0,6234 | $y = 776,29\ln(x) - 917,17$ | 0,6302 |
| | S2 [180 K/m ²] | $y = 827,86\ln(x) - 889,23$ | 0,6654 | $y = 1088,6\ln(x) - 1489,8$ | 0,6032 | $y = 936,90\ln(x) - 1139,8$ | 0,6123 |
| | S3 [230 K/m ²] | $y = 924,10\ln(x) - 1002,9$ | 0,6915 | $y = 948,98\ln(x) - 1089,1$ | 0,5689 | $y = 929,85\ln(x) - 1031,9$ | 0,6132 |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | $y = 538,13\ln(x) - 329,34$ | 0,6032 | $y = 725,99\ln(x) - 798,79$ | 0,5335 | $y = 612,28\ln(x) - 514,73$ | 0,5442 |
| | S2 [180 K/m ²] | $y = 574,90\ln(x) - 337,93$ | 0,5751 | $y = 762,26\ln(x) - 749,84$ | 0,5404 | $y = 659,08\ln(x) - 521,72$ | 0,5430 |
| | S3 [230 K/m ²] | $y = 635,76\ln(x) - 375,47$ | 0,4871 | $y = 883,24\ln(x) - 924,59$ | 0,5100 | $y = 734,89\ln(x) - 595,09$ | 0,4810 |
| Ø | Balloon | $y = 554,15\ln(x) - 249,66$ | 0,6996 | $y = 737,46\ln(x) - 634,74$ | 0,5976 | $y = 641,11\ln(x) - 515,5$ | 0,7303 |
| | Element | $y = 683,12\ln(x) - 592,31$ | 0,5812 | $y = 814,29\ln(x) - 907,83$ | 0,4995 | $y = 776,29\ln(x) - 917,17$ | 0,6302 |
| | Zzoom | $y = 515,83\ln(x) - 210,44$ | 0,4965 | $y = 680,24\ln(x) - 590,67$ | 0,4583 | $y = 612,28\ln(x) - 514,73$ | 0,5442 |
| Ø | S1 [130 K/m ²] | $y = 564,96\ln(x) - 382,53$ | 0,6704 | $y = 760,17\ln(x) - 854,19$ | 0,5998 | $y = 646,08\ln(x) - 577,73$ | 0,6116 |
| | S2 [180 K/m ²] | $y = 625,37\ln(x) - 428,89$ | 0,6307 | $y = 823,91\ln(x) - 870,99$ | 0,5633 | $y = 710,97\ln(x) - 618,47$ | 0,5775 |
| | S3 [230 K/m ²] | $y = 685,90\ln(x) - 477,62$ | 0,6040 | $y = 879,44\ln(x) - 887,81$ | 0,5495 | $y = 772,16\ln(x) - 659,32$ | 0,5608 |
| Ø | Standort | $y = 559,39\ln(x) - 296,24$ | 0,5735 | $y = 711,22\ln(x) - 639,51$ | 0,4973 | $y = 626,12\ln(x) - 446,2$ | 0,5187 |
| Ø | 6 RE | $y = 556,19\ln(x) - 284,05$ | 0,5622 | $y = 678,20\ln(x) - 571,89$ | 0,4527 | $y = 607,59\ln(x) - 405,4$ | 0,4886 |
| | 8 RE | $y = 555,20\ln(x) - 294,01$ | 0,5923 | $y = 737,44\ln(x) - 675,27$ | 0,5670 | $y = 639,03\ln(x) - 468,45$ | 0,5657 |
| | 10 RE | $y = 568,47\ln(x) - 314,16$ | 0,5675 | $y = 727,24\ln(x) - 690,66$ | 0,4807 | $y = 632,47\ln(x) - 466,31$ | 0,5033 |

Anhang 18: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke am Standort Köthen 2011

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | | | | | |
|--------------|----------------------------|---|---|------------|----|--------------|----|----------------------------|----|-------------|-----|-------------|----|-------------|-----|
| Sorte | Saatstärke | BBCH 13 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | |
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 138 | c | 700 | f | 1.109 | d | 393 | e | 5,1 | def | 8,0 | cd | 2,9 | abc |
| | S2 [180 K/m ²] | 190 | b | 878 | de | 1.345 | bc | 460 | d | 4,6 | fg | 7,1 | e | 2,4 | de |
| | S3 [230 K/m ²] | 228 | a | 1.016 | cd | 1.454 | bc | 495 | bc | 4,5 | g | 6,4 | f | 2,2 | e |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 146 | c | 926 | de | 1.419 | bc | 441 | d | 6,4 | a | 9,8 | a | 3,1 | ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 181 | b | 1.079 | bc | 1.543 | b | 462 | cd | 6,0 | ab | 8,5 | bc | 2,6 | cde |
| | S3 [230 K/m ²] | 234 | a | 1.340 | a | 1.805 | a | 522 | ab | 5,7 | bc | 7,7 | de | 2,2 | e |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 142 | c | 793 | ef | 1.269 | cd | 449 | d | 5,6 | bcd | 9,0 | b | 3,2 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 188 | b | 981 | cd | 1.422 | bc | 508 | bc | 5,2 | cde | 7,5 | de | 2,7 | bcd |
| | S3 [230 K/m ²] | 236 | a | 1.197 | ab | 1.482 | b | 541 | a | 5,1 | ef | 6,3 | f | 2,3 | e |
| ∅ | | 187 | | 990 | | 1.428 | | 474 | | 5,35 | | 7,81 | | 2,63 | |
| GD Tukey max | | 23 | | 155 | | 225 | | 45 | | 0,56 | | 0,65 | | 0,43 | |
| GD Tukey min | | 21 | | 140 | | 211 | | 30 | | 0,50 | | 0,65 | | 0,36 | |

Anhang 19: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke am Standort Köthen 2012

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | | | | | |
|--------------|----------------------------|---|---|--------------|----|--------------|----|----------------------------|-----|-------------|-----|--------------|-----|-------------|----|
| Sorte | Saatstärke | BBCH 13 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | |
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 148 | c | 1.343 | d | 2.337 | ab | 552 | d | 9,0 | cd | 15,8 | a | 3,8 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 209 | b | 1.676 | cd | 2.593 | ab | 601 | c | 8,0 | def | 12,4 | bcd | 2,9 | bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 255 | a | 1.816 | ab | 2.807 | a | 632 | abc | 7,1 | f | 11,0 | cd | 2,5 | c |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 146 | c | 1.548 | cd | 2.087 | b | 602 | c | 10,7 | ab | 14,4 | ab | 4,2 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 203 | b | 1.805 | ab | 2.338 | ab | 631 | abc | 8,9 | cde | 11,5 | cd | 3,1 | b |
| | S3 [230 K/m ²] | 239 | a | 1.858 | ab | 2.461 | ab | 661 | ab | 7,7 | ef | 10,2 | cd | 2,9 | bc |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 155 | c | 1.729 | bc | 2.295 | ab | 598 | cd | 11,1 | a | 14,7 | ab | 3,9 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 210 | b | 2.047 | ab | 2.630 | ab | 627 | bc | 9,7 | bc | 12,6 | bc | 3,0 | bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 254 | a | 2.138 | a | 2.563 | ab | 667 | a | 8,4 | de | 10,1 | d | 2,7 | bc |
| ∅ | | 202 | | 1.773 | | 2.457 | | 619 | | 8,97 | | 12,53 | | 3,21 | |
| GD Tukey max | | 26 | | 353 | | 578 | | 48 | | 1,28 | | 2,43 | | 0,59 | |
| GD Tukey min | | 26 | | 353 | | 532 | | 36 | | 1,28 | | 2,21 | | 0,56 | |

Anhang 20: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke am Standort Wolkenburg 2011

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------------|---|----|------------|----|----------------------------|----|------------|-----|-------------|----|-------------|-----|-------------|----|
| Sorte | Saatstärke | BBCH 13 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | |
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 133 | d | 768 | e | 1.119 | e | 350 | d | 5,8 | bc | 8,4 | cd | 2,7 | bc |
| | S2 [180 K/m ²] | 170 | b | 931 | cd | 1.281 | cd | 418 | c | 5,4 | cd | 7,5 | def | 2,5 | bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 195 | a | 976 | bc | 1.276 | cd | 436 | bc | 5,0 | d | 6,6 | f | 2,3 | c |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 142 | cd | 1.044 | bc | 1.513 | ab | 423 | bc | 7,4 | a | 10,7 | a | 3,0 | ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 165 | bc | 1.084 | ab | 1.496 | ab | 436 | bc | 6,5 | b | 9,1 | bc | 2,6 | bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 205 | a | 1.272 | a | 1.678 | a | 455 | abc | 6,2 | bc | 8,2 | cd | 2,3 | c |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 125 | d | 812 | de | 1.232 | de | 406 | c | 6,5 | b | 10,0 | ab | 3,3 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 162 | bc | 924 | cd | 1.293 | bc | 468 | ab | 5,7 | cd | 8,0 | cde | 3,0 | ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 198 | a | 1.136 | ab | 1.401 | bc | 495 | a | 5,7 | cd | 7,1 | ef | 2,5 | bc |
| ∅ | ∅ | 166 | | 994 | | 1.365 | | 432 | | 6,0 | | 8,4 | | 2,7 | |
| GD Tukey max | | 24 | | 193 | | 224 | | 50 | | 0,79 | | 1,03 | | 0,52 | |
| GD Tukey min | | 23 | | 193 | | 222 | | 50 | | 0,68 | | 1,03 | | 0,52 | |

Anhang 21: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke am Standort Wolkenburg 2012

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------------|---|----|--------------|-----|----------------------------|---|------------|----|-------------|-----|--------------|----|-------------|-----|
| Sorte | Saatstärke | BBCH 13 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | |
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 141 | e | 1.380 | d | 2.065 | a | 489 | cd | 9,8 | cd | 14,7 | a | 3,5 | b |
| | S2 [180 K/m ²] | 182 | cd | 1.604 | cd | 2.177 | a | 536 | bc | 8,8 | def | 11,9 | bc | 3,0 | cd |
| | S3 [230 K/m ²] | 230 | a | 1.631 | cd | 2.234 | a | 568 | ab | 7,2 | f | 9,8 | c | 2,5 | def |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 138 | e | 1.596 | cd | 1.992 | a | 570 | ab | 11,5 | ab | 14,3 | a | 4,2 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 180 | cd | 1.754 | bcd | 2.017 | a | 600 | a | 9,8 | cde | 11,2 | c | 3,3 | bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 222 | ab | 1.827 | bc | 2.455 | a | 622 | a | 8,2 | ef | 10,9 | c | 2,9 | cde |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 177 | d | 2.249 | a | 2.477 | a | 423 | e | 12,8 | a | 13,9 | ab | 2,4 | def |
| | S2 [180 K/m ²] | 203 | bc | 2.148 | ab | 2.420 | a | 473 | de | 10,6 | bc | 11,9 | bc | 2,4 | ef |
| | S3 [230 K/m ²] | 226 | ab | 2.081 | ab | 2.342 | a | 500 | cd | 9,2 | cde | 10,4 | c | 2,2 | f |
| ∅ | ∅ | 189 | | 1.808 | | 2.242 | | 531 | | 9,76 | | 12,10 | | 2,94 | |
| GD Tukey max | | 27 | | 403 | | 613 | | 61 | | 1,65 | | 2,39 | | 0,57 | |
| GD Tukey min | | 25 | | 388 | | 594 | | 58 | | 1,65 | | 2,39 | | 0,53 | |

