



Universität für Bodenkultur Wien
Departement für Nutzpflanzenwissenschaften
Abteilung Pflanzenbau
Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf

Analyse von Bestandesentwicklung und Ertrag bei Mais (*Zea mays* L.) unter verschiedenen Reihenabständen und Saatterchniken

Masterarbeit

Luc Rauchs

H 0941132

Masterstudiengang H 455 Nutzpflanzenwissenschaften

Betreuung:

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Hans-Peter Kaul
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Helmut Wagentristsl

Wien, Mai 2014

Danksagung

Die ersten Zeilen meiner Masterarbeit will ich jenen Leuten widmen, die mich während meines Studiums und ganz besonders bei der Erstellung meiner Diplomarbeit unterstützt haben.

Für die unkomplizierte und zielorientierte Betreuung während der Durchführung des Versuches und der Erstellung meiner Masterarbeit bedanke ich mich ganz herzlich bei Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Hans-Peter Kaul und Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Helmut Wagentristsl.

Bei der Alois Pöttinger Maschinenfabrik Ges.m.b.H bedanke ich mich für den Auftrag zur Durchführung meines Versuches. Stellvertretend bedanke ich mich bei meinem Ansprechpartner Alois Kirchmayr.

Mein Dank gilt auch dem Personal der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf für die Hilfe bei der Planung und des Anbaus meines Versuches, die Unterstützung bei der Probennahme und der Auswertung sowie die fördernden Gespräche.

Weiters bedanke ich mich bei der Pioneer Hi-Bred Northern Europe Sales Division GmbH für die Zuverfügungstellung des Saatgutes.

Ebenfalls bedanke ich mich beim Personal des Ökologischen Landbaus am Standort Groß-Enzersdorf für den unkomplizierten Gerätezugang.

Ein weiteres Dankeschön richte ich an alle Kolleginnen, Kollegen, Freundinnen und Freunde für die Unterstützung, den Erfahrungsaustausch und die schönen Momente die wir während des Studiums teilen konnten.

An letzter, aber nicht unwichtiger Stelle, möchte ich mich ganz herzlich bei meinen Eltern für die Ermöglichung meines Studiums bedanken. Mein größter Dank gilt meiner Familie für die moralische und finanzielle Unterstützung während meines Studiums und die Unterstützung in allen Lebenslagen.

Inhaltsverzeichnis

1.	EINLEITUNG	1
2.	AKTUELLER KENNTNISSTAND	2
2.1.	<i>Maisanbau in Österreich</i>	2
2.2.	<i>Untersuchungen zu Reihenweiten und Saattechnik bei Mais</i>	3
2.2.1.	<i>Saattechniken</i>	3
2.2.1.1.	<i>Drillsaat</i>	3
2.2.1.2.	<i>Einzelkornsaat</i>	3
2.2.2.	<i>Maschinenbezogene Parameter</i>	4
2.2.3.	<i>Pflanzenbezogene Parameter</i>	4
3.	ARBEITSHYPOTHESEN	7
4.	MATERIAL	8
4.1.	<i>Standort</i>	8
4.1.1.	<i>Geographische Lage</i>	8
4.1.2.	<i>Boden</i>	9
4.1.3.	<i>Klima und Witterung 2013</i>	9
4.2.	<i>Verwendete Maissorte</i>	10
4.3.	<i>Versuchsanlage und Faktoren</i>	11
4.3.1.	<i>Saattechniken</i>	11
4.3.2.	<i>Reihenabstände</i>	12
4.3.3.	<i>Versuchsanlage</i>	13
4.4.	<i>Fruchtfolge und Bestandesführung</i>	15
5.	METHODEN	16
5.1.	<i>Maschinenbezogene Parameter</i>	16
5.1.1.	<i>Ablagetiefe</i>	16
5.1.2.	<i>Verteilgenauigkeit</i>	16
5.1.2.1.	<i>Längsverteilung</i>	16
5.1.2.2.	<i>Querverteilung</i>	16
5.1.2.3.	<i>Bestandesdichte</i>	17
5.2.	<i>Pflanzenbezogene Parameter</i>	18
5.2.1.	<i>Bodenbedeckung</i>	18
5.2.2.	<i>Leaf Area Index (LAI)</i>	18
5.2.3.	<i>Pflanzenlänge</i>	19
5.2.4.	<i>Biomasseertrag und Erntefeuchte</i>	19
5.2.5.	<i>Kornertrag und Erntefeuchte</i>	19
5.2.6.	<i>Pflanzenfraktionen</i>	20
5.2.7.	<i>Kolbenlänge</i>	20
5.2.8.	<i>Visuelle Bonitur des Pilzbefalles an den Kolben</i>	20
5.2.9.	<i>Sonstige pflanzenschutzrelevante Organismen</i>	21
5.3.	<i>Statistische Auswertung</i>	22
6.	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	23
6.1.	<i>Maschinenbezogene Parameter</i>	23
6.1.1.	<i>Ablagetiefe</i>	23
6.1.2.	<i>Verteilgenauigkeit</i>	23
6.1.2.1.	<i>Längsverteilung</i>	23
6.1.2.2.	<i>Querverteilung</i>	25
6.1.2.3.	<i>Bestandesdichte</i>	27
6.2.	<i>Pflanzenbezogene Parameter</i>	29
6.2.1.	<i>Bodenbedeckung</i>	29
6.2.2.	<i>Leaf Area Index (LAI)</i>	32
6.2.3.	<i>Pflanzenlänge</i>	33
6.2.4.	<i>Biomasseertrag und Erntefeuchte</i>	35

6.2.5.	<i>Kornertrag und Erntefeuchte</i>	37
6.2.6.	<i>Pflanzenfraktionen</i>	38
6.2.7.	<i>Kolbenlänge</i>	40
6.2.8.	<i>Visuelle Bonitur des Pilzbefalles an den Kolben</i>	41
6.2.9.	<i>Sonstige pflanzenschutzrelevante Organismen</i>	43
7.	ZUSAMMENFASSENDEN SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	44
8.	AUSBLICK.....	45
9.	ZUSAMMENFASSUNG.....	46
10.	ABSTRACT	47
11.	LITERATURVERZEICHNIS.....	48
12.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	51
13.	TABELLENVERZEICHNIS	52
14.	ANHANG	53

1. Einleitung

Die Landwirtschaft in Österreich und Europa steht in direkter Konkurrenz zur Landwirtschaft auf anderen Kontinenten. Die Bewirtschaftungsweise in Europa kann als intensiv bezeichnet werden. Es werden hohe Erträge mit viel Aufwand erwirtschaftet. Mais ist weltweit eine der am meisten angebaute Kulturen und somit schlägt sich hier die Konkurrenz besonders nieder. Damit stellt sich für die hiesigen Landwirte die Frage nach Einsparungspotential bei den Kosten für den Maisanbau.

Neben der Bodenbearbeitung stellt die Saattechnik einen hohen Kostenpunkt im Maisanbau dar. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, ob die Drillsaat eine Alternative zur Einzelkornsaat darstellen kann. Zusätzlich werden verschiedene Reihenabstände verglichen. Diese könnten in Sachen Erosionsschutz eine wichtige Rolle spielen.

Im Silomaisbereich, wo eine starke Konkurrenz zwischen Milchproduzenten, welche mit einem schlechten Erlösniveau für ihre Milch kämpfen, und Biogasanlagenbetreibern besteht, welche möglichst viel Masse ohne hohe Qualitätsansprüche produzieren wollen, wurde in den letzten zwei Jahrzehnten vermehrt auf Drillsaat und oder engere Reihenabstände beim Maisanbau gesetzt.

Die Markteinführung von reihenunabhängigen Maiskolbenpflückern für Mähdrescher lässt das Thema der engeren Reihenweiten zunehmend interessanter für Körnermaisbauern werden. Sie sind ab sofort nicht mehr an die vom Pflücker vorgegebenen Reihenabstände von 70 oder 75 cm gebunden. Diese Überlegung bekräftigt die Standortwahl für den Anbau dieser Arbeit zu Grunde liegenden Versuchs in einem typischen Körnermaisgebiet.

Der oberösterreichische Landmaschinenhersteller Alois Pöttinger Maschinenfabrik Ges.m.b.H (Pöttinger) hat an seiner pneumatischen Mulchsaatmaschine Terrasem diverse Adaptationen vorgenommen um mit dieser auch großkörnige Samen in verschiedenen Reihenabständen anbauen zu können. Im Wesentlichen besteht dieser „Mais-Kit“ aus anderen Zellenrädern für die mechanische Dosierung und Einsätzen, welche verschiedene Reihenabstände verschließen für den Verteilerkopf im Pneumatikteil der Terrasem. Pöttinger ist an die Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf herangetreten, um die Praxistauglichkeit dieses „Mais-Kit“s im Feld überprüfen zu lassen. Das Augenmerk sollte auf Bestandesentwicklung und Ertrag gelegt werden. Diese Untersuchung bildet die Grundlage für die im Folgenden vorgestellte Masterarbeit.

2. Aktueller Kenntnisstand

2.1. Maisanbau in Österreich

Mais hat sich in Österreich während der letzten 50 Jahre zur wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturpflanze entwickelt. Im Jahr 2012 wurden auf 219.702 ha Körnermais und auf 82.261 ha Silomais angebaut. Nimmt man die Anbauflächen von Körnermais und Silomais zusammen, so übersteigt die Maisanbaufläche mit 301.936 ha sogar die Anbaufläche von Weizen mit 280.746 ha (vg. BMLFUW, 2013, 37). Bei Körnermais wird nur das Maiskorn mit dem Mähdrescher geerntet und verfüttert oder als Industrierohstoff verarbeitet. Bei Silomais hingegen wird die ganze Pflanze mit einem Feldhäcksler geerntet und als Ganzpflanzensilage konserviert.

Dabei wird Mais sowohl in den Ackerbaugebieten, als auch in den Grünlandgebieten angebaut. Hier stellt der Silomais einen wichtigen Bestandteil in der Wiederkäuerfütterung dar.



Abbildung 1 Anbauflächen der wichtigsten Feldfrüchte in Österreich (BMLFUW, 2013, 37).

2.2. Untersuchungen zu Reihenweiten und Saattechnik bei Mais

Die Literatur zu den Themen Bestandesdichte, Reihenweiten und Saattechnik bei Mais ist sehr umfangreich und teilweise auch sehr widersprüchlich. Im Folgenden werden einige Arbeiten und deren Kernaussage vorgestellt.

2.2.1. Saattechniken

2.2.1.1. Drillsaat

Bei der Drillsaat handelt es sich um die älteste Variante der Mechanisierung der Saat. Hierfür wird das Saatgut volumetrisch durch Zellenräder dosiert. Bei mechanisch-gravitativen Systemen fällt das Saatgut anschließend durch ein Fallrohr rund 60 bis 80 cm zu einem Schleppschar oder einer Säscheibe, welche es ins Saatbeet appliziert.

Eine Weiterentwicklung stellen die mechanisch-pneumatischen Drillsaatmaschinen dar. Sie besitzen eine oder mehrere zentrale Dosiereinheiten. Das Saatgut wird weiterhin volumetrisch via Zellenrad dosiert. Die Beförderung ins Saatbeet erfolgt nicht mehr durch die Schwerkraft sondern passiert in einem Luftstrom. Die Vorteile die sich daraus ergeben sind die Trennung von Saatguttank und Säeinheit, sowie die Möglichkeit größere Arbeitsbreiten zu bedienen (vg. GRIEPENTROG, 1994, 25ff.).

2.2.1.2. Einzelkornsaat

Die Einzelkornsaat ist eine aufwändigere, aber dadurch präzisere Saattechnik. Bei der Einzelkornsaat werden die Saatkörner einzeln und in gleichmäßigem Abstand in der Reihe abgelegt. Bei der Einzelkornsaat existiert für jede Reihe ein einzelnes Dosierungsorgan, von welchem aus das Saatkorn entweder gravimetrisch oder via Druckluft in die Saatrille gelangt. Bei Druckluftunterstützung ist eine Fangrolle, welche ein Verrollen in der Saatrille verhindert Pflicht. Die Vereinzelnung erlaubt in der Regel weniger hohe Fahrgeschwindigkeiten, wie bei der Drillsaat üblich (vg. DEMMEL et al., 2011, 12).

2.2.2. Maschinenbezogene Parameter

In Sachen Verteilgenauigkeit unterscheiden sich die Einzelkornsaat und die Drillsaat deutlich. Bei einer technisch einwandfreien Einzelkornsaatmaschine besteht keine Varianz in der Querverteilung der Körner. Hier können lediglich Fahrspuren und Unterschiede in der Beschaffenheit des Saatbeetes eine Änderung des Aufgangs bewirken. Im Feld wurden alle Verteilungen via im Bestand etablierten Pflanzen aufgenommen, so können Unterschiede im Aufgang auch einen Unterschied in den Daten der Querverteilung hervorrufen. Die Längsverteilung hingegen ist durch die Fahrgeschwindigkeit und die Einstellung der Maschine beeinflussbar (vg. NETO, 2012, 983ff.). Bei der Drillsaat hingegen kommt es systembedingt zu Variationen in der Querverteilung und der Längsverteilung.

NETO et al. (2012, 984) beziehen sich in ihrer Arbeit auf die Empfehlungen der BRAZILIAN ASSOCIATION OF TECHNICAL STANDARDS (1989, s.p.) und definieren tolerierbare Pflanzenabstände in der Reihe als die Spanne zwischen 0,5 und 1,5 mal des mittleren Pflanzenabstandes. Alles Kleinere wird als Doppelbelegung und alles Größere als Fehlstelle gewertet.

In den Untersuchungen von BOZDOĞAN (2008, 320ff.), NETO et al. (2012, 985ff.), MAHL et al. (2008, 539ff.) konnten für die Einzelkornsäugeräte ein Anteil an tolerierbaren Abständen von über 70 % erzielt werden. Für Drillsaat liegen leider keine Ergebnisse vor.

2.2.3. Pflanzenbezogene Parameter

Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen konnte beim Korn einen Ertragsvorteil von 3-3,3 % bei Einzelkornsaat auf 37,5 cm Reihenabstand im Vergleich zu Einzelkornsaat auf 75 cm (100 %) feststellen. Die Drillsaatvariante auf 15 cm Reihenabstand angebaut dagegen fiel um 7,2-10,3 % ab. Im Bezug auf Trockenmassegehalte und Stärkegehalte gab es kaum Unterschiede zwischen 75 cm und 37,5 cm Reihenabstand (vg. LWK, 2010, 7).

Die Zeitschrift Lohnunternehmen berichtete im Oktober 2007 von einem Betrieb, der Drillsaat auf 12,5 cm Reihenabstand betreibt und darin einen deutlichen Kostenvorteil sieht, unter anderem durch markant höhere Flächenleistung. Der Lohnunternehmer Schröder berichtet auch, dass sein Breitsaat-Mais im Jahr 2006 optisch weniger Trockenschäden aufgewiesen hat (vg. JÄNSCH, 2007, 32). Laut UPPENKAMP (2007, 26) lagen die

Aktueller Kenntnisstand

Biomasseerträge von Engsaatmais (37,5 cm) im Extremjahr 2006 sogar 10 % über denen von Mais in Standardreihenabstand (75 cm).

In Pakistan wurden im Jahr 2002 Reihenabstände von 50 cm, 75 cm und 100 cm untersucht. Hier konnte der bewährte 75 cm Reihenabstand den besten Biomasseertrag liefern (vg. ALI et al., 2003, 175).

KIRCHMEIER et al. (2009, 141f.) schreiben der Einzelkornsaat deutlich bessere Feldaufgänge zu, dazu empfehlen die Maschinenhersteller eine 10 % höhere Aussaatmenge. In ihrer Untersuchung zeigt Einzelkornsaat immer einen höheren Ertrag, wenn auch nicht immer signifikant.

Sowohl in der Literatur, als auch in der Praxis werden Doppelreihen thematisiert. Bei diesem Verfahren werden auf 75 cm Abstand zwei Reihen, mit einem Abstand von 12,5 oder 25 cm, angebaut. Bei gleichen Saatstärken konnte NOVACEK (2013, 272) ein gleiches Ertragsniveau für Doppelreihen und Einzelreihen belegen.

In einem Praxisversuch aus dem Jahr 2001 wurden in Nordrhein-Westfalen Mais in vier Varianten angebaut: Einzelkornsaat (EK) auf 75 cm Reihenabstand und Drillsaat (DS) mit einer Lemken Solitair auf 12,5 cm, 25 cm und 37,5 cm angebaut. In diesem Versuch konnte die Variante Drillsaat auf 25 cm Reihenabstand überzeugen. Sie hatte am meisten Kolben ausgebildet, den höchsten Trockenmassegehalt bei der Ernte und die höchste Energiedichte, wenn auch unwesentlich mehr als die Variante Einzelkornsaat auf 75 cm Reihenabstand (vg. HÖNER, 2002, 110ff.).

RECKLEBEN (2010, 32) sieht einen Nachteil der Drilltechnik für den Maisanbau in der fehlenden Unterfußdüngung in kühleren Regionen. Er schlägt zur Reduzierung der Häufchenablage sogar eine um 15 % erhöhte Saatgutmenge vor. Er unterstreicht, dass engere Reihenweiten zu einem früheren Reihenschluss führen und Erosion, Verdunstung und Unkrautansiedelung dadurch vermieden werden. Beim Anbau von Körnermais setzt er jedoch auch auf die Doppelreihe bei 75 cm Abstand.

Die Kanadier BERES et al. (2008, 714f.) zeigten, dass engere Reihenabstände eine bessere Pflanzenetablierung mit sich brachten. So konnten bei 38 cm Reihenabstand 10 % mehr Pflanzen aufgehen und sich im Bestand etablieren als bei 76 cm Reihenabstand. Die Kanadier zeigten aber auch, dass dies keinen Einfluss auf die Erträge hatte. Die Amerikaner COX et al. (2006 und 2010) konnten jedoch um 4-7 % höhere Erträge bei 38 cm Reihenabstand feststellen.

Aktueller Kenntnisstand

Quer durch die angeführten Untersuchungen konnten nur geringe Ertragsvorteile für einzelne Varianten verzeichnet werden. Laut BERES et al. (2008, 715) sind diese geringen Ertragsvorteile nur in Kombination mit anderen Vorteilen bedeutend. Als andere Vorteile der einzelner Varianten finden sich bessere Bestandesentwicklung, bessere Unkrautunterdrückung, bessere Nährstoff- und Wasserausnutzung (ALLEN, 2012, s.p.) sowie Erosionsminderung (vg. JÄNSCH, 2007, 32).

3. Arbeitshypothesen

Aus der Fragestellung der Alois Pöttinger Maschinenfabrik Ges.m.b.H. (Pöttinger) und den angeführten Untersuchungen wurden folgende Arbeitshypothesen hergeleitet:

- Einzelkornsaat hat einen positiven Effekt auf die Bestandesentwicklung (Wuchshöhen und Bodenbedeckung) von Mais im Vergleich zu Drillsaat.
- Einzelkornsaat hat einen Ertragsvorteil im Vergleich zu Drillsaat.
- Engere Reihenabstände führen zu einer schnelleren Bodenbedeckung als weitere.
- Engere Reihenabstände erlauben höhere Erträge.

4. Material

4.1. Standort

4.1.1. Geographische Lage

Angebaut wurde der Versuch in der nordwestlichsten Ecke des B-Schlages am Standort Groß-Enzersdorf der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur, Wien wie in Abbildung 2 dargestellt. Die geographischen Koordinaten des Versuches: 48°12'07.1"N 16°33'24.4"E. Der Versuchsstandort befindet sich auf einer Höhe von 154 m über dem Meeresspiegel.

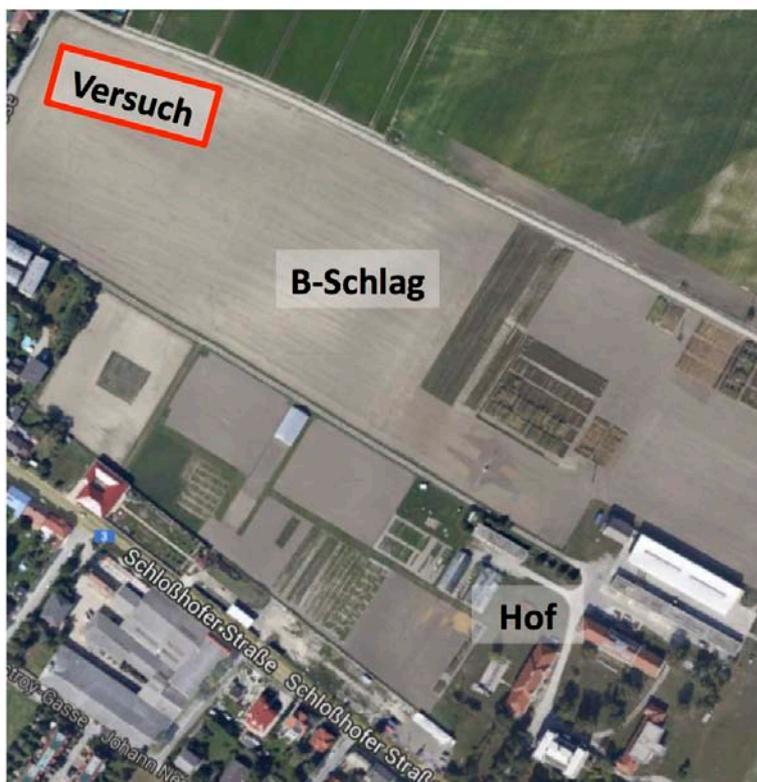


Abbildung 2 Lage des Versuches am Gelände der VWG (Google Earth, 2013).

Groß-Enzersdorf (A-2301) liegt an der östlichen Wiener Stadtgrenze im Produktionsgebiet Marchfeld. Die Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf fungiert als Teil des Departements für Nutzpflanzenwissenschaften der Universität für Bodenkultur, Wien. Dabei handelt es sich um einen 139,5ha umfassenden Marktfruchtbetrieb. Davon werden rund 26ha ökologisch bewirtschaftet und rund 18ha dienen als wissenschaftliche Versuchsfläche (vgl. VWG, 2013, s.p.).

4.1.2. Boden

Bei der Bodenart handelt es sich um einen sandigen beziehungsweise lehmigen Schluff. Der hohe Schluffanteil wirkt sich positiv auf die Wasserspeicherkapazität aus. Der Humusgehalt am Versuchstandort liegt zwischen zwei und drei Prozent (vg. VWG, 2013, s.p.).

Der am Versuchsstandort vorliegende Boden ist ein Tschernosem aus Ausedimenten. Er ist charakterisiert durch die unmittelbare Nähe der Donau, das pannonische Klima und den hohen Karbonatanteil über alle Horizonte. Dem Einfluss der Donau ist auch die stark variierende Mächtigkeit (25-100 cm) des A-Horizontes geschuldet. Der hoch anstehende Schotterkörper (Cu) wirkt sich negativ auf die agronomischen Eigenschaften des Bodens aus (vg. RAMPAZZO, 2012, 3).

4.1.3. Klima und Witterung 2013

Das Jahr 2013 zeichnete sich durch einen frühen, sehr warmen Frühling ab Ende März aus. Mitte April wäre zurückschauend der optimale Anbautermin für Mais gewesen. Der Versuch konnte jedoch nach technikbedingten Schwierigkeiten erst Mitte Mai angebaut werden. Dieser Bestand wurde durch die anhaltende Kälte und Nässe Ende Mai, Anfang Juni stark in der Jugendentwicklung gebremst. Auffällig sind hier der Rückgang auf 15 °C Mitte Mai und zum Monatswechsel auf knapp 10 °C Tagesmitteltemperatur. Durch den anhaltenden Regen stand in den Traktorspuren der Einzelkornsaat das Wasser. Abbildung 3 veranschaulicht den Wasserüberschuss in den Monaten Mai und Juni. Im April angebaute Bestände konnten diesen Niederschlag für das Massenwachstum ausnutzen und zur Blüte daraus schöpfen. Der untersuchte Bestand hingegen hatte zur Blüte Ende Juli, Anfang August schon wieder mit Trockenstress zu kämpfen, weshalb dann notdürftig eine Beregnung eingerichtet wurde.

Unterm Strich war das Jahr 2013 durch eine 1,3 °C höhere Durchschnittstemperatur und 11,4 mm Niederschlagsüberschuss im Vergleich zum langjährigen Mittel 1971-2000 gekennzeichnet. Auffällig sind die sehr hohen Niederschlagsmengen, über 30 mm mehr als der langjährige Mittelwert in den Monaten Mai, Juni und September im Gegensatz zu quasi ausbleibenden Niederschlägen in den Monaten April, Juli und Dezember.

Material

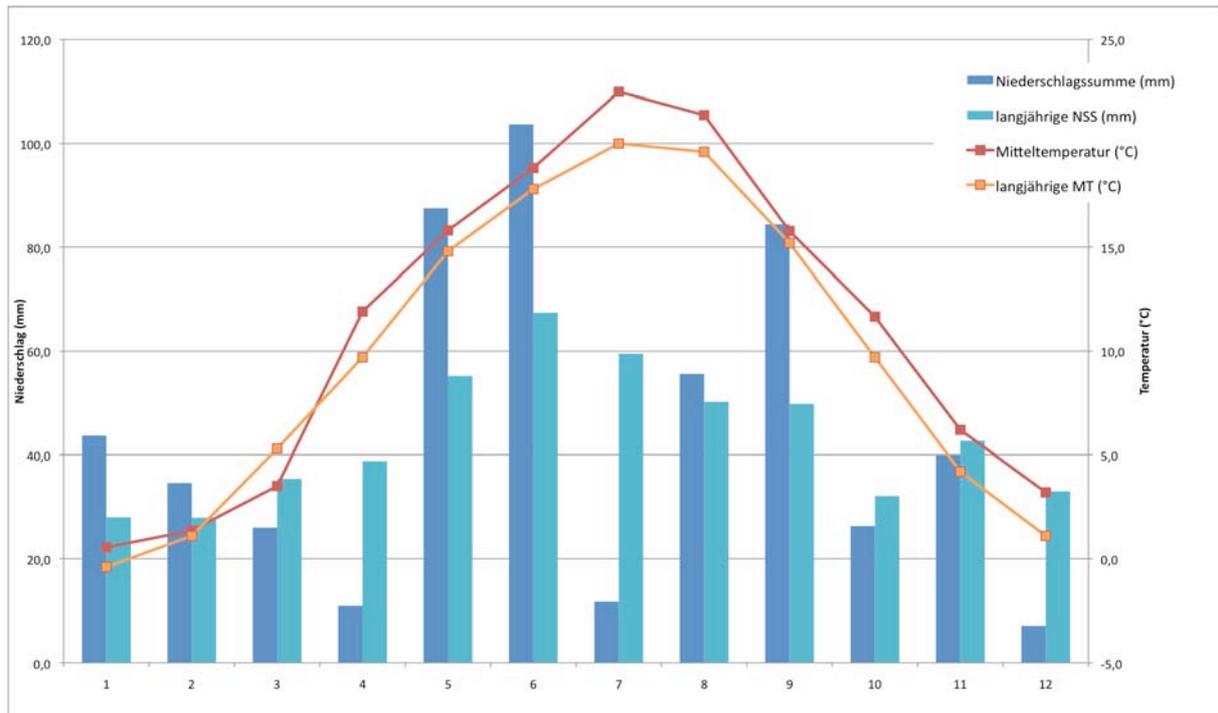


Abbildung 3 Vergleich der Wetterdaten vom Versuchstandort im Versuchsjahr zum langjährigen Mittel (Daten: ZAMG).