Anhang 22: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Köthen

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------|---|----------|--------------|----------|----------------------------|----------|------------|----------|-------------|----------|--------------|----------|-------------|-----------|
| Jahr | Restoreranteil | BBCH 13 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | |
| 2011 | 6 RE | 187 | a | 986 | a | 1.398 | a | 476 | a | 5,35 | a | 7,70 | a | 2,64 | a |
| | 8 RE | 185 | a | 980 | a | 1.438 | a | 492 | a | 5,33 | a | 7,89 | a | 2,73 | a |
| | 10 RE | 189 | a | 1.004 | a | 1.447 | a | 456 | a | 5,37 | a | 7,83 | a | 2,51 | a |
| | GD Tukey | 12 | | 104 | | 112 | | 58 | | 0,55 | | 0,41 | | 0,41 | |
| 2012 | 6 RE | 204 | a | 1.772 | a | 2.445 | a | 619 | a | 8,87 | a | 12,39 | a | 3,18 | ab |
| | 8 RE | 191 | b | 1.697 | a | 2.401 | a | 623 | a | 9,06 | a | 12,89 | a | 3,41 | a |
| | 10 RE | 210 | a | 1.851 | a | 2.524 | a | 616 | a | 8,97 | a | 12,31 | a | 3,05 | b |
| | GD Tukey | 11 | | 245 | | 295 | | 29 | | 1,13 | | 1,26 | | 0,28 | |
| ∅ | 6 RE | 195 | a | 1.379 | a | 1.921 | a | 547 | b | 7,11 | a | 10,05 | a | 2,91 | a |
| | 8 RE | 188 | b | 1.339 | a | 1.920 | a | 557 | a | 7,20 | a | 10,39 | a | 3,07 | a |
| | 10 RE | 200 | a | 1.428 | a | 1.986 | a | 536 | c | 7,17 | a | 10,07 | a | 2,78 | ab |
| | GD Tukey | 10 | | 112 | | 175 | | 10 | | 0,35 | | 0,59 | | 0,20 | |
| | ∅ | 194 | | 1.382 | | 1.942 | | 547 | | 7,16 | | 10,17 | | 2,92 | |

Anhang 23: Entwicklung der Bestandesdichte [Pflanzen/m², Triebe/m², Ähren/m²] und Triebzahl [Triebzahl/Pflanze] in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Wolkenburg

| Faktor | | Bestandesdichte [Pflanzen/m ² , Triebe/m ² , Ähren/m ²] | | | | Triebzahl [Triebe/Pflanze] | | | | | | | | | |
|--------|----------------|---|----|----------|----|----------------------------|---|---------|---|----------|---|---------|----|---------|---|
| Jahr | Restoreranteil | BBCH 13 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | | Veg.Beg. | | BBCH 31 | | BBCH 91 | |
| 2011 | 6 RE | 177 | a | 1.100 | a | 1.416 | a | 434 | a | 6,28 | a | 8,14 | b | 2,51 | b |
| | 8 RE | 155 | a | 878 | a | 1.284 | a | 439 | a | 5,67 | a | 8,35 | ab | 2,88 | a |
| | 10 RE | 166 | a | 1.004 | a | 1.397 | a | 423 | a | 6,08 | a | 8,70 | a | 2,66 | b |
| | GD Tukey | 38 | | 249 | | 315 | | 68 | | 0,88 | | 0,44 | | 0,22 | |
| 2012 | 6 RE | 189 | a | 1.805 | a | 2.298 | a | 533 | a | 9,72 | a | 12,36 | a | 3,00 | a |
| | 8 RE | 192 | a | 1.766 | a | 2.274 | a | 533 | a | 9,29 | a | 12,03 | a | 2,85 | a |
| | 10 RE | 184 | a | 1.852 | a | 2.155 | a | 527 | a | 10,26 | a | 11,92 | a | 2,95 | a |
| | GD Tukey | 13 | | 440 | | 289 | | 30 | | 1,87 | | 1,03 | | 0,28 | |
| ∅ | 6 RE | 183 | a | 1.453 | a | 1.857 | a | 484 | a | 8,00 | a | 10,25 | a | 2,76 | a |
| | 8 RE | 174 | ab | 1.322 | ab | 1.779 | a | 486 | a | 7,48 | b | 10,19 | a | 2,87 | a |
| | 10 RE | 175 | ab | 1.428 | a | 1.776 | a | 475 | b | 8,17 | a | 10,31 | a | 2,81 | a |
| | GD Tukey | 10 | | 112 | | 175 | | 10 | | 0,35 | | 0,59 | | 0,20 | |
| | ∅ | 177 | | 1.401 | | 1.804 | | 482 | | 7,88 | | 10,25 | | 2,81 | |

Anhang 24: Höhe des Vegetationskegels [mm] am Haupt- und Nebetrieb in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie Jahr und Saatstärke zu BBCH 31/32 und BBCH 37/47

| Merkmal | | Höhe Vegetationskegel [mm] am Haupttrieb | | | | | | | | Höhe Vegetationskegel [mm] am Nebetrieb | | | | | | | |
|------------|----------------------------|--|----|------|----|------------|----|-------|---|---|----|------|----|------------|----|------|---|
| | | BBCH 31/32 | | | | BBCH 37/47 | | | | BBCH 31/32 | | | | BBCH 37/47 | | | |
| Jahr | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | |
| | | 46 | b | 69 | a | 91 | b | 149 | a | 28 | b | 35 | a | 41 | b | 73 | a |
| Saatstärke | S1 [130 K/m ²] | 40,8 | e | 55,5 | c | 69,6 | e | 118,2 | c | 26,7 | c | 31,3 | bc | 35,4 | d | 64,9 | b |
| | S2 [180 K/m ²] | 44,4 | de | 68,0 | b | 91,2 | d | 147,9 | b | 26,9 | c | 33,6 | ab | 39,7 | d | 70,5 | b |
| | S3 [230 K/m ²] | 51,3 | cd | 82,5 | a | 113,1 | c | 180,6 | a | 29,9 | bc | 39,4 | a | 48,4 | c | 83,5 | a |
| Sorte | Balloon | 44,3 | e | 64,8 | bc | 84,9 | de | 140,0 | b | 25,7 | d | 29,2 | cd | 32,3 | e | 60,2 | c |
| | Element | 59,1 | cd | 87,5 | a | 115,5 | c | 189,3 | a | 39,3 | ab | 44,9 | a | 49,9 | d | 92,5 | a |
| | Zzoom | 47,2 | e | 72,1 | b | 96,4 | cd | 156,6 | b | 30,8 | cd | 36,1 | bc | 40,8 | de | 74,8 | b |
| | RE 10 | 31,4 | f | 50,2 | de | 68,4 | e | 109,7 | c | 15,5 | e | 28,9 | cd | 41,7 | de | 64,4 | c |

Anhang 25: Anzahl generativer Primordien am Haupt- und Nebetrieb je Vegetationskegel in Abhängigkeit von Jahr und Sorte sowie Jahr und Saatstärke zu Vegetationsbeginn, BBCH 31/32 und BBCH 37/47

| Merkmal | | Anzahl generativer Primordien je Vegetationskegel am Haupttrieb | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------------------|---|----|------|----|------------|----|------|----|------------|----|------|----|
| Faktor | | Veg.Beg | | | | BBCH 31/32 | | | | BBCH 37/47 | | | |
| Jahr | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | |
| | | 6 | b | 14 | a | 13 | b | 21 | a | 13 | b | 17 | a |
| Saatstärke | S1 [130 K/m ²] | 5,7 | c | 13,9 | a | 12,9 | b | 21,1 | a | 13,8 | b | 17,3 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 5,6 | c | 13,4 | ab | 12,6 | b | 20,6 | a | 13,1 | bc | 16,9 | a |
| | S3 [230 K/m ²] | 5,5 | c | 13,2 | b | 12,7 | b | 20,4 | a | 12,6 | c | 16,8 | a |
| Sorte | Balloon | 5,9 | cd | 13,6 | b | 13,7 | cd | 20,4 | ab | 11,0 | f | 16,9 | ab |
| | Element | 6,7 | c | 14,7 | a | 14,7 | c | 21,3 | a | 13,9 | d | 17,5 | a |
| | Zzoom | 5,6 | d | 13,0 | b | 12,6 | d | 20,0 | b | 12,7 | e | 15,9 | bc |
| | RE 10 | 4,0 | e | 12,8 | b | 10,0 | e | 21,2 | ab | 15,0 | c | 17,8 | a |

| Merkmal | | Anzahl generativer Primordien je Vegetationskegel am Nebetrieb | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------------------|--|---|------|----|------------|---|------|----|------------|----|------|----|
| Faktor | | Veg.Beg | | | | BBCH 31/32 | | | | BBCH 37/47 | | | |
| Jahr | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | | 2011 | | 2012 | |
| | | 2 | b | 11 | a | 9 | b | 19 | a | 10 | b | 15 | a |
| Saatstärke | S1 [130 K/m ²] | 2,6 | c | 11,5 | a | 9,2 | b | 19,6 | a | 10,9 | b | 15,7 | a |
| | S2 [180 K/m ²] | 2,5 | c | 11,1 | ab | 9,3 | b | 18,9 | a | 10,0 | bc | 15,2 | a |
| | S3 [230 K/m ²] | 2,3 | c | 10,8 | b | 9,0 | b | 18,7 | a | 9,5 | c | 15,1 | a |
| Sorte | Balloon | 2,7 | c | 11,2 | b | 9,1 | d | 18,1 | b | 8,43 | e | 14,2 | c |
| | Element | 3,1 | c | 12,1 | a | 10,9 | c | 19,8 | a | 10,9 | d | 15,8 | ab |
| | Zzoom | 2,6 | c | 10,8 | b | 8,9 | d | 19,0 | ab | 10,2 | d | 14,8 | bc |
| | RE 10 | 1,4 | d | 10,5 | b | 7,7 | e | 19,5 | a | 10,9 | d | 16,5 | a |

Anhang 26: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]

| Jahr | Restoreranteil | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|-------------|
| 2011 | 6 RE | 32,9 b | 6.341 c | 476 a | 51,9 a |
| | 8 RE | 41,7 a | 8.036 b | 492 a | 52,0 a |
| | 10 RE | 47,5 a | 10.120 a | 456 a | 48,4 a |
| | GD Tukey | 8,3 | 1.607 | 58 | 4,5 |
| 2012 | 6 RE | 75,6 b | 20.772 b | 619 a | 36,4 a |
| | 8 RE | 85,2 a | 23.007 a | 623 a | 37,0 a |
| | 10 RE | 87,2 a | 23.461 a | 616 a | 37,2 a |
| | GD Tukey | 4,0 | 1.596 | 29 | 1,4 |
| ∅ | 6 RE | 54,2 c | 13.556 c | 547 b | 44,1 a |
| | 8 RE | 63,4 b | 15.521 b | 557 a | 45,5 a |
| | 10 RE | 67,4 a | 16.791 a | 536 c | 42,8 b |
| | GD Tukey | 1,9 | 556 | 10 | 1,0 |
| ∅ | ∅ | 61,7 | 15.289 | 547 | 43,8 |

Anhang 27: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Köthen, dargestellt als Einzelpflanzenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)

| Jahr | Restoreranteil | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|------|----------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| 2011 | 6 RE | 1,82 b | 0,68 c | 13,2 b | 35 b |
| | 8 RE | 2,33 ab | 0,85 b | 16,3 b | 45 b |
| | 10 RE | 2,63 a | 1,04 a | 22,2 a | 56 a |
| | GD Tukey | 0,56 | 0,09 | 3,3 | 11 |
| 2012 | 6 RE | 3,95 c | 1,23 b | 33,8 b | 108 b |
| | 8 RE | 4,74 a | 1,39 a | 37,3 a | 128 a |
| | 10 RE | 4,37 b | 1,42 a | 38,2 a | 117 b |
| | GD Tukey | 0,31 | 0,07 | 2,6 | 10 |
| ∅ | 6 RE | 2,89 b | 0,96 c | 23,5 c | 72 b |
| | 8 RE | 3,53 a | 1,12 b | 26,8 b | 86 a |
| | 10 RE | 3,50 a | 1,23 a | 30,2 a | 87 a |
| | GD Tukey | 0,20 | 0,04 | 1,0 | 6 |
| ∅ | ∅ | 3,30 | 1,10 | 27,0 | 82 |

Anhang 28: *Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkorntmasse (TKM) [g]*

| Jahr | Restoreranteil | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 2011 | 6 RE | 29,0 b | 6.064 b | 434 a | 47,7 c |
| | 8 RE | 34,6 b | 7.160 ab | 439 a | 48,4 b |
| | 10 RE | 42,1 a | 8.550 a | 423 a | 49,2 a |
| | GD Tukey | 7,0 | 1.430 | 68 | 0,6 |
| 2012 | 6 RE | 71,0 c | 14.384 c | 533 a | 49,5 a |
| | 8 RE | 84,1 b | 17.281 b | 533 a | 48,7 a |
| | 10 RE | 90,9 a | 18.527 a | 527 a | 49,1 a |
| | GD Tukey | 5,1 | 824 | 30 | 1,0 |
| ∅ | 6 RE | 50,0 c | 10.224 c | 484 a | 48,6 a |
| | 8 RE | 59,3 b | 12.221 b | 486 a | 48,5 a |
| | 10 RE | 66,5 a | 13.538 a | 475 ab | 49,2 a |
| | GD Tukey | 1,9 | 556 | 10 | 1,0 |
| ∅ | ∅ | 58,6 | 11.994 | 482 | 48,7 |