4.2. Verwendete Maissorte

Der von der Firma Pioneer Hi-Bred International Inc. zur Verfügung gestellte Hybrid P0746 ist eine massebetonte Sorte mit hohen Energieerträgen, Nummer 1 im Gesamttrockenmasse- und Energieertrag nach 2 Jahren EU Sortenversuch Silomais (Pioneer, 2012, s.p.). Die ursprünglich als Silomais gezüchtete Sorte erzielt auch im Körnerbereich Spitzenenerträge. Mit ihrer Reifezahl von 320 für Silomais und ca. 420 für Körnermais ist die Sorte bei beiden Nutzungen als spät anzusehen. Im Sortenversuch Körnermais am Standort LFS Tulln 2012 konnte sie mit 14.788 kg/ha 110 % des Versuchsdurchschnitts erzielen (vg. LAKO, 2012, 4).

4.3. Versuchsanlage und Faktoren

4.3.1. Saattechniken

Erster untersuchter Faktor ist die Saattechnik. In der vorliegenden Arbeit wird das Augenmerk auf der Saatgutdosierung liegen. Somit wird **Drillsaat** und **Einzelkornsaat** verglichen. Die Drillsaat wurde mit der untersuchten Drillmaschine Terrasem R3 der Alois Pöttinger Maschinenfabrik Ges.m.b.H (Pöttinger) durchgeführt und als Vergleich wurde Einzelkornsaat mit der Matermacc MS 8230 Einzelkornsämaschine durchgeführt. Beide Maschinen stammen aus dem Maschinenbestand der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf.

Die für die Drillsaat herangezogene Pöttinger Terrasem R3 ist eine mulchsaattaugliche, mechanisch-pneumatische Drillmaschine. Die Saatgutdosierung passiert mechanisch in einer zentralen Dosiereinheit. Diese beherbergt austauschbare Zellenräder und wird elektrisch abhängig von der Fahrgeschwindigkeit, angetrieben. Das dosierte Saatgut wird durch einen Injektor in den Luftstrom eingeleitet und an einem Prallkopf auf die einzelnen Reihen aufgeteilt (vg. GRIEPENTROG, 1994, 27f.). Im Rahmen dieser Untersuchung wurden in diesen Prallkopf verschiedene Einsätze eingebaut, welche es ermöglichten verschiedene Reihenkonfigurationen anzubauen. Diese Einsätze sollen den Luftstrom ungestört leiten und gleichzeitig nur verschiedene Abgänge vom Verteilerkopf mit Saatgut beaufschlagen. Die Einbettungswerkzeuge sind 24 Säscheiben, welche in einem Reihenabstand von 12,5 cm angeordnet sind. Als Zugfahrzeug kam ein STEYR 9125 mit 93,2 kW (125 Ps) zum Einsatz. Die Maschine wurde so eingestellt, dass eine Ablagetiefe von ungefähr 6 cm erreicht wurde. Die Gebläsedrehzahl betrug knapp 1700 Umdrehungen pro Minute und die Fahrgeschwindigkeit auf Grund der kurzen Parzellen 7,5 Kilometer pro Stunde.

Die eingesetzte Einzelkornsämaschine Matermacc MS 8230 dosiert mit Hilfe einer Unterdruckdosierung. Das Saatkorn wird durch eine Lochscheibe, welche über ein Getriebe von einem Bodenrad angetrieben wird, angesaugt. Doppelbelegungen werden durch ein Abstreifen des zweiten Kornes vermieden. Die rotierende Scheibe befördert das Korn nach oben, wo der Unterdruck nachlässt und das Korn in die Saatrille fallen gelassen wird. Bei dieser Maschine mussten zwischen den einzelnen Varianten die Abstände der Säegeräte, sowie die Getriebestufe angepasst werden. Den angebauten Reihenzahlen entsprechend mussten auch einzelne Säkörper aktiviert oder deaktiviert werden. Hier kam ein Massey Ferguson 5430 mit 68,6 kW (92 Ps) als Zugfahrzeug zum Einsatz. Die Ablagetiefe war auf knapp 6 cm eingestellt und die Anbaugeschwindigkeit betrug rund 6 km/h.



Abbildung 4 Anbaugespanne: Steyr 9125 mit Pöttinger Terrasem R3 und Steyr 8080 (Zugfahrzeug beim Versuchsanbau: MF 5430) mit Maternacc MS 8230.

4.3.2. Reihenabstände

Zweiter untersuchter Faktor ist die **Reihenweite**. Bei der Drillsaatvariante wurden Reihenabstände von **37,5 cm**, **50 cm** und **75 cm** untersucht. Obwohl die Drillmaschine Terrasem einen Reihenabstand von 12,5 cm ermöglicht, ist die Unterschreitung von 37,5 cm wenig sinnvoll. Bei einer Saatstärke von 70.000 Körner pro Hektar würden die Korn-Abstände in der Reihe bei geringeren Reihenabständen rechnerisch größer werden, als die Abstände zwischen den Reihen. Bei der Einzelkornsaat wurde der Mais in Reihenabständen von 75 cm, 50 cm und 40 cm angebaut werden. Technikbedingt war bei Einzelkornsaat kein Reihenabstand von 37,5 cm möglich, dafür wurde anstelle dieser Variante ein Abstand von 40 cm gewählt. Dies bewirkt eine Abweichung von 6,67 % im Reihenabstand oder 20 % der Differenz im Reihenabstand zwischen 50 cm und 37,5 cm. Somit wird diese Abweichung im Folgenden als vernachlässigbar betrachtet.

Tabelle 1 stellt eine Zusammenfassung der einzelnen Varianten sowie der errechneten Saatstärken dar.

Tabelle 1 Angebaute Varianten.

Saattechnik	Reihenweite (cm)	Errechnete Saatstärke (K/m ²)	Saatstärke im Verhältnis zu EK75
Einzelkornsaat	40 (ersetzt 37,5)	7,0	96 %
Einzelkornsaat	50	7,0	96 %
Einzelkornsaat	75	7,3	100 %
Drillsaat	37,5	7,8	107 %
Drillsaat	50	7,8	107 %
Drillsaat	75	7,8	107 %

Material

Für den Versuch wurden in den Drillsaatvarianten bei 75 cm Reihenabstand nur vier Saatreihen angelegt und die anderen 20 verschlossen. Bei 50 cm Reihenabstand wurden sechs Reihen und bei 37,5 cm acht Reihen angebaut.

Für die Einzelkornsaat wurden bei einem Reihenabstand von 40 cm im Gegensatz zur Terrasem nur sieben Reihen angebaut, da die MS 8230 eine siebenreihige Maschine ist und eine weitere Überfahrt neue Fahrspuren und Randeffekte mit sich gebracht hätte. So wurde bewusst auf zwei Reihen pro Parzelle (eine Reihe pro Arbeitsbreite) verzichtet. Bei 50 cm und 75 cm Reihenabstand wurde die gleiche Reihenanzahl, wie bei der Drillsaat angebaut: sechs und vier Reihen pro Arbeitsbreite.

4.3.3. Versuchsanlage

Zwei Saatechniken und drei Reihenabstände ergeben zusammen sechs verschiedene Varianten. Diese Varianten wurden dreimal wiederholt angebaut. Als Versuchsdesign hat sich eine mehrfaktorielle Blockanlage angeboten. So wurden drei Blöcke mit jeweils einer Wiederholung der Varianten angebaut. Technikbedingt wurde eine Parzellengröße von 16 mal sechs Metern gewählt. Die Breite ergibt sich aus der doppelten Arbeitsbreite der Pöttinger Terrasem R3. 16 Meter Parzellenlänge wurde gewählt um einen möglichst weiten Rand zum Anlaufen der Dosierung zu gewähren um auf den später beprobten Kern von zehn mal sechs Metern eine optimale Ablage zu ermöglichen. Innerhalb der Blöcke wurden die einzelnen Varianten randomisiert angeordnet. Die Randomisierung erfolgte auf www.random.org am 20.03.2013. Daraus ergibt sich der als Abbildung 5 bezeichnete Versuchsplan. Anzumerken ist, dass die Parzellen 1844 und 1846 auf Grund eines Anbaufehlers an das ost-südöstliche Ende des Versuchs hinzugefügt wurden und somit die Parzellen nicht vollständig randomisiert sind.

Material

Korngrasse		Vorgewende											
		21 m											
16 m	N°	M1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	5'	M2
	Mantel	EK 750	EK 750	DS 750	EK 500	DS 500	EK 400	DS 375	DS 500	EK 400	EK 500	EK 400	EK 750
	Mais	Mais WH 1	Mais WH 1	Mais WH 1	Mais WH 1	Mais WH 1	Mais WH 1	Mais WH 1	Mais WH 3	Mais WH 3	Mais WH 3	Mais WH 1	Mais
	Vorgewende												
	N°	M3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	10'	M4
	Mantel	EK 750	EK 400	EK 500	DS 750	DS 500	EK 750	DS 375	DS 750	DS 375	EK 750	EK 400	EK 750
	Mais	Mais WH 2	Mais WH 2	Mais WH 2	Mais WH 2	Mais WH 2	Mais WH 2	Mais WH 2	Mais WH 3	Mais WH 3	Mais WH 3	Mais WH 2	Mais
	Vorgewende												
	10 m												
			3 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m



WH = Wiederholung
 EK = Einzelkornsaat mit Maternacc MS 8230
 DS = Drillsaat mit Pöttinger Terrasem R3
 375 / 400 / 500 / 750 = Reihenabstände in mm

Abbildung 5 Versuchsplan.

Beim Anbau wurden die Vorwerkzeuge (Scheibenegge) der Pöttinger Terrasem R3 nicht verwendet um eine mehr oder weniger gleiche Bodenbeschaffenheit zur Saat für die Säelemente der beiden Maschinen zu gewährleisten. Ebenfalls wurde mit einer einfacheren Handhabung am Vorgewende gerechnet.

4.4. Fruchtfolge und Bestandesführung

Die Fruchtfolge am B-Schlag sah die letzten Jahre wie folgt aus: 2011 Winterweizen, 2012 Winterweizen und 2013 Mais. Unmittelbar nach der Winterweizenernte am 24. Juli 2012 wurde der Stoppelsturz mittels Scheibenegge durchgeführt. Als weitere Bodenbearbeitungsschritte folgten am 20. August und am 1. Oktober jeweils ein Grubberstrich.

Mitte Mai erfolgte die Einebnung des Ackers mittels Federzinkenegge. Nach dem Einmessen der Blöcke erfolgte quer zu den Parzellen eine Düngergabe. Die Düngerapplikation erfolgte mittels zwölf Meter breitem Amazone Pneumatikstreuer genau auf die Parzellenkerne (12x6m). Nach den Vorgaben der Richtlinien für die sachgerechte Düngung wurde eine hohe Ertragserwartung angenommen und somit $140 + 20 \% \times 140 = 168$ kg Reinstickstoff pro Hektar ausgebracht (vg. BMLFUW, 2013, 23ff.). Als Dünger wurde Entec 26 eingesetzt. Dieser Dünger besitzt 26 % Stickstoff und zeichnet sich durch eine Mischung aus 7,5 % schnell verfügbarem Nitrat und 18,5 % stabilisiertem Ammoniumstickstoff aus (vg. EUROCHEM AGRO, 2014, s.p.). Der Dünger wurde mit der Federzinkenegge oberflächlich eingearbeitet und anschließend wurden die seitlichen Grenzen der einzelnen Parzellen ausgemessen. Angebaut wurde der Versuch am 14. Mai 2013.

Pflanzenschutztechnisch wurde lediglich am 12. Juni 2013 eine Herbizidapplikation durchgeführt. Dafür wurden 35 g Titus, 0,8 L Bucril und 0,4 L Neowett pro ha aufgewendet.

Auf Grund der großen Trockenheit zur Blüte im August wurde an zwei Terminen zweimal mit jeweils 9 mm beregnet. Es wurden also in Summe 36 mm Wasser in der ersten Augushälfte ausgebracht. Die Beregnung erfolgte mittels Bauer Rainstar A3 mit Weitwurfplanze vom mittleren Vorgewende aus. Die aufgebrachte Wassermenge wurde mit Regenmessern, welche im Versuch verteilt waren, überwacht.

5. Methoden

5.1. Maschinenbezogene Parameter

5.1.1. Ablagetiefe

Zur Ermittlung der Ablagetiefe wurden jeweils am Rand der Parzelle an der Ausfahrtsseite zwei Pflanzen mit Erdballen mittels Spaten ausgegraben. Der Erdballen wurde vorsichtig aufgelöst und die Jungpflanze von einer Seite frei gelegt. Anschließend wurde die Position des Maiskornes unter der Erdoberfläche gemessen.

5.1.2. Verteilgenauigkeit

5.1.2.1. Längsverteilung

Zur Beurteilung der Längsverteilung wurden in jeder Parzelle auf jeweils fünf Metern die Positionen der Maispflanzen in zwei Reihen gemessen. Für die statistische Auswertung dieser Daten wurden die Abstände gemittelt und die untere Grenze $0,5x$ Mittelwert und die obere Grenze $1,5x$ Mittelwert für eine akkurate Ablage bestimmt. Jeder Abstand, der kleiner als $0,5x$ Mittelwert beträgt, wurde als Doppelablage gezählt und jeder Abstand, der größer als $1,5x$ Mittelwert beträgt, wurde als Fehlstelle gezählt. Diese Anzahlen geteilt durch die Gesamtanzahl an aufgenommenen Abständen ergeben die Anteile an akkurat, doppelt oder nicht abgelegten Körnern (vg. BRAZILIAN ASSOCIATION OF TECHNICAL STANDARDS, 1989, s.p.).

5.1.2.2. Querverteilung

Zur Ermittlung der Querverteilung wurde für jede Saatreihe im Versuch die Anzahl der Pflanzen gezählt. Aus diesen Werten wurde pro Parzelle der Durchschnitt errechnet und ähnlich wie bei der Längsverteilung ein Optimalbereich definiert. Der Durchschnitt wurde auf 100 % gesetzt. Der Optimalbereich wurde zwischen 90 % und 110 % angesetzt. Anschließend wurde die Anzahl der Pflanzenzahlen pro Reihe, welche sich im Optimalbereich befinden, ins Verhältnis zur gesamten Reihenzahl pro Parzelle gesetzt.

5.1.2.3. Bestandesdichte

Aufgrund der großen Reihenabstände sind Quadratmeterrahmen wenig zweckmäßig. Deshalb wurde eine erste Ermittlung der Pflanzendichte durch Auszählung der zweimal fünf Laufmeter je Parzelle durchgeführt. Des Weiteren wurde auf die Auswertung von Laufmetern in einzelnen Reihen zurückgegriffen. Tabelle 2 bietet eine Gegenüberstellung von Reihenabständen und den entsprechenden Laufmetern für die Aufnahme eines Quadratmeters.

Tabelle 2 Reihenabstände und entsprechende Laufmeter in der Reihe.

Probefläche	1 m ²	1 m ²	1 m ²	1 m ²
Reihenabstand	37,5 cm	40 cm	50 cm	75 cm
Laufmeter	2,7 m	2,5 m	2 m	1,3 m

Tabelle 3 zeigt die Nutzung der einzelnen Proben, welche zur Bestandesdichtebestimmung herangezogen wurden.

Tabelle 3 Probennutzung bei Bestandesdichtenbestimmung.

Datum (Tage nach Saat)	10.09.2013 (120)	25.09.2013 (135)	28.10.2013 (168)	29.10.2013 (169)
Bestimmung	Biomasseertrag u. -feuchte	Biomasseertrag u. -feuchte	Ganzpflanzen- fraktionen	Kornertrag u. -feuchte
Proben pro Parzelle	2	2	1	2

Mit der Pflanzenanzahl pro Quadratmeter wurde jeweils auch die Kolbenanzahl pro Quadratmeter aufgenommen.

5.2. Pflanzenbezogene Parameter

5.2.1. Bodenbedeckung

Die Bodenbedeckung wurde photographisch festgehalten. Bei der verwendeten Kamera handelte es sich um eine CANON Digital Ixus 200IS. Als Vorarbeit wurden in jeder Parzelle vier Referenzquadratmeter festgelegt. Diese wurden zufällig über die Parzelle verteilt bestimmt und mittels Stäben an den Ecken markiert. Mit einem fünften Stab wurde eine Position nördlich des Quadratmeters definiert. Von dieser Position aus wurden alle Draufsichtfotos aufgenommen. Versuche unter zur Hilfenahme eines Stativs scheiterten, aufgrund der Windanfälligkeit und der schwierigen Ausrichtung über genau definierten Zielen. Somit musste die Zeitreihe ab dem Erreichen einer Pflanzenhöhe von circa 90 cm aufgegeben werden. Als Startpunkt für die Zeitreihe wurde ein Bodenbedeckungsgrad von 0 % am Saattermin vom 14. Mai 2013 angenommen. Draufsichtfotos wurden am 14.06.2013, 18.06.2013, 28.06.2013 und 7.08.2013 aufgenommen. Die Aufnahmen wurden mit der Bildanalysesoftware „Sigma Scan Pro“ (Systat Software Inc.) und einem Makro in Bodenanteil und Pflanzenanteil zerlegt (vgl. KARCHER UND RICHARDSON, 2005, 1536ff).

Es war ebenfalls vorgesehen auf den ersten Draufsichtfotos die geographischen Beziehungen zwischen den einzelnen Pflanzen mittels Bildanalysesoftware zu untersuchen. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Nachbarschaftsbeziehungen. Wegen der Nichtbenutzung eines Stativs sind Aufnahmewinkel, -höhe und Bildausschnitt der Fotos nicht standardisiert und somit erwies sich die Analyse als unmöglich.

5.2.2. Leaf Area Index (LAI)

Am 20.07.2013 und am 5.08.2013 erfolgte jeweils eine Leaf Area Index (LAI) Messung. Weitere Messungen konnten auf Grund wechselnder Bewölkung nicht durchgeführt werden. Hierzu wurde das Gerät AccuPAR PAR-80 der Firma Decagon Devices verwendet.

Der Leaf Area Index (LAI) wird als Verhältnis der Blattfläche zur Bodenoberfläche definiert. Das Verhältnis zweier Flächen ist dimensionslos. Wenn der Blattapparat den Boden genau einmal flächig abschattet, ergibt dies ein LAI von 1. Die Messung erfolgt im photosynthetisch aktiven Strahlungsbereich. Die Aufnahmesensorik wird einmal waagrecht über den Bestand gehalten um die auf den Bestand auftreffende Strahlung zu ermitteln und anschließend

bodennah unter den Blattapparat geschoben. Aus dem Verhältnis dieser Strahlungswerte wird der LAI modelliert. Ideale Messbedingungen liegen bei wolkenlosem oder konstant leicht bewölktem Himmel, sowie senkrechter Sonneneinstrahlung vor. (vgl. JONKHEERE et al., s.a., 2f).

5.2.3. Pflanzenlänge

Die Messung der Pflanzenlänge wurde pro Parzelle und Termin vierfach wiederholt. Dabei wurde mit einer Messlatte in Fünf-Zentimeter-Schritten gemessen. Die letzte Messung erfolgte an den geernteten Ganzpflanzen und wurde nur bis zum letzten Nodium vor der Fahne durchgeführt, da durch Maiszünslerbefall, die späte Ernte und die Manipulation ein Großteil der Fahnen abgefallen waren. Bei dieser Messung wurde die Länge für alle Pflanzen eines Quadratmeters bestimmt. Diese Messung erfolgte zentimetergenau. Die Pflanzenhöhe oder Pflanzenlänge wurde am 8.07.2013, 8.08.2013, 21.08.2013 und 28.10.2013 gemessen.

5.2.4. Biomasseertrag und Erntefeuchte

Zum Erntezeitpunkt für Silomais wurden am 10. und am 25. September 2013 jeweils zwei Quadratmeter pro Parzelle geerntet. Diese Proben wurden mittels Gartenhächsler zerkleinert und eine Mischprobe pro Quadratmeter im Trockenschrank, zuerst schonend und dann für 24 Stunden bei 105°C, getrocknet. Die Wiegung vor und nach dem Trocknen erfolgte mit einer geeichten Waage, anschließend wurde die Erntefeuchte aus den Gewichten errechnet.

5.2.5. Kornertrag und Erntefeuchte

Am 29. Oktober wurden auf Laufmetern entsprechend einem Quadratmeter die Kolben von den Maispflanzen gepflückt. Zeitgleich wurden von anderen Kolben ungefähr 200 Gramm Maiskörner pro Parzelle gewogen, während 24 Stunden bei 105°C im Trockenschrank getrocknet und erneut gewogen um die Erntefeuchte zu bestimmen. Zu einem späteren Zeitpunkt wurden die Lieschblätter entfernt und die Kolben maschinell gerebelt. Auch für diesen Zeitpunkt wurde die Feuchte bestimmt und aus den Werten den trockenen Kornertrag errechnet. In der Literatur findet man Ertragsangaben in Erntefeuchten von zehn oder 15 Prozent beim Korn und 30 % bei der Biomasse. Um eine einheitliche Linie zu verfolgen, werden alle Erträge in der vorliegenden Arbeit mit 0 % Feuchte, also in reiner Trockenmasse, angegeben.

5.2.6. Pflanzenfraktionen

Am 28. Oktober 2013 wurden von Laufmetern entsprechend einem Quadratmeter pro Parzelle die Ganzpflanzen geerntet und trocken gestellt. Diese Pflanzen wurden am 11. Dezember 2013 in die Fraktionen Stängel, Blatt, Kolben, Kolben ohne Lieschblätter, Körner und Spindeln aufgeteilt. Jede Fraktion wurde gewogen, somit konnten Anteile errechnet werden. Durch die lange einheitliche Lagerung wurde ein Feuchtegehalt von 15 % für die Pflanzenteile angenommen. Aus diesen Daten wurde auch der Harvest Index errechnet. Der Harvest Index wird als Verhältnis der nutzbaren Pflanzenmasse (hier: Korn) zur Ganzpflanzenmasse (nutzbare und nicht nutzbare Pflanzenteile) definiert (vg. LAMIDI, 2013, 174).

5.2.7. Kolbenlänge

Vor dem Reibeln der Kolben aus der letzten der drei Kolbenproben wurde für jeden Kolben die Länge bestimmt.

5.2.8. Visuelle Bonitur des Pilzbefalles an den Kolben

Vor dem Reibeln von den drei Kolbenproben pro Parzelle wurde die Stärke des Pilzbefalles visuell bonitiert. Dies erfolgte mittels Bewertungsskala, von eins bis neun, wobei eins kein Befall bedeutete und neun sehr starker Befall bedeutet. Eine genaue Bestimmung der jeweiligen Pilze konnte aus zeitlichen Gründen nicht durchgeführt werden. Tabelle 4 veranschaulicht das Bewertungsschema.

Tabelle 4 Schema für die visuelle Pilzbonitur.

Note	1	5	9
Foto			
Erklärung	<i>Abbildung 6 Kein Pilzbefall an Kolben der Parzelle 1848 (DS 75).</i>	<i>Abbildung 7 Mäßiger Pilzbefall an Kolben der Parzelle 1846 (EK 40).</i>	<i>Abbildung 8 Starker Pilzbefall an einem Kolben der Parzelle 1853 (EK 40).</i>

5.2.9. Sonstige pflanzenschutzrelevante Organismen

Schädigungen durch Maiszünsler und Maiswurzelbohrer sind augenscheinlich gleichmäßig über alle Parzellen aufgetreten. Auf Grund dieser subjektiven Feststellung, wurde für diese Merkmale keine Bonitur durchgeführt. Einen ähnlichen Sachverhalt konnte für Maisbeulenbrand festgestellt werden. Der Befall war an den Rändern der Parzellen am höchsten. Eine Bonitur war für dieses Merkmal nicht möglich, da bis zur Ernte hin noch neue Gallengebilde aufgetreten sind, während sie bei anderen Pflanzen schon abgefallen waren.

Eine Auswirkung der verschiedenen Faktoren auf die Unkrautunterdrückung konnte durch die erfolgreiche Unkrautbekämpfung im sechs-Blattstadium nicht ausgemacht werden. Bis zur Ernte hin waren kaum Beikräuter anzutreffen.

5.3. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der im Versuch aufgenommenen Daten erfolgte mit IBM SPSS Statistics 21.

Für die statistische Datenanalyse wurde das Modell GLM herangezogen, um Unterschiede in der Pflanzenentwicklung und dem Ertrag, welche auf die variierende Pflanzendichte zurückzuführen sind, auszuschließen. Deshalb wurden die Messwerte mit der Kovariate mittlere Pflanzenzahl pro Quadratmeter verrechnet.

Die Grundgesamtheit für die Untersuchungen beträgt in der Regel 18, pro Parzelle je ein Wert. Durch Trockenheitsschäden, welche ab der Blütenentwicklung in der Parzelle 1857 aufgetreten sind, wurde diese aus der Ertragsauswertung herausgenommen. Durch die fehlende Kornausbildung lag für diese Parzelle die Kolbenzahl und der Kornertrag bei null. Der Biomassertrag war im Vergleich zu allen anderen Parzellen als unzureichend zu bezeichnen. Schon ein geringer Wassermangel führt in der Hauptentwicklungszeit zu erheblichen Schäden (vg. RINTELEN, 1971, 43 und PIONEER, 2013, s.p.). Somit beträgt die Grundgesamtheit bei der Ertragsauswertung nur 17.