Anhang 29: *Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)*

| Jahr | Restoreranteil | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|------|----------------|---------|---------|--------|-------|
| 2011 | 6 RE | 1,68 b | 0,66 c | 13,7 c | 35 b |
| | 8 RE | 2,28 a | 0,79 b | 16,3 b | 47 a |
| | 10 RE | 2,69 a | 0,99 a | 20,2 a | 55 a |
| | GD Tukey | 0,46 | 0,11 | 2,2 | 9 |
| 2012 | 6 RE | 4,01 c | 1,35 b | 27,3 b | 81 c |
| | 8 RE | 4,53 b | 1,60 a | 33,0 a | 93 b |
| | 10 RE | 5,14 a | 1,74 a | 35,5 a | 105 a |
| | GD Tukey | 0,31 | 0,15 | 3,0 | 6 |
| ∅ | 6 RE | 2,84 c | 1,00 c | 20,5 c | 58 c |
| | 8 RE | 3,40 b | 1,19 b | 24,6 b | 70 b |
| | 10 RE | 3,92 a | 1,37 a | 27,8 a | 80 a |
| | GD Tukey | 0,20 | 0,04 | 1,0 | 6 |
| ∅ | ∅ | 3,40 | 1,20 | 24,0 | 69 |

Anhang 30: *Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]*

| Jahr | Sorte | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|------|----------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 2011 | Balloon | 35,3 b | 6.876 b | 449 b | 51,5 a |
| | Element | 36,1 b | 7.577 b | 475 ab | 50,1 a |
| | Zzoom | 50,7 a | 10.044 a | 499 a | 50,7 a |
| | GD Tukey | 4,3 | 1.607 | 30 | 4,5 |
| 2012 | Balloon | 89,6 a | 23.346 a | 595 b | 38,4 a |
| | Element | 87,2 a | 23.362 a | 631 a | 37,4 a |
| | Zzoom | 71,2 b | 20.532 b | 631 a | 34,8 b |
| | GD Tukey | 2,8 | 950 | 29 | 1,1 |
| ∅ | Balloon | 62,5 a | 15.111 a | 522 c | 45,0 a |
| | Element | 61,6 ab | 15.469 a | 553 b | 43,8 b |
| | Zzoom | 61,0 ab | 15.288 a | 565 a | 42,7 c |
| | GD Tukey | 1,9 | 556 | 10 | 1,0 |
| ∅ | ∅ | 61,7 | 15.289 | 547 | 43,8 |

Anhang 31: *Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Köthen, dargestellt als Einzelpflanzenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)*

| Jahr | Sorte | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|------|----------|---------|---------|--------|-------|
| 2011 | Balloon | 1,99 b | 0,79 b | 15,4 b | 39 b |
| | Element | 2,01 b | 0,76 b | 16,1 b | 43 b |
| | Zzoom | 2,78 a | 1,02 a | 20,1 a | 55 a |
| | GD Tukey | 0,30 | 0,05 | 3,3 | 11 |
| 2012 | Balloon | 4,67 a | 1,51 a | 39,4 a | 121 a |
| | Element | 4,74 a | 1,39 b | 37,2 b | 127 a |
| | Zzoom | 3,66 b | 1,14 c | 32,7 c | 105 b |
| | GD Tukey | 0,31 | 0,07 | 2,1 | 10 |
| ∅ | Balloon | 3,33 ab | 1,20 a | 27,4 a | 80 ab |
| | Element | 3,40 a | 1,10 b | 27,7 a | 85 a |
| | Zzoom | 3,22 b | 1,10 b | 26,4 b | 80 ab |
| | GD Tukey | 0,20 | 0,04 | 1,0 | 6 |
| ∅ | ∅ | 3,32 | 1,10 | 27,0 | 82 |

Anhang 32: *Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]*

| Jahr | Sorte | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|------|----------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 2011 | Balloon | 28,8 b | 6.011 b | 401 b | 47,9 b |
| | Element | 30,3 b | 6.213 b | 438 a | 48,7 a |
| | Zzoom | 46,4 a | 9.551 a | 456 a | 48,7 a |
| | GD Tukey | 3,6 | 778 | 22 | 0,6 |
| 2012 | Balloon | 82,1 b | 16.408 b | 531 b | 50,1 a |
| | Element | 89,1 a | 17.993 a | 597 a | 49,6 a |
| | Zzoom | 74,7 c | 15.791 b | 465 c | 47,6 b |
| | GD Tukey | 3,3 | 824 | 30 | 1,0 |
| ∅ | Balloon | 55,5 b | 11.209 c | 466 b | 49,0 a |
| | Element | 59,7 a | 12.103 b | 517 a | 49,1 a |
| | Zzoom | 60,6 a | 12.671 a | 461 b | 48,1 b |
| | GD Tukey | 1,9 | 556 | 10 | 1,0 |
| ∅ | ∅ | 58,6 | 11.994 | 482 | 48,7 |

Anhang 33: *Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)*

| Jahr | Sorte | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|------|----------|---------|---------|--------|-------|
| 2011 | Balloon | 1,79 b | 0,72 b | 15,0 b | 37 b |
| | Element | 1,85 b | 0,69 b | 14,2 b | 38 b |
| | Zzoom | 3,01 a | 1,02 a | 21,0 a | 62 a |
| | GD Tukey | 0,31 | 0,07 | 1,3 | 7 |
| 2012 | Balloon | 4,65 b | 1,56 ab | 31,1 b | 93 b |
| | Element | 5,24 a | 1,50 b | 30,3 b | 106 a |
| | Zzoom | 3,79 c | 1,63 a | 34,3 a | 80 c |
| | GD Tukey | 0,31 | 0,11 | 2,3 | 6 |
| ∅ | Balloon | 3,22 b | 1,14 b | 23,0 b | 65 b |
| | Element | 3,54 a | 1,10 c | 22,3 b | 72 a |
| | Zzoom | 3,40 ab | 1,33 a | 27,7 a | 71 ab |
| | GD Tukey | 0,20 | 0,04 | 1,0 | 6 |
| ∅ | ∅ | 3,40 | 1,20 | 24,0 | 69 |

Anhang 34: Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]

| Jahr | Saatstärke | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 37,8 c | 7.509 c | 428 c | 51,2 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 40,2 b | 8.060 b | 477 b | 50,7 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 44,1 a | 8.928 a | 519 a | 50,3 b |
| | GD Tukey | 1,3 | 265 | 13 | 0,4 |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 84,8 a | 22.619 a | 584 c | 37,4 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 83,6 a | 22.802 a | 620 b | 36,6 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 79,6 b | 21.818 b | 653 a | 36,5 b |
| | GD Tukey | 1,5 | 593 | 16 | 0,8 |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 61,3 ab | 15.064 a | 506 c | 44,3 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 61,9 a | 15.431 a | 548 b | 43,7 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 61,8 a | 15.373 a | 586 a | 43,4 b |
| | GD Tukey | 1,9 | 556 | 10 | 1,0 |
| ∅ | ∅ | 61,7 | 15.289 | 547 | 43,8 |

Anhang 35: Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Köthen, dargestellt als Einzelpflanzenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)

| Jahr | Saatstärke | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|------|----------------------------|---------|---------|---------|-------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 2,70 a | 0,88 a | 17,6 a | 54 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 2,18 b | 0,84 b | 16,9 b | 44 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 1,90 c | 0,85 b | 17,2 ab | 38 C |
| | GD Tukey | 0,16 | 0,03 | 0,6 | 4 |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 5,75 a | 1,46 a | 39,0 a | 153 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 4,07 b | 1,35 b | 36,9 b | 111 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 3,24 c | 1,22 c | 33,5 c | 89 c |
| | GD Tukey | 0,28 | 0,04 | 1,3 | 8 |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 4,22 a | 1,17 a | 28,3 a | 104 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 3,13 b | 1,10 b | 26,9 b | 78 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 2,57 c | 1,04 c | 25,3 c | 64 c |
| | GD Tukey | 0,20 | 0,04 | 1,0 | 6 |
| ∅ | ∅ | 3,30 | 1,10 | 27,0 | 82 |

Anhang 36: *Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]*

| Jahr | Saatstärke | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 32,3 b | 6.600 b | 393 b | 48,8 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 35,9 a | 7.387 a | 441 a | 48,5 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 37,4 a | 7.787 a | 462 a | 48,0 b |
| | GD Tukey | 2,2 | 428 | 22 | 0,5 |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 82,1 a | 16.754 ab | 494 c | 49,2 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 82,9 a | 16.985 a | 536 b | 48,8 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 80,8 a | 16.453 b | 563 a | 49,2 a |
| | GD Tukey | 2,3 | 513 | 25 | 0,6 |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 57,2 b | 11.677 a | 443 c | 49,0 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 59,4 a | 12.186 a | 489 b | 48,7 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 59,1 a | 12.120 a | 513 a | 48,6 a |
| | GD Tukey | 1,9 | 556 | 10 | 1,0 |
| ∅ | ∅ | 58,6 | 11.994 | 482 | 48,7 |

Anhang 37: *Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)*

| Jahr | Saatstärke | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|------|----------------------------|---------|---------|--------|-------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 2,52 a | 0,82 a | 16,8 a | 51 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 2,21 b | 0,81 a | 16,7 a | 45 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 1,92 c | 0,80 a | 16,7 a | 40 c |
| | GD Tukey | 0,22 | 0,04 | 0,9 | 4 |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 5,58 a | 1,68 a | 34,3 a | 113 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 4,45 b | 1,56 b | 31,9 b | 91 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 3,64 c | 1,45 c | 29,5 c | 74 c |
| | GD Tukey | 0,31 | 0,08 | 1,6 | 6 |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 4,05 a | 1,25 a | 25,6 a | 82 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 3,33 b | 1,18 b | 24,3 b | 68 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 2,78 c | 1,12 c | 23,1 c | 57 c |
| | GD Tukey | 0,20 | 0,04 | 1,0 | 6 |
| ∅ | ∅ | 3,40 | 1,20 | 24,0 | 69 |

Anhang 38: Erträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil, Sorte und Saatstärke im Jahr 2012 am Standort Köthen, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]

| Restoreranteil | Sorte | Saatstärke | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|----------------|---------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 6 RE | Balloon | S1 [130 K/m ²] | 84,5 | 21.878 | 544 | 38,6 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 86,0 | 22.550 | 596 | 38,2 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 79,0 | 20.756 | 628 | 38,2 |
| | Element | S1 [130 K/m ²] | 81,1 | 21.045 | 628 | 38,6 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 83,1 | 23.004 | 642 | 36,3 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 71,2 | 18.979 | 667 | 37,7 |
| | Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 66,7 | 19.818 | 587 | 33,7 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 64,0 | 18.968 | 601 | 33,8 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 64,7 | 19.948 | 674 | 32,5 |
| 8 RE | Balloon | S1 [130 K/m ²] | 92,9 | 23.674 | 548 | 39,2 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 93,4 | 24.425 | 596 | 38,3 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 90,5 | 23.661 | 630 | 38,3 |
| | Element | S1 [130 K/m ²] | 89,9 | 23.590 | 580 | 38,1 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 92,8 | 25.179 | 626 | 36,9 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 86,7 | 23.637 | 664 | 36,7 |
| | Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 75,2 | 21.399 | 626 | 35,2 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 72,3 | 20.725 | 663 | 34,9 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 73,1 | 20.771 | 672 | 35,2 |
| 10 RE | Balloon | S1 [130 K/m ²] | 96,3 | 24.081 | 565 | 40,2 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 93,8 | 24.754 | 610 | 37,9 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 89,7 | 24.331 | 637 | 36,9 |
| | Element | S1 [130 K/m ²] | 99,9 | 26.142 | 597 | 38,3 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 91,5 | 24.673 | 627 | 37,1 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 88,7 | 24.009 | 652 | 37,0 |
| | Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 77,2 | 21.942 | 582 | 35,2 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 75,2 | 20.942 | 618 | 36,0 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 72,4 | 20.272 | 655 | 36,4 |
| ∅ | ∅ | ∅ | 82,7 | 22.413 | 619 | 36,9 |
| GD Tukey max | | | 10,0 | 2.022 | 48,3 | 2,2 |
| GD Tukey min | | | 7,4 | 1.377 | 36,4 | 1,9 |

Anhang 39: Erträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil, Sorte und Saatstärke im Jahr 2012 am Standort Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]

| Restoreranteil | Sorte | Saatstärke | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|----------------|---------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| 6 RE | Balloon | S1 [130 K/m ²] | 66,4 | 13.328 | 482 | 50,0 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 71,5 | 14.615 | 537 | 49,0 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 73,1 | 14.810 | 562 | 49,3 |
| | Element | S1 [130 K/m ²] | 74,2 | 14.870 | 573 | 50,0 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 80,3 | 16.569 | 610 | 48,6 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 69,4 | 13.942 | 630 | 49,8 |
| | Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 68,8 | 13.750 | 427 | 50,3 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 67,0 | 13.662 | 469 | 49,1 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 67,8 | 13.904 | 512 | 49,0 |
| 8 RE | Balloon | S1 [130 K/m ²] | 83,2 | 16.679 | 494 | 50,0 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 88,8 | 18.117 | 542 | 49,0 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 86,8 | 17.222 | 574 | 50,5 |
| | Element | S1 [130 K/m ²] | 94,4 | 19.046 | 577 | 49,6 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 91,6 | 18.348 | 594 | 50,0 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 89,0 | 17.959 | 621 | 49,6 |
| | Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 75,0 | 16.313 | 419 | 46,1 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 73,2 | 15.914 | 478 | 46,2 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 74,8 | 15.931 | 499 | 47,0 |
| 10 RE | Balloon | S1 [130 K/m ²] | 88,6 | 17.649 | 492 | 50,3 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 91,2 | 17.902 | 531 | 51,0 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 89,2 | 17.347 | 568 | 51,6 |
| | Element | S1 [130 K/m ²] | 106,9 | 21.551 | 560 | 49,7 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 97,6 | 19.680 | 595 | 49,6 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 98,3 | 19.972 | 616 | 49,4 |
| | Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 81,7 | 17.597 | 423 | 46,4 |
| | | S2 [180 K/m ²] | 85,3 | 18.054 | 473 | 47,2 |
| | | S3 [230 K/m ²] | 79,1 | 16.989 | 490 | 46,7 |
| ∅ | ∅ | ∅ | 82,0 | 16.730 | 531 | 49,1 |
| GD Tukey max | | | 13,2 | 3.014 | 127 | 3,7 |
| GD Tukey min | | | 11,0 | 2.488 | 120 | 3,0 |

Anhang 40: *Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]*

| Sorte | Saatstärke | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|--------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|----------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 25,7 d | 5.322 d | 350 d | 48,3 abc |
| | S2 [180 K/m ²] | 31,1 c | 6.489 c | 418 c | 47,8 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 29,7 cd | 6.220 cd | 436 bc | 47,7 c |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 29,4 cd | 5.997 cd | 423 bc | 48,9 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 29,5 cd | 6.009 cd | 436 bc | 48,9 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 32,1 c | 6.632 c | 455 abc | 48,3 abc |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 41,7 b | 8.480 b | 406 c | 49,1 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 47,2 a | 9.663 a | 468 ab | 48,8 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 50,5 a | 10.508 a | 495 a | 48,1 abc |
| ∅ | ∅ | 35,2 | 7.258 | 432 | 48,4 |
| GD Tukey max | | 6,1 | 1.276 | 50 | 1,1 |
| GD Tukey min | | 5,0 | 994 | 50 | 1,1 |

Anhang 41: *Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)*

| Sorte | Saatstärke | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|--------------|----------------------------|---------|---------|--------|-------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 1,97 d | 0,74 b | 15,2 b | 41 d |
| | S2 [180 K/m ²] | 1,84 d | 0,74 b | 15,5 b | 38 d |
| | S3 [230 K/m ²] | 1,56 d | 0,68 b | 14,2 b | 33 d |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 2,12 cd | 0,70 b | 14,2 b | 43 cd |
| | S2 [180 K/m ²] | 1,80 d | 0,67 b | 13,8 b | 37 d |
| | S3 [230 K/m ²] | 1,63 d | 0,71 b | 14,6 b | 34 d |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 3,47 a | 1,04 a | 21,2 a | 71 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 2,99 ab | 1,01 a | 20,7 a | 61 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 2,58 bc | 1,02 a | 21,2 a | 54 bc |
| ∅ | ∅ | 2,22 | 0,81 | 16,7 | 46 |
| GD Tukey max | | 0,57 | 0,12 | 2,3 | 12 |
| GD Tukey min | | 0,50 | 0,10 | 2,0 | 10 |

Anhang 42: *Parzellenerträge und Ertragskomponenten der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Ertrag [dt/ha], Korndichte (KD) [Körner/m²], Ährenzahl (AZ) [Ähren/m²] und Tausendkornmasse (TKM) [g]*

| Sorte | Saatstärke | Ertrag [dt/ha] | KD [Körner/m ²] | AZ [Ähren/m ²] | TKM [g] |
|--------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 79,4 de | 15.885 cd | 489 cd | 50,1 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 83,8 bcd | 16.878 bcd | 536 bc | 49,7 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 83,0 cd | 16.460 cd | 568 ab | 50,5 a |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 91,8 a | 18.489 a | 570 ab | 49,8 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 89,8 ab | 18.199 ab | 600 a | 49,4 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 85,6 bc | 17.291 bc | 622 a | 49,6 a |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 75,2 e | 15.887 cd | 423 e | 47,6 bc |
| | S2 [180 K/m ²] | 75,2 e | 15.877 cd | 473 de | 47,5 c |
| | S3 [230 K/m ²] | 79,4 e | 15.608 d | 500 cd | 47,6 c |
| ∅ | ∅ | 82,6 | 16.730 | 531 | 49,1 |
| GD Tukey max | | 6,0 | 1.443 | 61 | 1,8 |
| GD Tukey min | | 5,3 | 1.191 | 57 | 1,4 |

Anhang 43: *Ertragskomponenten der Einzelähren der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Einzelpflanzenenertrag (EPE) [g], Einzelährenertrag (EAE) [g], Kornzahl je Ähre (KZAE) und Kornzahl je Pflanze (KZP)*

| Sorte | Saatstärke | EPE [g] | EAE [g] | KZAE | KZP |
|--------------|----------------------------|----------|---------|----------|--------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 5,68 b | 1,63 ab | 32,5 bc | 114 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 4,60 cd | 1,57 bc | 31,6 bcd | 93 cd |
| | S3 [230 K/m ²] | 3,67 ef | 1,47 bc | 29,1 cd | 73 e |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 6,71 a | 1,62 ab | 32,5 bc | 135 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 5,02 bc | 1,50 bc | 30,4 bcd | 102 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 3,98 def | 1,39 c | 28,1 d | 81 de |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 4,34 cde | 1,80 a | 37,9 a | 92 cd |
| | S2 [180 K/m ²] | 3,74 ef | 1,60 b | 33,7 b | 79 de |
| | S3 [230 K/m ²] | 3,28 f | 1,48 bc | 31,3 bcd | 69 e |
| ∅ | ∅ | 4,56 | 1,56 | 31,9 | 93 |
| GD Tukey max | | 0,72 | 0,20 | 4,2 | 15 |
| GD Tukey min | | 0,72 | 0,18 | 3,7 | 15 |

Anhang 44: *Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]*

| Jahr | Restoreranteil | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|------|----------------|--------------------------------|---------|-----------|
| 2011 | 6 RE | 5.433 b | 9,9 c | 20,5 c |
| | 8 RE | 6.840 b | 12,5 b | 26,8 b |
| | 10 RE | 8.653 a | 15,5 a | 32,0 a |
| | GD Tukey | 1.591 | 1,6 | 3,6 |
| 2012 | 6 RE | 18.969 b | 31,6 b | 63,5 b |
| | 8 RE | 20.682 a | 36,1 a | 71,6 a |
| | 10 RE | 20.783 a | 37,1 a | 74,9 a |
| | GD Tukey | 1.602 | 2,7 | 3,0 |
| ∅ | 6 RE | 12.201 c | 20,8 c | 42,0 c |
| | 8 RE | 13.761 b | 24,3 b | 49,2 b |
| | 10 RE | 14.718 a | 26,3 a | 53,7 a |
| | GD Tukey | 594 | 1,3 | 3,4 |
| ∅ | ∅ | 13.560 | 24,0 | 48,0 |

Anhang 45: *Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]*

| Jahr | Restoreranteil | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|------|----------------|--------------------------------|---------|-----------|
| 2011 | 6 RE | 5.340 b | 9,5 b | 21,0 b |
| | 8 RE | 6.227 ab | 10,4 b | 23,1 b |
| | 10 RE | 7.329 a | 12,4 a | 27,2 a |
| | GD Tukey | 1.317 | 1,8 | 3,7 |
| 2012 | 6 RE | 12.870 c | 25,6 b | 50,5 b |
| | 8 RE | 15.047 b | 28,7 b | 58,7 a |
| | 10 RE | 15.825 a | 33,3 a | 62,6 a |
| | GD Tukey | 736 | 3,3 | 5,4 |
| ∅ | 6 RE | 9.105 c | 17,5 c | 35,8 c |
| | 8 RE | 10.637 b | 19,6 b | 40,9 b |
| | 10 RE | 11.577 a | 22,8 a | 44,9 a |
| | GD Tukey | 594 | 1,3 | 3,4 |
| ∅ | ∅ | 10.440 | 20,0 | 41,0 |

Anhang 46: *Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)*

| Jahr | Restoreranteil | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|------|----------------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 2011 | 6 RE | 20,5 c | 4,3 c | 908 c | 44,0 a | 120 a |
| | 8 RE | 26,9 b | 5,5 b | 1.196 b | 43,8 a | 126 a |
| | 10 RE | 32,0 a | 7,0 a | 1.467 a | 45,3 a | 127 a |
| | GD Tukey | 3,7 | 0,5 | 129 | 2,3 | 17 |
| 2012 | 6 RE | 38,6 c | 6,3 c | 1.803 c | 46,7 a | 184 a |
| | 8 RE | 49,7 b | 8,0 b | 2.324 b | 46,1 a | 173 a |
| | 10 RE | 58,0 a | 9,5 a | 2.677 a | 45,7 a | 173 a |
| | GD Tukey | 3,8 | 0,8 | 196 | 1,6 | 12 |
| ∅ | 6 RE | 30,0 c | 5,3 c | 1.355 c | 45,0 a | 152 a |
| | 8 RE | 38,0 b | 6,7 b | 1.760 b | 45,0 ab | 149 ab |
| | 10 RE | 45,0 a | 8,3 a | 2.072 a | 45,0 a | 150 a |
| | GD Tukey | 2,6 | 0,6 | 134 | 1,5 | 11 |
| ∅ | ∅ | 38,0 | 6,8 | 1.729 | 45,0 | 150 |

Anhang 47: *Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Restoreranteil am Standort Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)*

| Jahr | Restoreranteil | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|------|----------------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 2011 | 6 RE | 16,0 c | 3,8 c | 725 c | 43,7 a | 93 b |
| | 8 RE | 22,0 b | 5,1 b | 933 b | 41,9 a | 112 a |
| | 10 RE | 28,0 a | 6,7 a | 1.221 a | 43,1 a | 116 a |
| | GD Tukey | 4,0 | 0,4 | 148 | 2,4 | 14 |
| 2012 | 6 RE | 34,0 c | 6,7 c | 1.513 c | 43,2 a | 148 a |
| | 8 RE | 47,0 b | 9,3 b | 2.234 b | 46,5 a | 166 a |
| | 10 RE | 59,0 a | 11,7 a | 2.702 a | 45,0 a | 167 a |
| | GD Tukey | 8,7 | 2,0 | 328 | 3,5 | 25 |
| ∅ | 6 RE | 25,0 c | 5,3 c | 1.119 c | 43,5 b | 120 c |
| | 8 RE | 35,0 b | 7,2 b | 1.584 b | 44,2 a | 139 b |
| | 10 RE | 44,0 a | 9,2 a | 1.961 a | 44,0 a | 141 ab |
| | GD Tukey | 2,6 | 0,6 | 134 | 1,5 | 11 |
| ∅ | ∅ | 35,0 | 7,2 | 1.555 | 44,0 | 134 |