Abbildung 9 Erhebliche Trockenschäden auf einer Schotterlinse in der Parzelle 1857 am 9.08.13 (Tag 87).

Entsprechend dem Modell GLM werden im folgenden Unterschiede mit $p < 0,1$ als tendenziell, mit $p < 0,05$ als signifikant und mit $p < 0,01$ als hochsignifikant angesehen.

6. Ergebnisse und Diskussion

6.1. Maschinenbezogene Parameter

6.1.1. Ablagetiefe

Bei der Ablagetiefe konnten tendenzielle Unterschiede zwischen den beiden Anbaumaschinen festgestellt werden. Im Schnitt lagen die Keimlinge bei der Drillsaat um 0,72 cm tiefer. Zurückzuführen ist dies wahrscheinlich auf eine leichte Abweichung in der Tiefeneinstellung der Sämaschinen und des durch den Reifenpacker besser rückverfestigten Saatbeetes bei der Pöttinger Terrasem.

6.1.2. Verteilgenauigkeit

6.1.2.1. Längsverteilung

Der Vergleich des Anteils an Maiskörnern, welche in einem akkuraten Abstand abgelegt wurden, weist höchst signifikante ($p < 0,01$) Unterschiede zwischen der Verteilgenauigkeit der beiden untersuchten Maschinen. Die Drillsaatmaschine, Pöttinger Terrasem R3, war dem Einzelkornsägerät, Matermacc MS 8230, deutlich unterlegen. Bei der Einzelkornsaat lag der Anteil an akkuraten Abständen bei 86,8 % und bei der Drillsaat lag dieser Wert bei lediglich 36,5 %. In Abbildung 10 wird der Anteil an akkurater Ablage im ersten Boxplot pro Variante dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die in Einzelkornsaat angebauten Parzellen über 76,5 % liegen und die in Drillsaat angebauten Parzellen unter 53,9 % liegen. Bei der Einzelkornsaat auf 50 cm Reihenabstand ist bei der Doppelbelegung eine große Fehlervarianz festzustellen. Dies ist auf die Parzelle 1854 als Ausreißer zurückzuführen. Die Parzelle 1854 wurde als erste mit der Einzelkornsämaschine angebaut und die Abstreifer, welche doppelt abgelegte Maiskörner verhindern sollen, wurden in Parzelle 1854 nochmals nachgestellt. Der Anteil der doppelt abgelegten Körner liegt mit 17,7 % für Parzelle 1854 deutlich über dem Durchschnitt aller Einzelkornsaat-Parzellen von 9,0 %. Der Anteil an doppelt abgelegten Körnern liegt bei der Drillsaat mit 43,8 % im Schnitt hochsignifikant ($p < 0,01$) höher als bei der Einzelkornsaat. Der durchschnittliche Anteil an Fehlstellen (gelb dargestellt) beträgt 19,7 % bei der Drillsaat und 4,2 % bei der Einzelkornsaat. Beide Werte unterscheiden sich auch hochsignifikant bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit von unter 0,01. Die guten Werte der Längsverteilung bei der Einzelkornsaat entsprechen den in der Literatur gefundenen Werten.

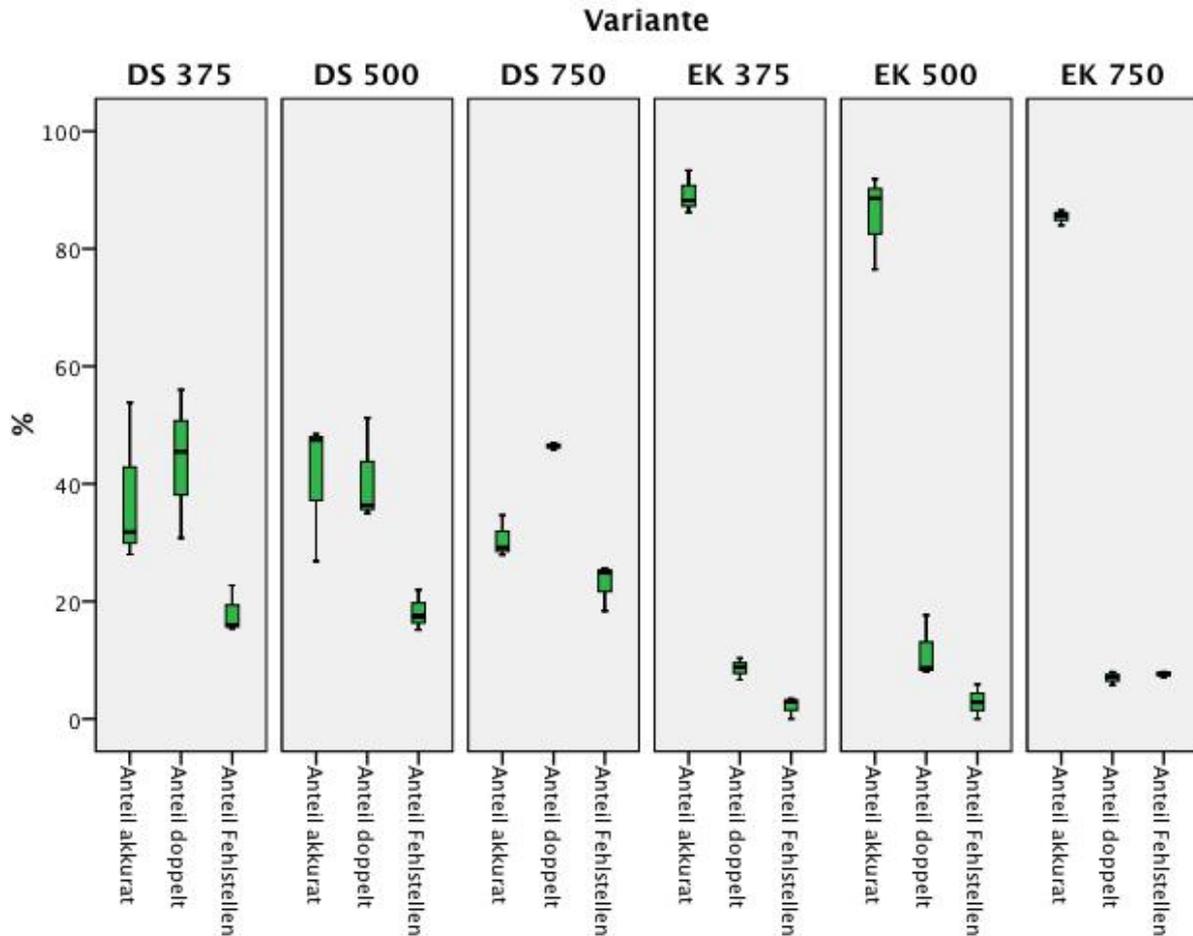


Abbildung 10 Boxplots der Anteile an akkuraten und doppelten Abständen, sowie an Fehlstellen.

Diese Werte decken sich mit dem optischen Erscheinungsbild im Feld. Bei der Drillsaat kam es zu Häufchenbildung, da die Körner nicht optimal vereinzelt wurden. Nach Einschätzung des Autors sollte eine höhere Fahrgeschwindigkeit, sowie ein sich schneller drehendes Zellenrad in Verbindung mit einer geringeren Gebläsedrehzahl Abhilfe schaffen können. Das wichtigste Kriterium sollte hier die Verdoppelung der Arbeitsgeschwindigkeit darstellen. Diese bringt auch eine Verdopplung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Zellenrades mit sich. Diese praxisübliche Arbeitsgeschwindigkeit konnte jedoch wegen der Parzellengröße nicht genutzt werden.



Abbildung 11 Verteilung in der Parzelle 1845 (DS 37,5) am 6.06.13 (Tag 23).

6.1.2.2. Querverteilung

Die beiden Anbaumaschinen unterscheiden sich auch für das Kriterium Querverteilung hochsignifikant ($p < 0,01$). Bei der Einzelkornsaat konnte im Schnitt für 94,2 % der Parzellen eine Variation der Pflanzenzahlen pro Reihe zwischen 90 % und 110 % des Durchschnittes eingehalten werden. Bei der Drillsaat hingegen konnten nur 45,2 % der Werte dieses Qualitätskriterium erfüllen. Die Ursache hierfür liegt im mechanisch-pneumatischen Verteilsystem. Der Luftstrom folgt bevorzugt dem einfachsten Weg. Durch die ungenaue Passform der Einsätze für den Verteilerkopf können sich hier schon Unterschiede ergeben haben. Erschwerend kommt hinzu, dass das Zellenrad jeweils ein bestimmtes Volumen an Körnern gleichzeitig in den Luftstrom einleitet und diese sich im Luftstrom kaum voneinander trennen und zusammen im Verteilerkopf ankommen. Dort folgen sie wiederum dem vom Luftstrom bevorzugten Weg. Eine gleichmäßigere Dosierung des Saatgutes und eine Optimierung des Luftstromes wären zwei zu verfolgende Ziele. Entgegen der Erwartung konnte kein Zusammenhang zwischen Reihenweite und Qualität der Querverteilung bei der Drillsaat nachgewiesen werden.

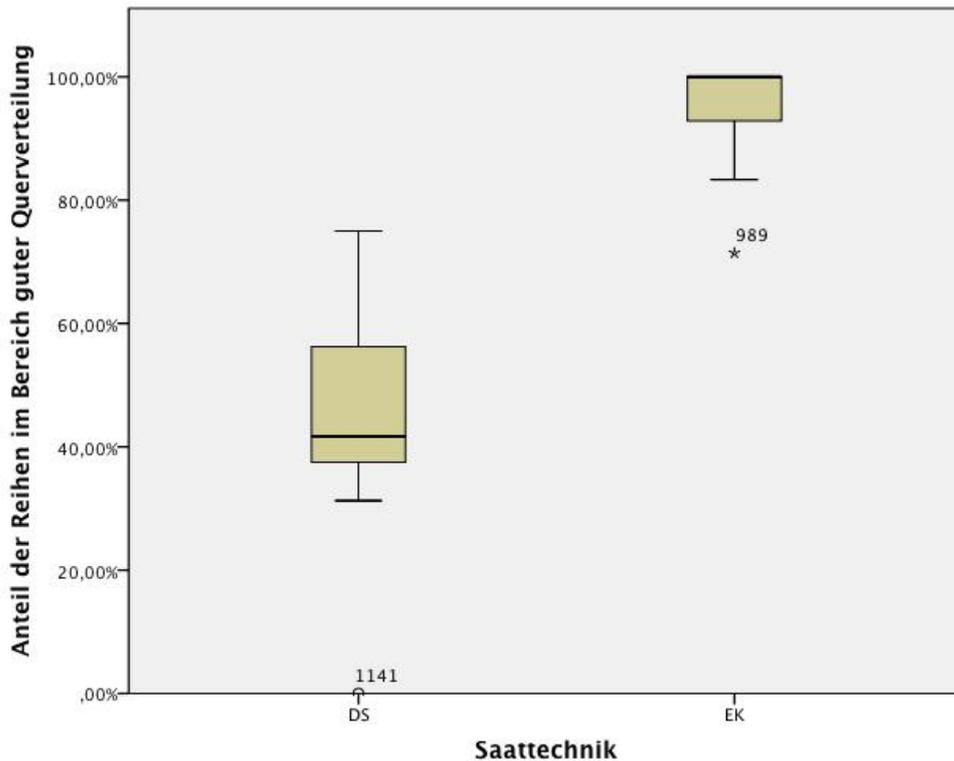


Abbildung 12 Boxplot des Anteils an Reihen, welche im Bereich einer guten Querverteilung liegen .

Allgemein wäre bei der Pöttinger Terrasem der Luftfluss zwischen Injektor und Verteilerkopfauslässen nochmals genauer zu untersuchen. Es sollte Möglichkeiten geben, die Kornaggregationen durch gezielte Verwirbelungen zu vermeiden und somit eine bessere Verteilung zu gewährleisten. Abbildung 13 zeigt, wie das Steigrohr zum Verteilerkopf bei Maschinen von Mitbewerbern im Vergleich zur Pöttinger Terrasem konstruiert ist, um genau diese gezielten Verwirbelungen zu erreichen. Beim Centurion von Great Plain wurden in der oberen Hälfte des senkrechten Teiles des Steigrohres wiederholte Einbuchtungen angebracht. Bei der Horsch Pronto und der Farmet Premium Strip sind Einschnürungen angebracht. Bei der Farmet Premium Strip sind die ersten beiden Einschnürungen schon deutlich tiefer angesetzt als bei den Maschinen von Horsch und Great Plains. Damit ist die Länge, auf welcher verwirbelnde Strukturen angebracht sind, deutlich größer und die Anzahl verwirbelnder Strukturen deutlich höher.

Pöttinger	Great Plains	Horsch	Farmet
Terrasem	Centurion	Pronto	Premium Strip
Glattes Steigrohr bei der Pöttinger Terrasem (Pöttinger).	Einbuchtungen bei der Great Plains Centurion (eigenes Foto).	Einschnürungen bei der Horsch Pronto (eigenes Foto).	Einschnürungen bei der Farmet Premium Strip (eigenes Foto).
			

Abbildung 13 Steigrohrdesigns bei verschiedenen mechanisch-pneumatischen Sämaschinen.

6.1.2.3. Bestandesdichte

Die Bestandesdichte wurde zum einen aus den Daten der Querverteilung {B} und zum anderen bei der Ernte der Laufmeter {A} bestimmt. Zur statistischen Analyse wurden die Ergebnisse der beiden Messmethoden gewichtet gemittelt. Die Methode der fünf Meter wurde mit zwei gewichtet und die Methode der Laufmeter entsprechend einem Quadratmeter wurde mit eins gewichtet $\{(A+2B)/3\}$. Die fünf Meter entsprechen je nach Variante zwei bis drei Quadratmetern. Weiters war bei dieser Methode eine unbewusste Auswahl optimaler Reihenabschnitte nicht möglich.

Tabelle 5 Bestandesdichten aus 2 Messmethoden und ihr gewichteter Mittelwert.

Variable	N	Min	Max	Mittelwert	Standartabw.
Laufmeter (Ernte) {A}	18	5,71	9,00	7,70	0,83
2x5 Meter (Längsverteil.) {B}	18	5,73	9,60	7,20	0,94
Bestandesdichte $(A+2B)/3$	18	5,71	8,47	7,22	0,68

Aus diesen Daten lassen sich weder für die Saattechniken, noch für die Reihenabstände Unterschiede in der Pflanzendichte pro Quadratmeter feststellen. Auch Wechselwirkungen zwischen Saattechnik und Reihenabstand konnten nicht nachgewiesen werden. Zusammenfassend kann behauptet werden, dass die Pflanzendichte für alle Parzellen zwischen

Ergebnisse und Diskussion

5,71 und 8,47 Pflanzen im Schnitt liegt. Es liegen zwar hohe Standardabweichungen vor, trotzdem konnte keine Auswirkung der Faktoren gefunden werden. Im Schnitt liegen die Werte nahe der gewünschten Pflanzendichte von sieben Pflanzen pro Quadratmeter. Trotzdem wird in den weiteren Untersuchungen die Bestandesdichte $\{(A+2B)/3\}$ als Kovariate ins Modell GLM aufgenommen.

Tabelle 6 Erhobene Bestandesdichten im Vergleich zur errechneten Saatstärke.

Variante	EK 75	DS 75	EK 50	DS 50	EK 37,5	DS 37,5
Errechnete Saatstärke	7,3	7,8	7,0	7,8	7,0	7,8
% von EK 75	100	107	96	107	96	107
Erhobene Bestandesdichte	7,2	6,8	7,2	7,6	7,7	6,9
% von EK 75	100	94	100	106	107	95,8

6.2. Pflanzenbezogene Parameter

6.2.1. Bodenbedeckung

Datum (Tag)	14.06.2013 (31)	18.06.2013 (35)	28.06.2013 (45)	7.08.2013 (55)
Bild				

Abbildung 14 Bodenbedeckung im Verlauf der ersten 55 Tage nach der Saat in Parzelle 1841 (DS 75).

Über die ersten zwei Monate hinweg hatten die Reihenabstände einen hoch signifikanten Einfluss auf den Bodendeckungsgrad. Nach 31 Tagen lag dieser im Schnitt bei 7,96 %. Am geringsten war er bei 50 cm Reihenabstand mit 7,19 % und am höchsten bei 37,5 cm Reihenabstand mit 8,98 %. Leicht unterm Schnitt lagen die Varianten auf 75 cm Reihenabstand mit 7,72 %. Zwischen den Saatechniken gab es keine signifikanten Unterschiede, aber mit $p=0,001$ hochsignifikante Unterschiede durch Wechselwirkungen zwischen Saatechnik und Reihenabstand. Bei Drillsaat auf 37,5 cm liegt der Bodendeckungsgrad bei 9,80 %. Bei Einzelkornsaat auf 37,5 cm und 75 cm und bei Drillsaat auf 75 cm sind die Werte fast ident mit 8,17 %, 8,21 % und 8,20 %. Die Varianten mit 50 cm Reihenabstand weisen zu dem Zeitpunkt den geringsten Bodendeckungsgrad, mit 7,08 % bei Einzelkornsaat und 7,30 % bei Drillsaat, auf.

Nach 35 Tagen liegt der Durchschnitt bei 17,84 % und alle Faktoren wirken sich signifikant aus. Die Saatechniken unterscheiden sich signifikant mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $p=0,044$ und die Pflanzenzahl hat mit $p=0,035$ einen Einfluss auf den Bodendeckungsgrad. Reihenabstand und Saatechnik*Reihenabstand haben einen höchstsignifikanten Einfluss auf den Bodendeckungsgrad. Am geringsten ist der Bodendeckungsgrad bei Drillsaat auf 75 cm Reihenabstand mit 14,21 %. Am höchsten ist er bei Drillsaat auf 37,5 cm mit 21,28 %. Einzelkornsaat auf 37,5 cm und 75 cm liegen haben fast gleiche Bodendeckungsgrade mit 18,91 % und 18,54 %. Die Werte bei den Reihenabständen von 50 cm liegen noch immer unterm Schnitt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Messung nach 45 Tagen hat die Pflanzendichte mit $p=0,051$ einen tendenziellen Einfluss auf den Bodenbedeckungsgrad, während der Einfluss der Reihenabstände weiterhin höchstsignifikant ist. Im Durchschnitt liegen die Werte nun bei 43,20 %. Am schlechtesten schneidet weiterhin die Variante Drillsaat auf 75 cm mit 31,84 % ab. Am besten schneidet die Variante Einzelkornsaat auf 37,5 cm Reihenabstand mit 50,85 % ab. Dazwischen reihen sich Einzelkornsaat auf 75 cm, Drillsaat auf 50 cm, Drillsaat auf 37,5 cm und Einzelkornsaat auf 50 cm, nach mit Bodenbedeckungsgraden von jeweils 35,96 %, 43,81 %, 47,34 % und 49,42 %.

Auffällig bei der Messung am 45. Tag ist, dass Saattechnik*Reihenabstand eine sehr hohe Fehlerwahrscheinlichkeit aufweist. Die Daten weisen an diesem Tag eine erhöhte Streuung auf. Eine mögliche Ursache könnte in der Witterung an den Tagen vor der Messung zu finden sein. So lagen die Tagesmitteltemperaturen an den drei Tagen vor der Messung mit 14,8 °C, 14,2 °C und 13,6 °C und am Tag der Messung mit 15 °C deutlich unterm Monatsschnitt von 18,8 °C. Kräftige Niederschläge gab es am vierten und fünften Tag vor der Messung. Diese meteorologischen Umstände könnten einen Einfluss auf die Blattstellung der Pflanzen gehabt haben und die Streuung der Messwerte hervorgerufen haben.

Bei der letzten Messung nach 55 Tagen wirken sich die Faktoren Saattechnik und Reihenabstände höchstsignifikant und die Wechselwirkung Saattechnik*Reihenabstand signifikant mit $p=0,021$ auf den Bodenbedeckungsgrad aus. Die Werte liegen zwischen 64,28 % bei Drillsaat auf 75 cm und 86,00 % bei Einzelkornsaat auf 50 cm. Drillsaat mit 75 cm Reihenweite zeigt weiterhin den geringsten Wert auf. Drillsaat auf 50 cm, als nächstgereichte Variante, zeigt einen 13,27 % höheren Wert auf. Danach folgen mit aufsteigender Bodenbedeckung Drillsaat auf 50 cm, Drillsaat auf 37,5 cm und Einzelkornsaat auf 37,5 cm. Einzelkornsaat auf 50 cm weist mit 86 % den höchsten Bodenbedeckungsgrad auf.

Betrachtet man die Entwicklung der Bodenbedeckungsgrade im Laufe des Messzeitraums, fällt auf, dass die Variante Drillsaat bei 50 cm Reihenweite sich an zweiter (oder dritter) Stelle behaupten kann. Die Variante Drillsaat auf 75 cm hingegen fällt aus dem Mittelfeld auf die Position mit dem geringsten Wert zurück und dies ab der zweiten Messung. Einzelkornsaat auf 37,5 cm hingegen kommt ab der zweiten Messung aus dem Mittelfeld auf die Position mit dem höchsten (zweit-) Wert und löst damit die Variante Drillsaat auf 37,5 cm ab.

Ergebnisse und Diskussion

Es ist davon auszugehen, dass bei den späteren Aufnahmen Blattstellungsunterschiede und schnelleres Höhenwachstum bei den Drillsaatvarianten (siehe Punkt 5.2.3) einen Einfluss hatten.

Tabelle 7 Signifikanzen für den Bodenbedeckungsgrad im Verlauf der Entwicklung.

Datum (Tage nach Saat)	Signifikanzen (n=18) sign. <0,050			
	Saattechnik	Reihenabstand	Saattechnik* Reihenabstand	Pflanzendichte
14.06.2013 (31)	0,299	<0,001	0,001	0,163
18.06.2013 (35)	0,044	<0,001	<0,001	0,035
28.06.2013 (45)	0,161	<0,001	0,966	0,510
08.07.2013 (55)	<0,001	<0,001	0,021	0,133

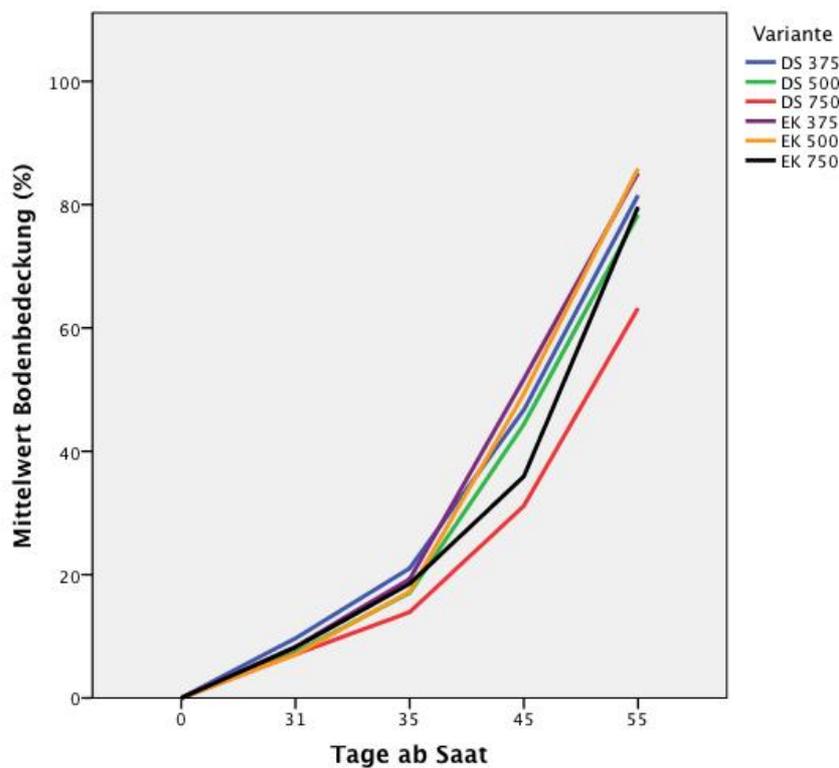


Abbildung 15 Verlauf des Bodenbedeckungsgrades ab der Saat.

6.2.2. Leaf Area Index (LAI)

Die Werte der Leaf Area Index (LAI)-Messungen sind nur bedingt verwertbar. Im Durchschnitt liegt die zweite Messung unter der ersten. Eigentlich sollte sie höher sein. Auch hier kann wieder die Trockenheit die Blattstellung beeinflusst haben. Laut der statistischen Auswertung hat der Reihenabstand einen hochsignifikanten Einfluss auf den LAI. Bei der ersten Messung hatten auch die Wechselwirkungen zwischen Saattechnik und Reihenabstand einen signifikanten Einfluss auf den LAI.

Zur Überprüfung der Messwerte wurde ein Vergleich mit den Bodenbedeckungsgraden durchgeführt. Beide Messmethoden beziehen sich auf Blattflächen, geben jedoch unterschiedliche Werte aus, somit wurde eine Variantenreihung als Vergleichsmethode gewählt.

Die Reihung der LAI-Werte bei der zweiten Messung entspricht ungefähr der Reihung der Bodenbedeckungsgrade der letzten Bodenbedeckungsmessung, welche einen Monat zuvor durchgeführt wurde. Dies spricht für die Qualität der Messung der Bodenbedeckungsgrade und der zweiten LAI-Messung. Somit wäre die erste LAI-Messung zu verwerfen.

Auffällig bei der ersten Messung ist der Wert für Drillsaat bei 50 cm Reihenabstand. Er liegt sehr deutlich über allen anderen. Bei der zweiten Messung zeigt Einzelkornsaat auf 50 cm Reihenabstand den höchsten Wert.

Tabelle 8 Signifikanzen für den Leaf Area Index.