Anhang 48: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Jahr | Sorte | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|------|----------|--------------------------------|---------|-----------|
| 2011 | Balloon | 5.619 b | 10,9 b | 27,9 a |
| | Element | 6.846 b | 11,1 b | 23,4 b |
| | Zzoom | 8.461 a | 15,8 a | 27,9 a |
| | GD Tukey | 1.591 | 1,6 | 3,6 |
| 2012 | Balloon | 20.875 b | 35,0 a | 73,5 a |
| | Element | 21.856 a | 37,7 a | 74,5 a |
| | Zzoom | 17.704 c | 32,1 b | 62,0 b |
| | GD Tukey | 965 | 2,7 | 3,0 |
| ∅ | Balloon | 13.247 b | 23,0 b | 50,7 a |
| | Element | 14.351 a | 24,4 a | 49,3 ab |
| | Zzoom | 13.082 c | 23,9 ab | 44,9 c |
| | GD Tukey | 594 | 1,3 | 3,4 |
| ∅ | ∅ | 13.560 | 24,0 | 48,0 |

Anhang 49: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Jahr | Sorte | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|------|----------|--------------------------------|---------|-----------|
| 2011 | Balloon | 5.068 b | 7,9 b | 20,9 b |
| | Element | 5.531 b | 8,5 b | 19,1 b |
| | Zzoom | 8.296 a | 15,8 a | 31,4 a |
| | GD Tukey | 742 | 1,3 | 3,7 |
| 2012 | Balloon | 14.181 b | 27,9 b | 57,6 ab |
| | Element | 16.712 a | 25,5 b | 52,5 b |
| | Zzoom | 12.848 c | 34,2 a | 61,7 a |
| | GD Tukey | 736 | 3,3 | 5,4 |
| ∅ | Balloon | 9.625 b | 17,9 b | 39,2 b |
| | Element | 11.122 a | 17,0 b | 35,8 bc |
| | Zzoom | 10.572 a | 25,0 a | 46,6 a |
| | GD Tukey | 594 | 1,3 | 3,4 |
| ∅ | ∅ | 13.560 | 24,0 | 48,0 |

Anhang 50: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Jahr | Sorte | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|------|----------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 2011 | Balloon | 28,1 b | 6,3 a | 1.257 b | 44,9 b | 117 b |
| | Element | 18,1 c | 3,9 b | 731 c | 40,3 c | 93 c |
| | Zzoom | 33,2 a | 6,7 a | 1.583 a | 47,8 a | 162 a |
| | GD Tukey | 2,4 | 0,5 | 129 | 1,8 | 12 |
| 2012 | Balloon | 52,3 b | 8,8 b | 2.471 b | 47,4 a | 191 a |
| | Element | 34,3 c | 5,5 c | 1.506 c | 43,9 b | 149 b |
| | Zzoom | 59,8 a | 9,5 a | 2.828 a | 47,1 a | 190 a |
| | GD Tukey | 3,8 | 0,5 | 196 | 1,6 | 12 |
| ∅ | Balloon | 40,0 b | 7,5 b | 1.864 b | 46,0 ab | 154 b |
| | Element | 26,0 c | 4,7 c | 1.118 c | 42,0 c | 121 c |
| | Zzoom | 47,0 a | 8,1 a | 2.206 a | 47,0 a | 176 a |
| | GD Tukey | 2,6 | 0,6 | 134 | 1,5 | 11 |
| ∅ | ∅ | 38,0 | 6,8 | 1.729 | 45,0 | 150 |

Anhang 51: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Sorte am Standort Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Jahr | Sorte | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|------|----------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 2011 | Balloon | 22,0 b | 5,6 b | 942 b | 42,7 b | 98 b |
| | Element | 17,0 c | 4,0 c | 682 c | 39,6 c | 84 b |
| | Zzoom | 27,0 a | 6,1 a | 1.255 a | 46,3 a | 138 a |
| | GD Tukey | 1,8 | 0,4 | 105 | 2,4 | 14 |
| 2012 | Balloon | 46,0 b | 8,8 b | 2.226 b | 48,0 a | 183 a |
| | Element | 33,0 c | 5,5 c | 1.281 c | 38,9 b | 119 b |
| | Zzoom | 62,0 a | 13,4 a | 2.942 a | 47,8 a | 179 a |
| | GD Tukey | 6,3 | 1,4 | 328 | 2,4 | 17 |
| ∅ | Balloon | 34,0 b | 7,2 b | 1.584 b | 45,4 b | 141 b |
| | Element | 25,0 c | 4,7 c | 981 c | 39,2 c | 102 c |
| | Zzoom | 44,0 a | 9,7 a | 2.099 a | 47,0 a | 158 a |
| | GD Tukey | 2,6 | 0,6 | 134 | 1,5 | 11 |
| ∅ | ∅ | 35,0 | 7,2 | 1.555 | 44,0 | 134 |

Anhang 52: *Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]*

| Jahr | Saatstärke | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|------|----------------------------|--------------------------------|---------|-----------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 6.290 c | 11,9 b | 23,7 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 6.834 b | 13,0 a | 26,1 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 7.802 a | 13,0 a | 29,4 a |
| | GD Tukey | 272 | 0,9 | 2,7 |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 20.269 ab | 36,5 a | 69,4 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 20.446 a | 35,7 a | 72,2 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 19.720 b | 32,6 b | 68,4 b |
| | GD Tukey | 620 | 2,4 | 3,3 |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 13.279 a | 24,2 a | 47,0 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 13.640 a | 24,3 a | 49,0 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 13.761 a | 22,8 b | 49,0 a |
| | GD Tukey | 594 | 1,3 | 3,4 |
| ∅ | ∅ | 13.560 | 24,0 | 48,0 |

Anhang 53: *Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]*

| Jahr | Saatstärke | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|------|----------------------------|--------------------------------|---------|-----------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 5.602 c | 10,6 a | 21,6 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 6.410 b | 10,9 a | 25,3 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 6.884 a | 10,7 a | 24,4 a |
| | GD Tukey | 388 | 1,0 | 2,8 |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 14.662 ab | 29,3 a | 55,9 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 14.884 a | 29,1 a | 57,7 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 14.197 b | 29,2 a | 58,2 a |
| | GD Tukey | 541 | 2,1 | 4,2 |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 10.132 a | 20,0 a | 38,8 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 10.647 a | 20,0 a | 41,5 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 10.540 a | 19,9 a | 41,3 a |
| | GD Tukey | 594 | 1,3 | 3,4 |
| ∅ | ∅ | 10.440 | 20,0 | 41,0 |

Anhang 54: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) sowie Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Jahr | Saatstärke | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|------|----------------------------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 24,5 b | 5,8 a | 1.219 a | 49,0 a | 166 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 27,5 a | 5,8 a | 1.226 a | 43,9 b | 117 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 27,3 a | 5,3 b | 1.126 b | 40,1 c | 89 c |
| | GD Tukey | 1,4 | 0,3 | 75 | 1,3 | 7 |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 49,1 ab | 8,5 a | 2.350 a | 47,6 a | 212 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 49,7 a | 8,0 b | 2.356 a | 47,1 a | 175 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 47,6 b | 7,3 c | 2.098 b | 43,7 b | 143 c |
| | GD Tukey | 2,0 | 0,4 | 127 | 1,3 | 11 |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 37,0 ab | 7,1 a | 1.785 a | 48,0 a | 189 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 39,0 a | 6,9 ab | 1.791 a | 45,0 b | 146 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 37,0 a | 6,3 b | 1.612 b | 42,0 c | 116 c |
| | GD Tukey | 2,6 | 0,6 | 134 | 1,5 | 11 |
| ∅ | ∅ | 38,0 | 6,8 | 1.729 | 45,0 | 150 |

Anhang 55: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Jahr und Saatstärke am Standort Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Jahr | Saatstärke | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|------|----------------------------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 2011 | S1 [130 K/m ²] | 21,0 b | 5,4 a | 998 a | 47,6 a | 140 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 23,0 a | 5,2 a | 977 ab | 42,2 b | 102 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 23,0 a | 5,0 a | 903 b | 38,8 c | 78 c |
| | GD Tukey | 1,8 | 0,4 | 87 | 1,6 | 8 |
| 2012 | S1 [130 K/m ²] | 44,0 b | 9,4 a | 2.092 a | 46,8 a | 188 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 47,0 ab | 9,1 a | 2.101 a | 44,4 b | 152 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 50,0 a | 9,3 a | 2.256 a | 43,4 b | 141 b |
| | GD Tukey | 4,0 | 0,9 | 211 | 2,2 | 12 |
| ∅ | S1 [130 K/m ²] | 32,0 c | 7,4 a | 1.545 a | 47,2 a | 164 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 35,0 ab | 7,1 a | 1.539 a | 43,3 b | 127 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 37,0 a | 7,2 a | 1.580 a | 41,1 c | 110 c |
| | GD Tukey | 2,6 | 0,6 | 134 | 1,5 | 11 |
| ∅ | ∅ | 35,0 | 7,2 | 1.555 | 44,0 | 134 |

Anhang 56: *Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]*

| Restoreranteil | Saatstärke | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|----------------|----------------------------|--------------------------------|----------|-----------|
| 6 RE | S1 [130 K/m ²] | 18.951 bc | 33,0 bc | 64,0 bc |
| | S2 [180 K/m ²] | 19.657 abc | 32,0 bc | 66,0 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 18.299 c | 29,0 c | 61,0 c |
| 8 RE | S1 [130 K/m ²] | 20.581 ab | 37,0 ab | 70,0 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 20.979 ab | 37,0 ab | 74,0 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 20.487 ab | 34,0 abc | 71,0 ab |
| 10 RE | S1 [130 K/m ²] | 21.274 a | 40,0 a | 74,0 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 20.701 ab | 38,0 ab | 77,0 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 20.375 ab | 34,0 abc | 73,0 a |
| ∅ | ∅ | 20.145 | 34,9 | 70,0 |
| GD Tukey max | | 2.056 | 5,8 | 7,6 |
| GD Tukey min | | 1.440 | 5,6 | 7,6 |

Anhang 57: *Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)*

| Restoreranteil | Saatstärke | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|----------------|----------------------------|----------------------|-----------|----------|-----------|--------|
| 6 RE | S1 [130 K/m ²] | 40,4 d | 7,0 cd | 1.963 cd | 48,6 a | 227 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 39,0 d | 6,4 de | 1.850 de | 47,6 a | 181 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 36,5 d | 5,6 e | 1.596 e | 43,9 cd | 145 d |
| 8 RE | S1 [130 K/m ²] | 47,6 c | 8,1 bc | 2.307 bc | 47,7 a | 204 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 51,0 bc | 8,1 bc | 2.464 ab | 47,4 ab | 172 c |
| | S3 [230 K/m ²] | 50,6 bc | 7,7 bc | 2.202 bc | 43,1 d | 142 d |
| 10 RE | S1 [130 K/m ²] | 59,3 a | 10,2 a | 2.781 a | 46,5 abc | 205 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 59,1 a | 9,6 a | 2.755 a | 46,3 abcd | 174 c |
| | S3 [230 K/m ²] | 55,6 ab | 8,6 bc | 2.496 ab | 44,2 bcd | 141 d |
| ∅ | ∅ | 48,8 | 7,9 | 2.268 | 46,1 | 177 |
| GD Tukey max | | 6,2 | 1,2 | 350 | 3,3 | 27 |
| GD Tukey min | | 4,7 | 1,0 | 296 | 3,1 | 26 |

Anhang 58: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Sorte sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Restoreranteil | Sorte | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|----------------|---------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 6 RE | Balloon | 12.690 cd | 24,0 de | 49,9 b |
| | Element | 14.175 bc | 21,8 e | 45,5 b |
| | Zzoom | 11.745 d | 31,1 abcd | 56,2 ab |
| 8 RE | Balloon | 15.032 b | 26,8 bcde | 57,5 ab |
| | Element | 17.118 a | 25,2 cde | 55,2 ab |
| | Zzoom | 12.989 cd | 34,1 ab | 63,3 a |
| 10 RE | Balloon | 14.822 b | 32,8 abc | 65,3 a |
| | Element | 18.844 a | 29,7 abcd | 57,0 ab |
| | Zzoom | 13.810 bc | 37,3 a | 65,6 a |
| ∅ | ∅ | 14.581 | 29,2 | 57,3 |
| GD Tukey max | | 1.736 | 7,8 | 12,7 |
| GD Tukey min | | 1.736 | 7,8 | 12,7 |