Datum (Tage nach Saat)	Signifikanzen (n=18) sign. <0,050			
	Saattechnik	Reihenabstand	Saattechnik* Reihenabstand	Pflanzendichte
20.07.2013 (67)	0,960	0,005	0,015	0,471
05.08.2013 (83)	0,211	0,001	0,327	0,658

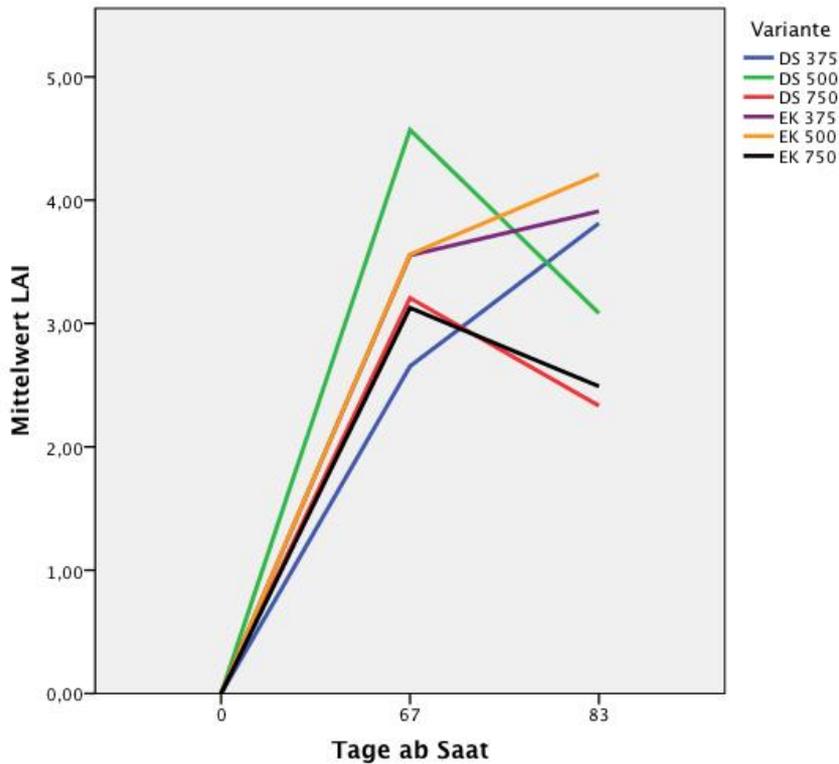


Abbildung 16 LAI-Verlauf ab der Saat.

6.2.3. Pflanzenlänge

Am 55. Tag nach der Saat waren die Unterschiede der Pflanzenhöhen in Abhängigkeit vom Reihenabstand nicht signifikant und somit nur tendenziell ($p=0,051$) gegeben. Im Mittel waren die Pflanzen 103 cm hoch. Bei den Drillsaatvarianten waren es im Schnitt 102 cm und bei den Einzelkornsaatvarianten 103 cm.

Am 86. Tag nach der Saat haben sich die Faktoren Saattechnik ($p=0,004$) und Reihenweite ($p<0,001$) hoch signifikant auf die Pflanzenhöhe ausgewirkt. Bei den Einzelkornvarianten betrug die Pflanzenlänge im Schnitt 271 cm und bei den Drillsaatvarianten 283 cm. Der Durchschnitt aller Varianten betrug 277 cm. Bei 37,5 cm Reihenabstand betrug die Pflanzenlänge im Schnitt 270 cm, bei 50 cm 271 cm und bei 75 cm 291 cm.

Am 99. Tag waren die Maispflanzen im Schnitt 269 cm hoch. Signifikante ($p=0,014$) Unterschiede gab es wiederum auf Grund der Reihenabstände. Bei 37,5 cm Reihenabstand betrug die Pflanzenlänge 269 cm, bei 50 cm 262 cm und bei 75 cm 278 cm.

Bei der Ernte am 167. Tag sorgten Saattechnik für signifikante ($p=0,020$) und abermals Reihenweite für hoch signifikante ($p=0,009$) Unterschiede zwischen den Pflanzenlängen. Die Pflanzenlänge lag im Schnitt bei 266,8 cm. Bei den Drillsaatvarianten betrug die

Ergebnisse und Diskussion

Pflanzenlänge im Schnitt 272 cm und bei den Einzelkornsaatvarianten 262 cm. Bei 37,5 cm Reihenabstand betrug die Pflanzenlänge 273 cm, bei 50 cm 258 cm und bei 75 cm 270 cm.

Tabelle 9 Signifikanzen für die Pflanzenlängen im Laufe des Versuches.

Datum (Tage nach Saat)	Signifikanzen (n=18) sign. <0,050			
	Saattechnik	Reihenabstand	Saattechnik* Reihenabstand	Pflanzendichte
08.07.2013 (55)	0,570	0,051	0,185	0,393
08.08.2013 (86)	0,004	<0,001	0,149	0,572
21.08.2013 (99)	0,816	0,014	0,449	0,186
28.10.2013 (167)	0,020	0,009	0,228	0,612

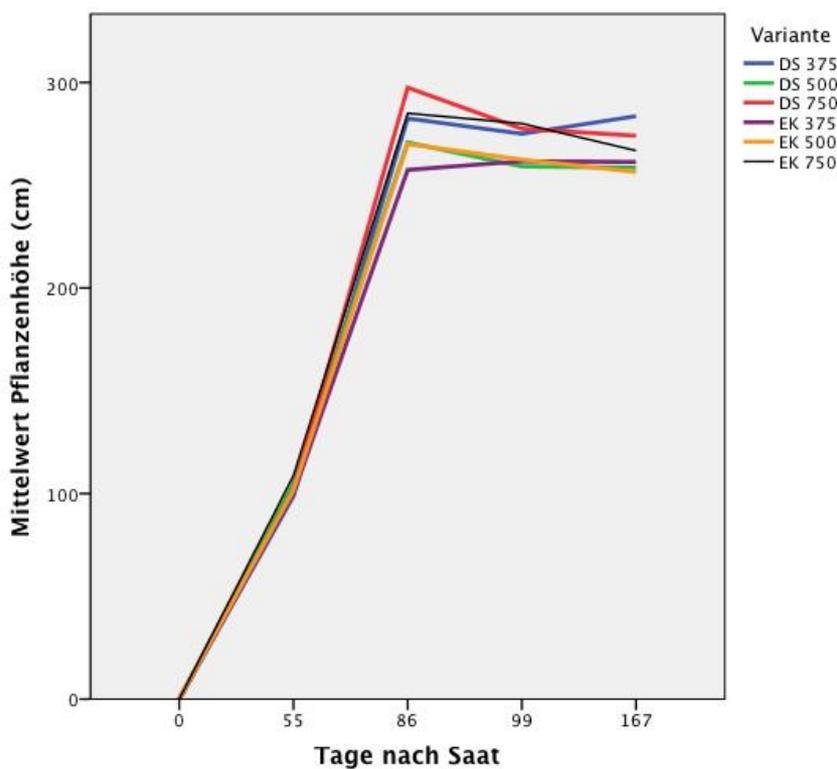


Abbildung 17 Höhenwachstum ab der Saat.

Für diesen Versuch kann man sagen, dass ab dem 2. Monat die Reihenabstände einen signifikanten Einfluss auf das Höhenwachstum hatten. Die Saattechnik hatte nur am 86. Tag und zur Ernte einen signifikanten Einfluss auf die Pflanzenlängen. Eine Wechselwirkung zwischen Saattechnik und Reihenabständen konnte nicht nachgewiesen werden. Ebenso hatte die Pflanzendichte keinen Einfluss auf das Längenwachstum. Die Drillsaatvarianten waren ab dem zweiten Monat länger als die Einzelkornsaatvarianten. Der Grund hierfür lag an der unter Punkt 6.1.2.1 nachgewiesenen Häufchenablage. Die enger stehenden Pflanzen konkurrierten so um das Licht und hatten ein intensiveres Längenwachstum als die Pflanzen, welche in

gleichmäßigen Abständen standen. Die gleichmäßig abgelegten Körner entwickelten kürzere und wuchtigere Pflanzen und erzielten so gleichwertige Erträge.

6.2.4. Biomasseertrag und Erntefeuchte

Bei der Auswertung des Ertrages und der Ertragskomponenten wurde die Parzelle 1857 aufgrund von Trockenheitsschäden ausgeschlossen. Daraus ergibt sich im Folgenden eine Grundgesamtheit von 17 Werten.

Zwischen den Biomasseerträgen, welche wegen des Kapazitätsengpasses in den Trockenschränken in zwei Wochen Abstand geerntet wurden, konnten keine Unterschiede festgestellt werden. So wurde für die Auswertung der Mittelwert von allen vier Proben herangezogen. Die Abbildung 18 zeigt deutlich, dass die Biomasseerträge für alle Varianten sehr ähnlich waren. Zwischen Drillsaat und Einzelkornsaat konnte kein Unterschied nachgewiesen werden, die Erträge betragen im Schnitt über alle Reihenabstände 19,95 t/ha und 20,01 t/ha jeweils. Auch bei den einzelnen Reihenabständen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Der Durchschnittsertrag für 37,5 cm Reihenabstand betrug 19,92 t/ha, für 50 cm betrug er 20,31 t/ha und für 75 cm betrug er 19,71 t/ha.

Im paarweisen Vergleich konnten signifikante Abweichungen zwischen Einzelkornsaat bei 50 cm Reihenabstand und Drillsaat bei 50 cm Reihenabstand festgestellt werden. Die Erträge betragen jeweils 21,29 t/ha und 19,33 t/ha und unterschieden sich mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit $p=0,045$ (a). Weiters unterschieden sich die Varianten Einzelkornsaat auf 37,5 cm und Einzelkornsaat auf 50 cm mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $p=0,034$ (b) von einander. Der Biomasseertrag betrug 18,56 t/ha und 21,29 t/ha. Eine Interaktion mit der Pflanzendichte konnte nicht nachgewiesen werden.

Bei den Trockensubstanzgehalten schauen die Ergebnisse ähnlich aus. Die Werte liegen dicht beieinander und lediglich die Drillsaat auf 75 cm überragt mit 31,05 % die Einzelkornsaat auf 75 cm mit 28,75 % bei $p=0,069$ (c) und die Einzelkornsaat auf 37,5 cm mit 29,02 % bei $p=0,095$ (d) signifikant. Dies lässt vermuten, dass die weite Reihe mit Lücken und Häufchen bei der Drillsaat eine schnellere Abtrocknung und Abreife zulässt. In Verbindung mit dem geringsten durchschnittlichen Ertrag im Versuch könnte diese Vermutung schon während der Entwicklung der Pflanzen zugetroffen haben und zu einem erhöhten Trockenstress geführt haben, welcher diesen Ertragsrückstand begründen könnte. Wenn man sich die Werte jedoch genauer anschaut, fällt auf, dass bei dieser Variante auch der zweithöchste Biomasseertrag im

Versuch geerntet wurde. Die Werte sind bei dieser Variante am stärksten gestreut und somit ist jede Schlussfolgerung auf Basis vom Durchschnitt wenig sinnvoll.

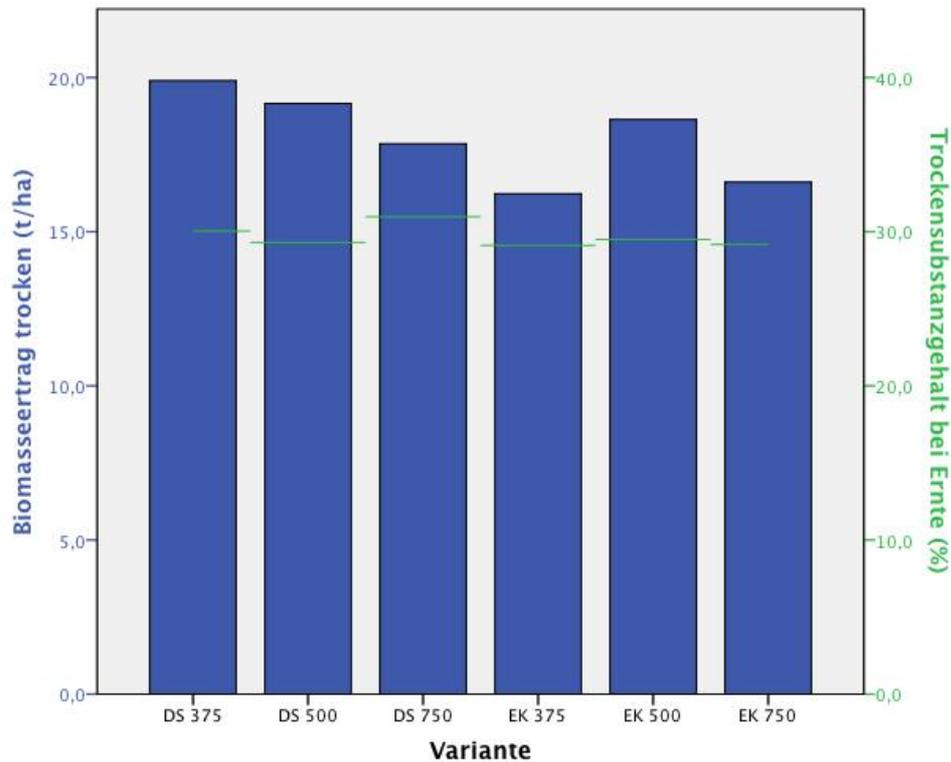


Abbildung 18 Biomasseerträge und Trockensubstanzgehalte gemittelt je Variante.