Anhang 59: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Restoreranteil und Sorte sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Restoreranteil | Sorte | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|----------------|---------|----------------------|-----------|-----------|---------|--------|
| 6 RE | Balloon | 33,0 de | 6,3 def | 1.561 cde | 47,0 a | 172 a |
| | Element | 25,5 e | 4,3 f | 952 e | 36,9 c | 112 c |
| | Zzoom | 44,4 cd | 9,5 cd | 2.027 cd | 45,8 ab | 159 ab |
| 8 RE | Balloon | 46,6 cd | 8,7 cde | 2.307 bc | 49,5 a | 185 a |
| | Element | 33,0 de | 5,6 ef | 1.333 de | 40,5 bc | 122 bc |
| | Zzoom | 62,1 b | 13,7 ab | 3.063 ab | 49,3 a | 192 a |
| 10 RE | Balloon | 59,3 bc | 11,4 bc | 2.811 b | 47,4 a | 192 a |
| | Element | 39,6 de | 6,7 def | 1.557 cde | 39,2 c | 122 bc |
| | Zzoom | 78,0 a | 16,9 a | 3.737 a | 48,3 a | 185 a |
| ∅ | ∅ | 46,8 | 9,2 | 2.150 | 44,9 | 160 |
| GD Tukey max | | 15,8 | 3,6 | 772 | 6,1 | 44 |
| GD Tukey min | | 15,1 | 3,4 | 772 | 5,7 | 41 |

Anhang 60: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Sorte | Saatstärke | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|--------------|----------------------------|--------------------------------|---------|-----------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 5.026 f | 9,9 b | 22,8 c |
| | S2 [180 K/m ²] | 5.660 de | 11,7 b | 29,3 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 6.171 de | 11,2 b | 31,7 a |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 6.530 cef | 10,6 b | 22,2 c |
| | S2 [180 K/m ²] | 6.359 ef | 11,5 b | 23,3 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 7.649 abd | 11,3 b | 26,8 abc |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 7.313 de | 15,3 a | 26,0 abc |
| | S2 [180 K/m ²] | 8.483 bc | 15,7 a | 27,8 abc |
| | S3 [230 K/m ²] | 9.586 a | 16,4 a | 29,8 ab |
| ∅ | ∅ | 6.975 | 12,6 | 26,6 |
| GD Tukey max | | 2.122 | 2,7 | 6,9 |
| GD Tukey min | | 632 | 2,2 | 6,3 |

Anhang 61: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Sorte | Saatstärke | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|--------------|----------------------------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 25,3 d | 6,4 ab | 1.270 b | 49,7 ab | 158 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 29,7 bc | 6,5 ab | 1.308 b | 44,1 c | 111 c |
| | S3 [230 K/m ²] | 29,1 c | 5,9 b | 1.193 b | 40,9 d | 83 de |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 17,7 e | 4,0 cd | 802 c | 45,5 c | 130 c |
| | S2 [180 K/m ²] | 19,3 e | 4,2 c | 784 c | 40,5 d | 86 d |
| | S3 [230 K/m ²] | 17,3 e | 3,4 d | 605 d | 35,1 e | 63 e |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 30,6 bc | 6,9 a | 1.585 a | 51,7 a | 211 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 33,5 ab | 6,6 ab | 1.585 a | 47,1 bc | 154 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 35,4 a | 6,6 ab | 1.580 a | 44,4 c | 122 c |
| ∅ | ∅ | 26,4 | 5,6 | 1.190 | 44,3 | 124 |
| GD Tukey max | | 4,0 | 0,9 | 219 | 3,4 | 20 |
| GD Tukey min | | 3,2 | 0,8 | 174 | 3,1 | 16 |

Anhang 62: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Sorte | Saatstärke | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|--------------|----------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 20.713 b | 37,5 abc | 74,4 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 21.380 ab | 35,2 abcd | 73,4 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 20.531 b | 32,4 cd | 72,6 ab |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 21.901 ab | 38,8 ab | 72,1 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 22.726 a | 39,9 a | 79,6 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 20.943 b | 34,4 abcd | 71,7 b |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 18.193 c | 33,2 bcd | 61,8 c |
| | S2 [180 K/m ²] | 17.232 c | 32,0 cd | 63,5 c |
| | S3 [230 K/m ²] | 17.688 c | 31,0 d | 60,7 c |
| ∅ | ∅ | 20.145 | 34,9 | 70,0 |
| GD Tukey max | | 1.695 | 5,8 | 7,6 |
| GD Tukey min | | 1.440 | 5,6 | 7,6 |

Anhang 63: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Köthen, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Sorte | Saatstärke | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|--------------|----------------------------|----------------------|-----------|----------|----------|--------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 51,2 d | 9,3 abc | 2.498 c | 48,9 a | 237 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 52,5 cd | 8,7 c | 2.530 bc | 48,2 ab | 187 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 53,2 bcd | 8,4 c | 2.385 c | 45,0 cde | 149 d |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 37,9 e | 6,3 d | 1.692 d | 44,8 cde | 176 bc |
| | S2 [180 K/m ²] | 34,6 ef | 5,5 de | 1.560 de | 45,1 bcd | 150 cd |
| | S3 [230 K/m ²] | 30,3 f | 4,6 e | 1.265 e | 41,9 e | 120 e |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 58,3 abc | 9,8 ab | 2.860 ab | 49,1 a | 223 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 62,0 a | 9,9 a | 2.980 a | 48,0 abc | 189 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 59,2 ab | 8,9 bc | 2.643 bc | 44,3 de | 159 cd |
| ∅ | ∅ | 48,8 | 7,9 | 2.268 | 46,1 | 177 |
| GD Tukey max | | 6,2 | 1,0 | 350 | 3,3 | 27 |
| GD Tukey min | | 4,7 | 1,0 | 296 | 3,1 | 26 |

Anhang 64: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Sorte | Saatstärke | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|--------------|----------------------------|--------------------------------|---------|-----------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 4.324 d | 7,8 b | 18,9 c |
| | S2 [180 K/m ²] | 5.544 c | 8,4 b | 23,7 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 5.337 c | 7,4 b | 19,9 c |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 5.249 cd | 8,9 b | 18,0 c |
| | S2 [180 K/m ²] | 5.299 cd | 8,3 b | 19,0 c |
| | S3 [230 K/m ²] | 6.045 bc | 8,4 b | 20,2 c |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 7.232 bc | 15,2 a | 28,0 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 8.386 a | 16,1 a | 33,0 a |
| | S3 [230 K/m ²] | 9.269 a | 16,3 a | 33,2 a |
| ∅ | ∅ | 6.298 | 10,8 | 23,8 |
| GD Tukey max | | 1.193 | 2,5 | 7,1 |
| GD Tukey min | | 901 | 2,3 | 6,4 |

Anhang 65: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2011 in Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

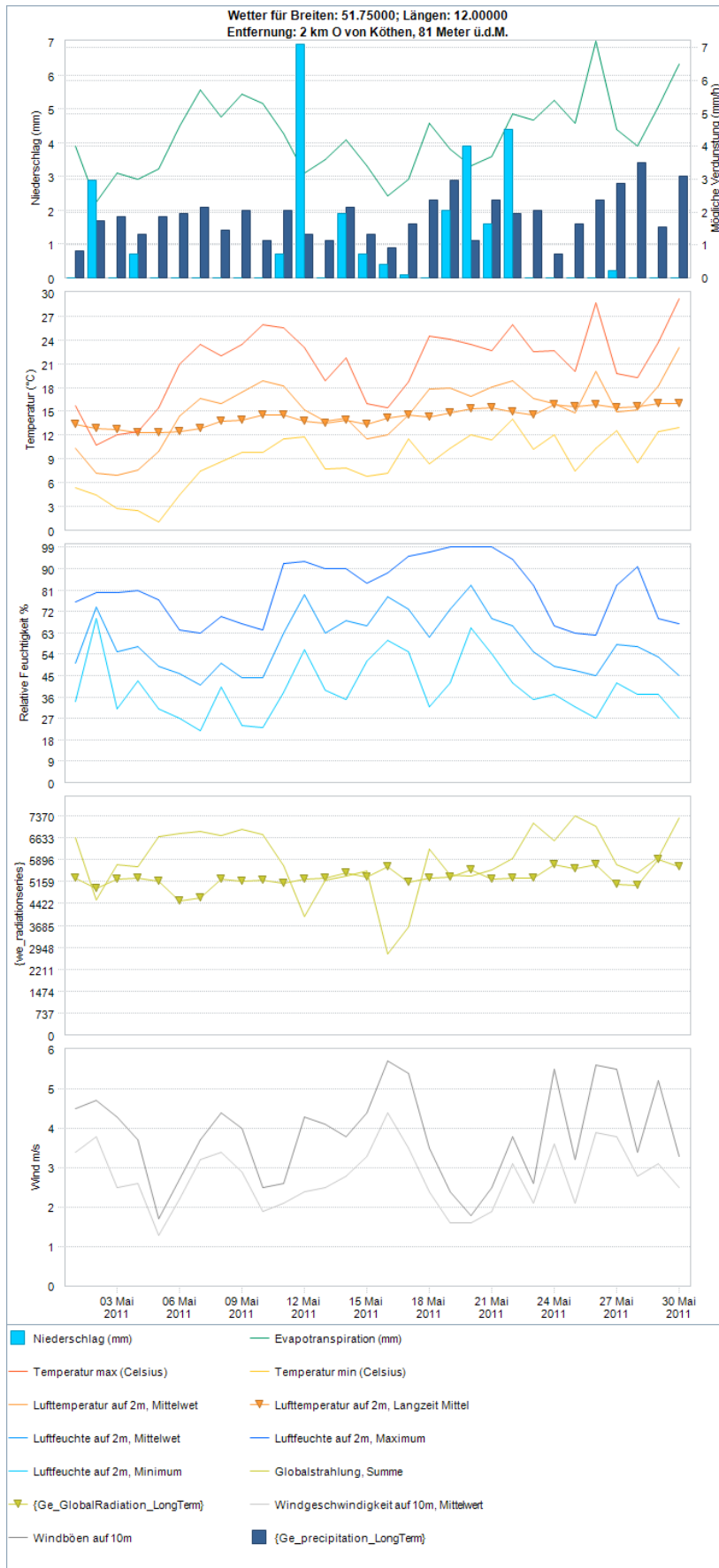
| Sorte | Saatstärke | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|--------------|----------------------------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 21,1 cd | 6,0 a | 998 b | 47,5 ab | 133 b |
| | S2 [180 K/m ²] | 22,7 c | 5,4 a | 945 bc | 42,0 cd | 91 de |
| | S3 [230 K/m ²] | 22,9 c | 5,3 a | 883 bcd | 38,8 de | 71 fg |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 16,7 e | 4,0 b | 748 cde | 44,7 bc | 117 bc |
| | S2 [180 K/m ²] | 18,4 de | 4,2 b | 710 de | 38,7 de | 80 ef |
| | S3 [230 K/m ²] | 16,8 e | 3,7 b | 588 e | 35,4 e | 57 g |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 24,5 bc | 6,2 a | 1.249 a | 50,7 a | 171 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 27,9 ab | 6,0 a | 1.277 a | 45,9 bc | 136 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 29,4 a | 6,0 a | 1.239 a | 42,2 cd | 107 cd |
| ∅ | ∅ | 22,3 | 5,2 | 960 | 42,9 | 107 |
| GD Tukey max | | 4,3 | 1,0 | 211 | 4,4 | 24 |
| GD Tukey min | | 4,3 | 1,0 | 202 | 3,8 | 19 |

Anhang 66: Ertragskomponenten der Mutterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als Korndichte (FM KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (FM KZAE) und Saatgutansatz (FM SA) [%]

| Sorte | Saatstärke | FM KD [Körner/m ²] | FM KZAE | FM SA [%] |
|--------------|----------------------------|--------------------------------|---------|-----------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 13.773 bc | 27,7 bc | 54,8 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 14.648 b | 28,1 bc | 58,7 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 14.123 bc | 27,8 bc | 59,2 ab |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 17.045 a | 25,4 c | 53,4 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 16.910 a | 26,1 c | 52,1 b |
| | S3 [230 K/m ²] | 16.182 a | 25,1 c | 52,1 b |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 13.168 cd | 34,8 a | 59,5 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 13.092 cd | 33,2 ab | 62,4 ab |
| | S3 [230 K/m ²] | 12.285 d | 34,6 a | 63,3 a |
| ∅ | ∅ | 14.581 | 29,2 | 57,3 |
| GD Tukey max | | 1.400 | 5,8 | 10,6 |
| GD Tukey min | | 1.256 | 4,8 | 9,8 |

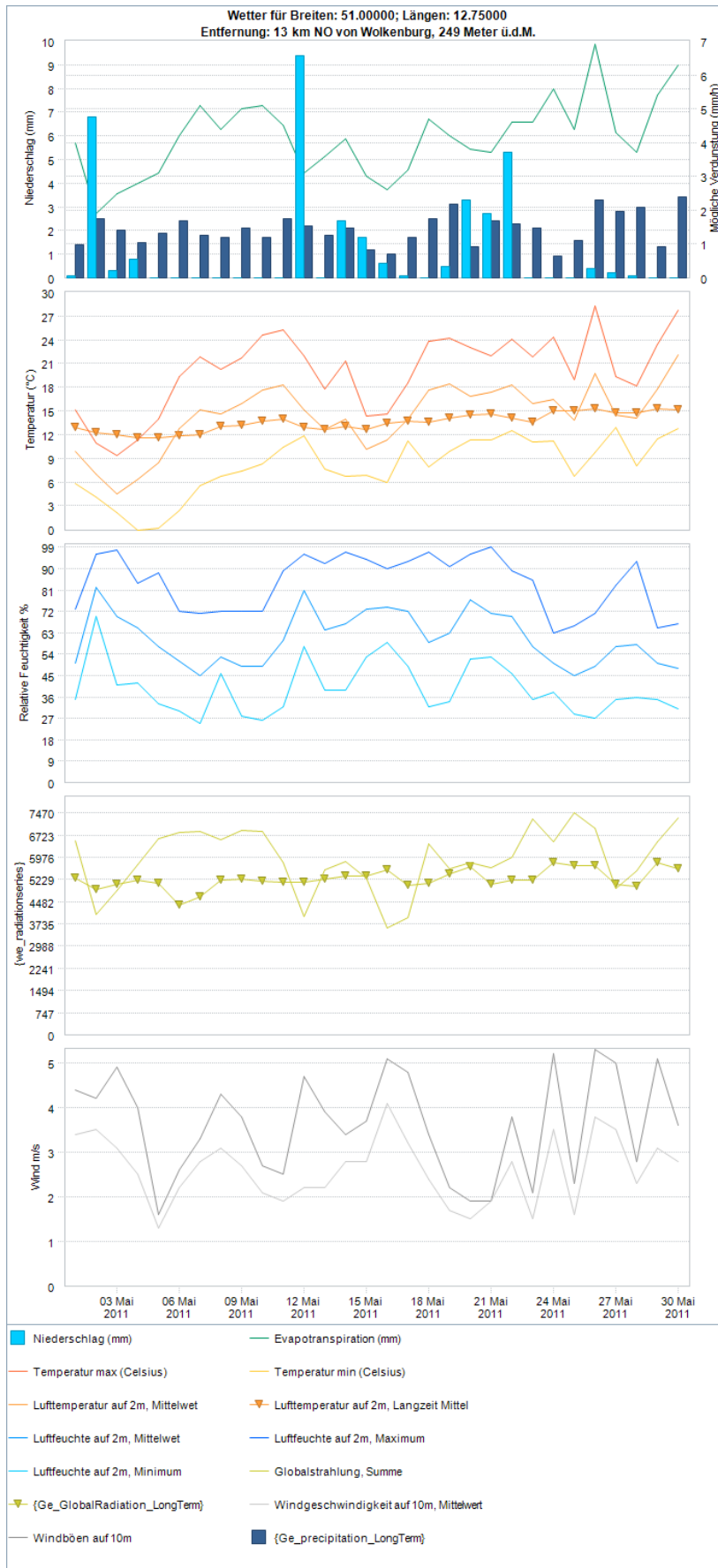
Anhang 67: Ertragskomponenten der Vaterlinie in der technischen Mischung in Abhängigkeit von Sorte und Saatstärke sowie deren Wechselwirkungen 2012 in Wolkenburg, dargestellt als absolute (RE AZ m²) [Ähren/m²] und relative Ährenzahl (RE AZ rel) [%], Korndichte (RE KD) [Körner/m²], Kornzahl je Ähre (RE KZAE) und Kornzahl je Pflanze (RE KZP)

| Sorte | Saatstärke | RE AZ m ² | RE AZ rel | RE KD | RE KZAE | RE KZP |
|--------------|----------------------------|----------------------|-----------|----------|---------|--------|
| Balloon | S1 [130 K/m ²] | 43,8 cd | 9,0 b | 2.112 c | 48,0 ab | 206 a |
| | S2 [180 K/m ²] | 47,2 c | 8,9 b | 2.230 bc | 47,5 ab | 175 bc |
| | S3 [230 K/m ²] | 47,9 c | 8,6 b | 2.337 bc | 48,4 a | 168 c |
| Element | S1 [130 K/m ²] | 33,6 de | 5,9 c | 1.445 d | 42,9 bc | 153 c |
| | S2 [180 K/m ²] | 32,6 e | 5,5 c | 1.289 d | 39,1 cd | 114 d |
| | S3 [230 K/m ²] | 32,0 e | 5,2 c | 1.109 d | 34,6 d | 90 d |
| Zzoom | S1 [130 K/m ²] | 54,5 bc | 13,1 a | 2.719 b | 49,4 a | 205 ab |
| | S2 [180 K/m ²] | 59,8 b | 12,8 a | 2.785 b | 46,7 ab | 166 c |
| | S3 [230 K/m ²] | 70,3 a | 14,2 a | 3.323 a | 47,2 ab | 165 c |
| ∅ | ∅ | 46,8 | 9,2 | 2.150 | 44,9 | 160 |
| GD Tukey max | | 11,1 | 2,5 | 583 | 5,2 | 32 |
| GD Tukey min | | 9,4 | 2,2 | 490 | 5,1 | 28 |



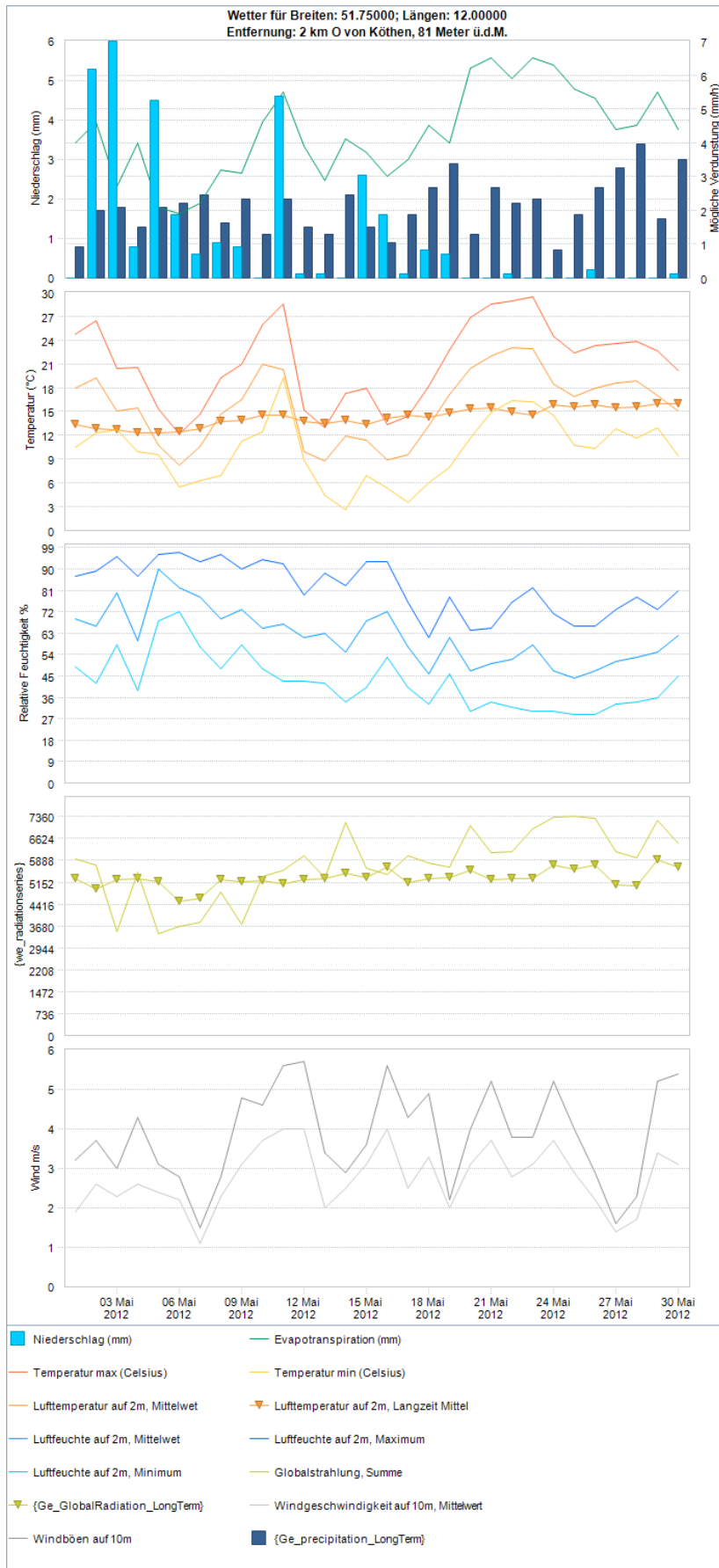
Anhang 68:

Witterung zur Blüte im Jahr 2011 am Standort Köthen



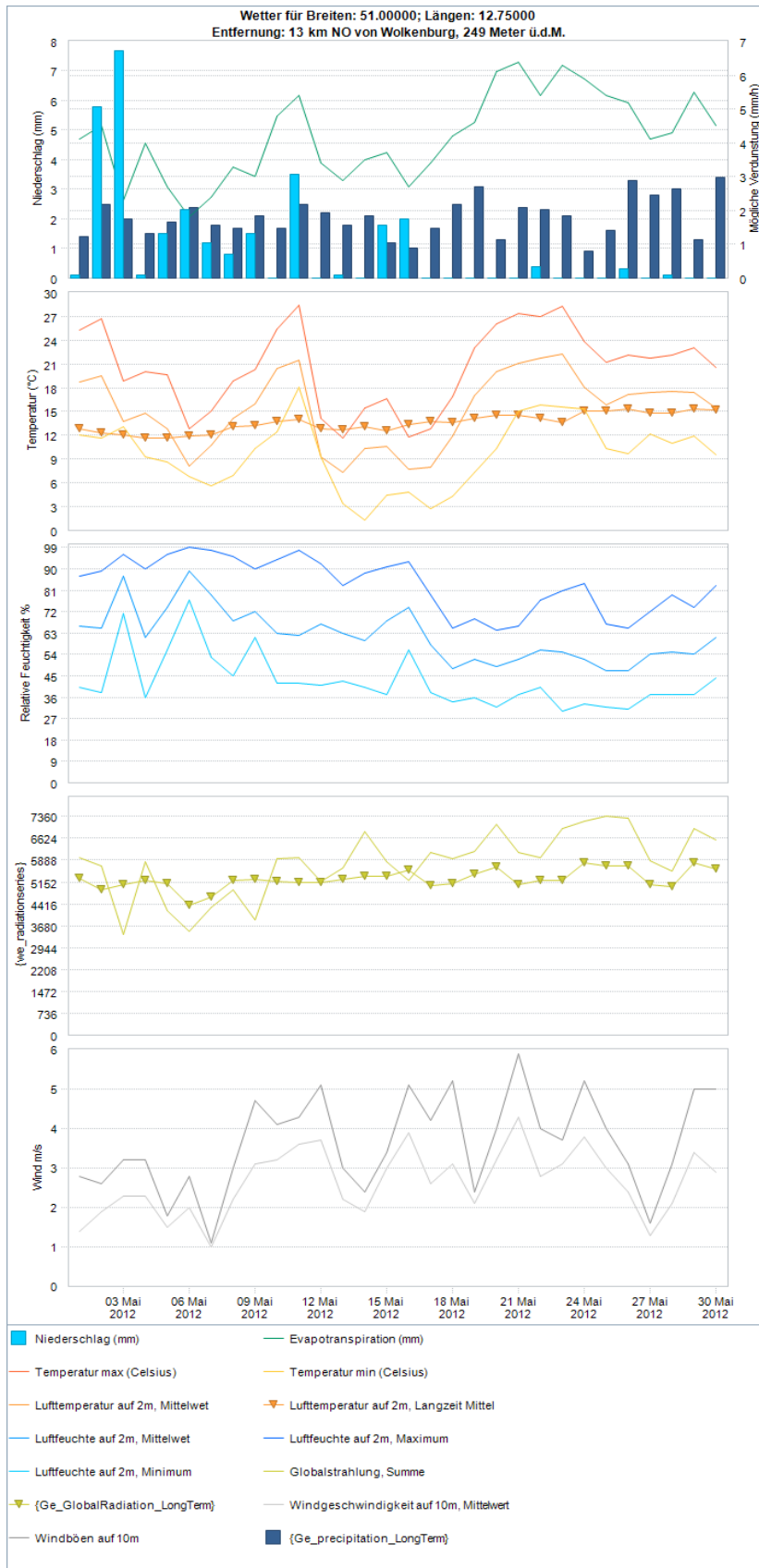
Anhang 69:

Witterung zur Blüte im Jahr 2011 am Standort Wolkenburg

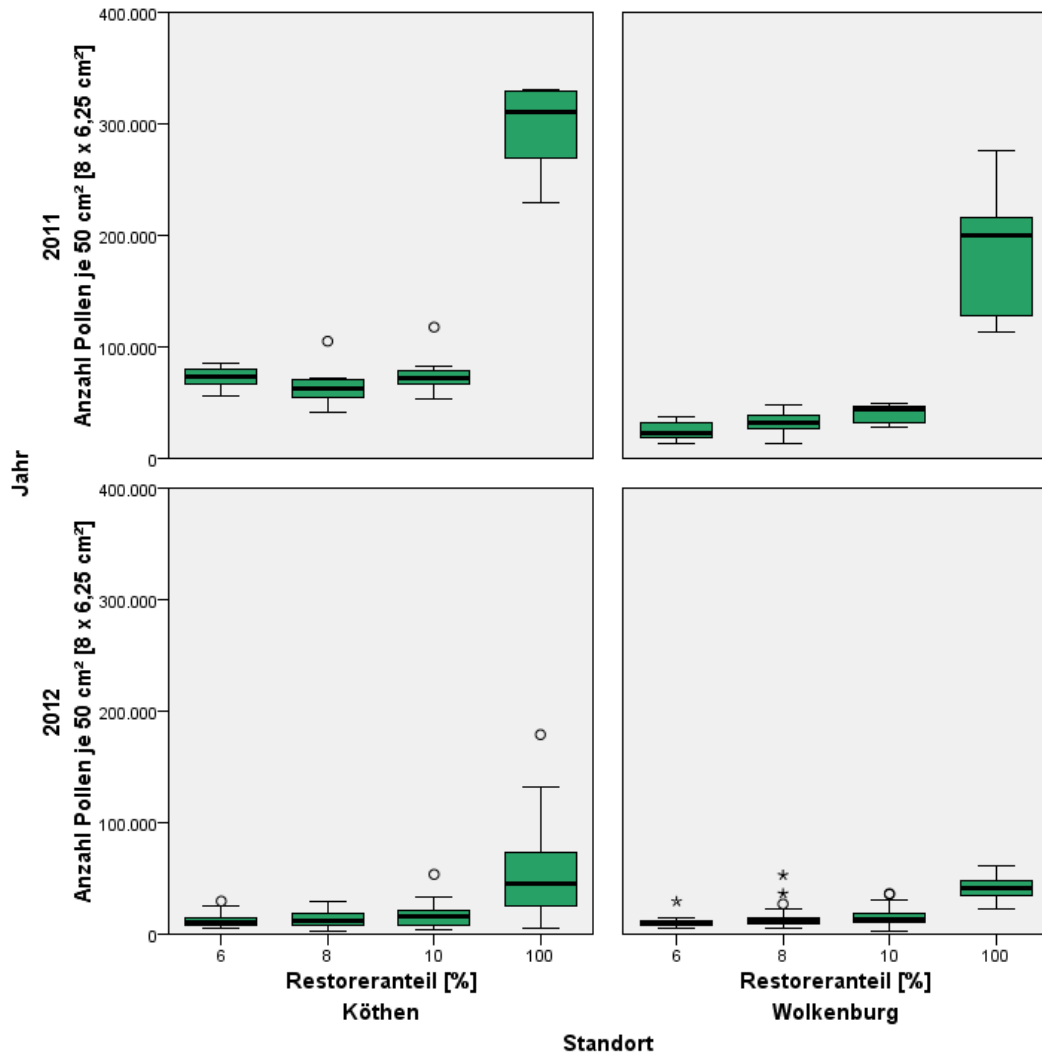


Anhang 70:

Witterung zur Blüte in 2012 am Standort Köthen



Anhang 71: Witterung zur Blüte in 2012 am Standort Wolkenburg



Anhang 72: Anzahl Pollen während der Blüte in Abhängigkeit von Jahr, Standort und Restoreranteil



Anhang 73: Konkurrenz- und Mischungseffekte in der technischen Mischung bei der Saatgutproduktion von Hybridwintergerste der Einfachhybriden Balloon (FM 97-37 x RE 10) und Dreifachhybriden Element (F1F 011 x RE 10)

Eidesstattliche Erklärung / Declaration under Oath

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

I declare under penalty of perjury that this thesis is my own work entirely and has been written without any help from other people. I used only the sources mentioned and included all the citations correctly both in word or content.

24.12.2019

Datum/ Date



Unterschrift des Antragstellers/ Signature of the applicant

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt in erster Linie Herrn Prof. Dr. B. Ilgen. Ich möchte mich für das von ihm entgegengebrachte Vertrauen bei der Bearbeitung des Themas und seine großzügige menschliche Unterstützung bedanken. Danken möchte ich ihm auch für seine ständige Diskussionsbereitschaft und stets gewährte fachliche Unterstützung, sie hat meinen Blick für das Wesentliche geschärft.

Ebenso herzlich danke ich Herrn Prof. Dr. O. Christen postum für die fachliche Unterstützung und vor allem für das große Verständnis und Rücksichtnahme während der Bearbeitung dieser Arbeit. Erst dadurch war es möglich diese Dissertation neben meinem beruflichen Werdegang fertigzustellen.

Die Dissertation wurde von der Naturwissenschaftlichen Fakultät III „Agrar- und Ernährungswissenschaften, Geowissenschaften und Informatik“ der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg angenommen. Ganz herzlich danke ich Herrn Prof. Dr. K. Pillen (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) und Herrn Prof. Dr. H. Stützel (Leibniz Universität Hannover) für die Unterstützung bei der Fertigstellung der Arbeit und die bereitwillige Übernahme der Gutachten. Bei Frau Kerstin Schüler möchte ich mich für ihre herzliche Hilfe und administrative Unterstützung im Rahmen des Promotionsverfahrens bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Gerhard Wulff, Christian Neuberg und Martin Griffioen. Sie haben es verstanden mir ein faszinierendes und vielseitiges Arbeitsthema zu überlassen, dessen Bearbeitung mir sehr viel Spaß gemacht hat und meine Entwicklung gefördert hat. Auch darüber hinaus haben sie mich ständig in meiner persönlichen und beruflichen Entwicklung gefordert und gefördert.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich auch bei der R&D Abteilung der Syngenta Seeds GmbH, vertreten durch Jörg Hempelmann, Kristof Güse, Waldemar Grüner, Daniel Wagner, Henrik Wolff und Andre Bultmann, für die Durchführung der Versuche bei der Aussaat, Ernte und Probenaufbereitung. Danken möchte ich in diesem Zusammenhang auch der Firma Syngenta für die finanzielle Unterstützung.

Herrn Herbert Aschhoff, Gutsverwaltung Wörbzig, und Wilhelm Stassen, WKU Agrarhof Wolkenburg, danke ich für die uneigennützig und großzügige Bereitstellung der Versuchsflächen.

Ein spezielles Dankeschön möchte ich auch meinen Arbeitskollegen und Landwirten aus der Praxis für den ständigen Austausch und für das angenehme Arbeitsklima widmen. Hervorzuheben ist hier, dass ohne die praktischen Erfahrungen in der Feldproduktion und vor allem in Zusammenarbeit mit den landwirtschaftlichen Betrieben diese Arbeit und Erkenntnisse nicht möglich gewesen wären. Hierzu zählen auch die Bachelor- und Masterarbeiten zur Produktionstechnik von Hybridgerste im Rahmen der Saatgutproduktion, vertreten durch Richard Pasch, Maxi Lachmund und Paul Steinberg.

Ein sehr besonderes Dankeschön gilt Christin Noack und Jasmin Rink sowie meinem Vater und meiner

Mutter, die unzählige Arbeitsstunden mit mir auf dem Feld bei der Probenahme und Bonituren verbrachten. Durch ihre Mithilfe konnten die umfangreichen und kraftzehrenden Probenahmen auf dem Feld sowie Probenaufbereitung und Analytik bewältigt werden. Ganz speziell möchte ich an dieser Stelle Jasmin Rink für ihre herzliche Unterstützung danken.

Für die Durchsicht und Korrektur dieser Arbeit möchte ich mich bei Antje Wedler und Maxi Lachmund bedanken. Für die statistische Verrechnung mit SAS bedanke ich mich bei Herrn Christian Kluth.

Ein ganz herzliches Dankeschön ist vor allem an meine Eltern, Familie und meine Freunde für die mir entgegengebrachte Geduld, das Verständnis und die liebevolle Unterstützung gerichtet.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name Michael Jähnichen
Anschrift Altenberger Straße 75, 01277 Dresden
Geburtsdatum 02.02.1985, Elsterwerda
Familienstand ledig
Nationalität deutsch
Eltern Dieter Jähnichen; Ute Jähnichen, geb. Degen

Ausbildung

1991-1997 Grund- und Gesamtschule Amt Mühlberg/Elbe
1997-2004 Städtisches Gymnasium Falkenberg/Elster „Friedrich Stoy“
Abschluss: Abitur
2004-2008 Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
Abschluss: Diplom-Ingenieur für Agrarwirtschaft

Berufserfahrung

Apr. 2001 - Okt. 2007 Landwirtschaftlicher Betrieb Petra Schliebner
Familienbetrieb
Apr. 2006 - Okt. 2006 Auslandssemester Neuseeland (Praktika)
WE & OH Hayes Family Trust Farms (April bis Mai)
River Rose Limited (Juni bis Oktober)
Okt. 2006 - Feb. 2008 Planungsprojekt HTW Dresden
„Analyse und Optimierung eines Marktfruchtbetriebes in Polen“
Feb. 2008 - Jun. 2008 Diplomarbeit Bionova Biogas GmbH
„Verfahrenstechnischer und wirtschaftlicher Nutzen zweistufiger Biogasverfahren nach dem aeroben Hydrolyseverfahren“
Jun. 2008 - Aug. 2008 HORSCH Maschinen GmbH
Praktikum: Vorführfahrer
Sept. 2008 - Nov. 2008 Saxdorfer Agroland GmbH
Leiter Pflanzenproduktion
Dez. 2008 - Feb. 2009 Syngenta Seeds GmbH
Fortbildung: Hanse Agro - Beratung und Entwicklung GmbH
März 2009 - Okt. 2011 Syngenta Seeds GmbH
Saatgutvermehrung Getreide
Nov. 2011 - Aug. 2013 Syngenta Seeds GmbH
Field Production Manager Cereals (DE, PL, BE, DK)
Sept. 2013 - Mai 2017 Syngenta Seeds GmbH
EAME Field Production Manager Hybrid Barley
Jun. 2017 - März 2019 Syngenta Seeds GmbH
EAME Seeds Production Specialist
seit April 2019 BayWa
Produktmanager Saatgut

Dresden, im Dezember 2019