Die Aussage dieser Werte geht in die gleiche Richtung wie die Einschätzung von UPPENKAMP (2007,26), welcher einen Ertragsvorteil von 10 % zu Gunsten von Drillsaat auf 37,5 cm im Vergleich mit Einzelkornsaat 75 cm feststellen konnte. In dieser Untersuchung sind es 5,5 % im Schnitt, aber statistisch nicht abgesichert. Dieser Unterschied deckt sich auch mit den Feststellungen von HÖNER (2002, 111), aber auch hier waren die Unterschiede so gering, dass keine statistische Absicherung möglich war.

Das schlechte Abschneiden der Einzelkornsaat auf 37,5 cm ist höchstwahrscheinlich auf den Anbau von zwei Reihen von sieben genau in der Traktorspur zurückzuführen. Bei diesen Reihen war der Boden stärker verdichtet. Diese Reihen sind dadurch später aufgelaufen und wurden während der nass-kühlen Phase im Juni stärker beeinträchtigt als die anderen Reihen. Es kam sogar dazu, dass in den Reihen das Regenwasser stand und nicht abfließen konnte. So sollte bei der Einzelkornsaat entweder großvolumige Bereifung (auch Zwillingsbereifung) benutzt werden oder darauf geachtet werden, dass die Reihen zur Spur versetzt angebaut werden.

6.2.5. Kornertrag und Erntefeuchte

Die Kornerträge pro Parzelle bewegen sich zwischen 4,60 t/ha und 11,11 t/ha. Im Variantenschnitt bewegen sie sich zwischen 6,67 t/ha bei Einzelkornsaat auf 37,5 cm und 9,33 t/ha bei Drillsaat auf 75 cm Reihenabstand. Laut statistischem Modell gibt es tendenzielle Unterschiede zwischen den Reihenabständen bei $p=0,092$.

Die Trockensubstanzgehalte liegen alle zwischen 66,76 % bei Einzelkornsaat auf 37,5 cm und 68,21 % bei Einzelkornsaat auf 75 cm. Die Werte unterscheiden sich so wenig voneinander (2,2 %), dass hier eine genauere Untersuchung wenig zweckmäßig ist. Die statistische Auswertung in zeigt im Übrigen, dass die Werte sich nicht signifikant unterscheiden.

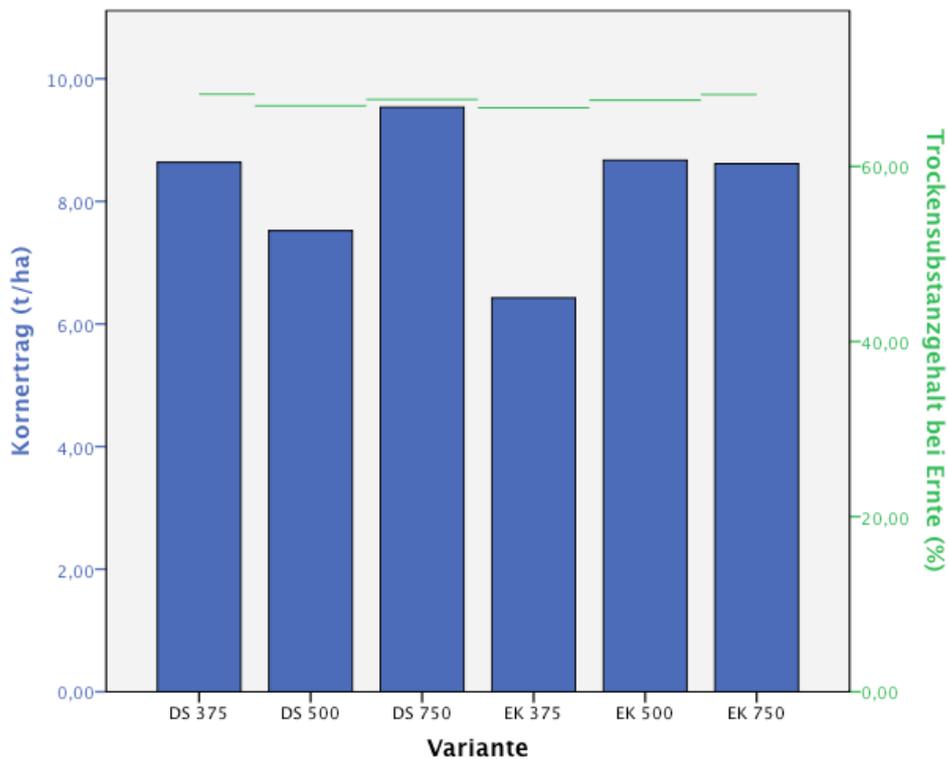


Abbildung 19 Kornerträge in t/ha (TM) und Trockensubstanzgehalte bei der Ernte gemittelt je Variante.

6.2.6. Pflanzenfraktionen

Unmittelbar vor der Kornernte wurden am 28. Oktober 2013 ein letztes Mal Ganzpflanzen aus dem Versuch entnommen um die einzelnen Pflanzenfraktionen zu bestimmen. Die Ganzpflanzenmasse pro Quadratmeter betrug trocken zwischen 14,51 und 24,05 t/ha. Beim Variantenschnitt bewegen sich die Werte zwischen 19,05 t/ha für Drillsaat auf 50 cm und 22,17 t/ha für Einzelkornsaat auf 75 cm. Die Werte unterscheiden sich nicht signifikant.

Die Variante Einzelkornsaat mit 75 cm Reihenweite zeigt den höchsten Ertrag aber auch den höchsten Stängelanteil mit 35,92 %. Am geringsten ist der Stängelanteil mit 22,21 % bei der Variante Einzelkornsaat auf 50 cm.

Der Blattanteil liegt zwischen 17,51 % für die Variante Drillsaat auf 37,5 cm und 20,58 % für die Variante Einzelkornsaat auf 37,5 cm. Der Durchschnitt liegt bei 20,58 %. Die Einzelkornsaat auf 37,5 cm unterscheidet sich tendenziell von der Drillsaat auf 75 cm. Die anderen Werte liegen dicht beieinander zwischen 18,07 % (EK 75) und 18,86 % (DS 37,5).

Der Kolbenanteil liegt zwischen 45,69 % bei Einzelkornsaat auf 37,5 cm und 59,44 % bei Einzelkornsaat auf 50 cm, mit einem Durchschnitt von 52,84 %. Einzelkornsaat auf 37,5 cm unterscheidet sich signifikant ($p=0,041$) von Einzelkornsaat auf 50 cm. Tendenzuelle Unterschiede gibt es zwischen Einzelkornsaat auf 37,5 cm und Drillsaat auf 75 cm, ebenso wie zwischen Einzelkornsaat auf 50 cm und Drillsaat auf 75 cm.

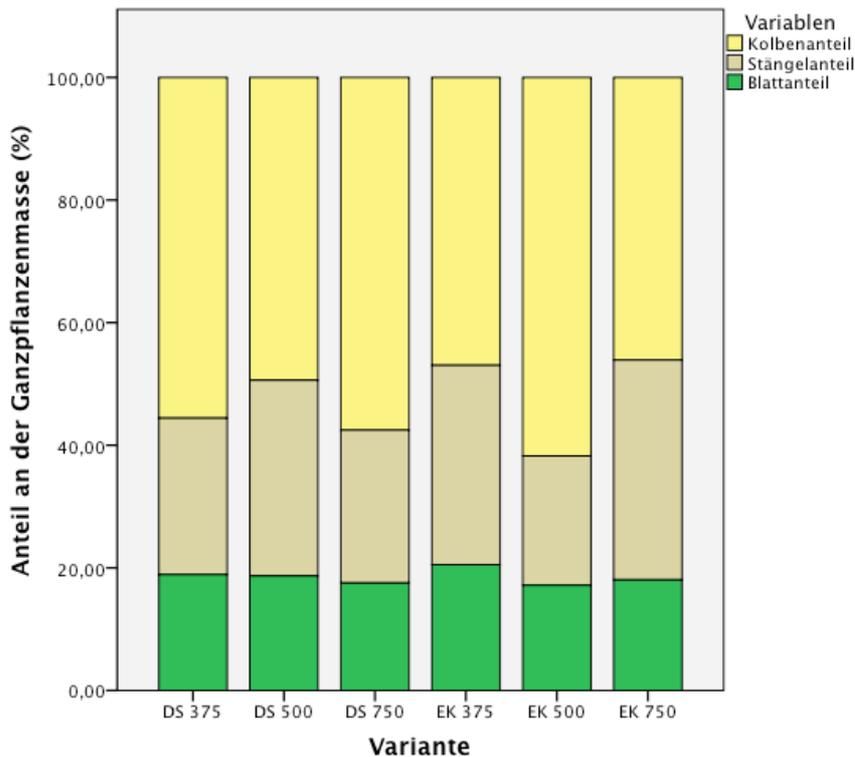


Abbildung 20 Zusammensetzung der Ganzpflanzenmasse zur Kornreife.

Die genauere Zusammensetzung des Kolbens, wie in Abbildung 21 dargestellt, zeigt mit 6,42 % einen hohen Spindelanteil bei der Variante Drillsaat auf 75 cm Reihenabstand. Der geringste Spindelanteil konnte bei Einzelkornsaat auf 50 cm mit 4,01 % berechnet werden. Im Schnitt lag er bei 5,81 %. Signifikant unterscheiden von einem Großteil der Varianten konnte sich Einzelkornsaat auf 75 cm bei einem Spindelanteil von 5,14 %. Sie unterscheidet sich signifikant von Einzelkornsaat auf 37,5 cm (5,30 %), Einzelkornsaat auf 50 cm (6,03 %), Drillsaat auf 50 cm (5,99 %) und Drillsaat auf 75 cm (6,42 %). Weiters unterscheidet sich Einzelkornsaat auf 37,5 cm (5,30 %) signifikant von Einzelkornsaat auf 50 cm Reihenabstand (6,03).

Beim Lieschblattanteil sticht die Variante Einzelkornsaat auf 37,5 cm mit dem höchsten Anteil von 7,14 % hervor. Sie unterscheidet sich signifikant von allen anderen Varianten, außer Einzelkornsaat auf 75 cm (5,37 %), wo nur eine Tendenz nachgewiesen werden konnte.

Der Harvest Index ist das Verhältnis zwischen dem abgeführten Erntegut und der Ganzpflanzenmasse. In diesem Fall bestimmt der Kornanteil pro Ganzpflanzenmasse den Harvest Index (HI). Der mittlere Harvest Index liegt bei 41,42 %. Die Werte liegen zwischen 34,95 % für Einzelkornsaat mit 37,5 cm Reihenweite und 46,51 % für Drillsaat auf 75 cm. Die Variante Einzelkornsaat auf 37,5 cm unterscheidet sich signifikant von der Variante

Einzelkornsaat auf 50 cm (45,92 %) und der Variante Drillsaat auf 75 cm (46,51 %) und tendenziell von Drillsaat auf 50 cm (41,62 %).

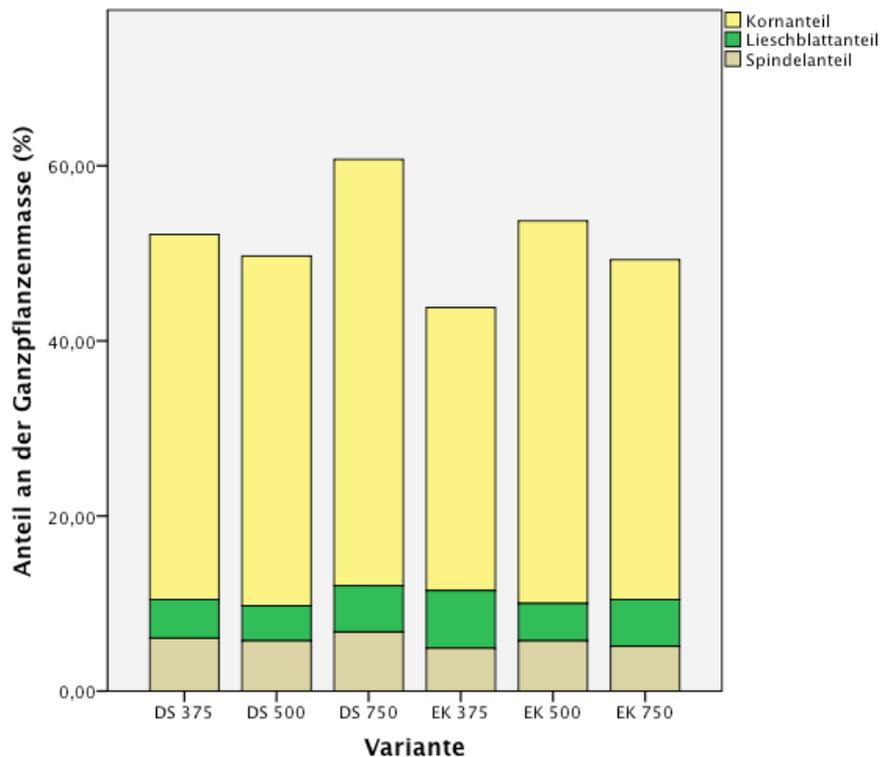


Abbildung 21 Zusammensetzung der Kolben im Verhältnis zur Ganzpflanzenmasse zur Kornreife.

6.2.7. Kolbenlänge

Die Variante Drillsaat auf 75 cm hat mit einer Länge von 17,88 cm die längsten Kolben hervorgebracht. Diese unterscheiden sich hochsignifikant von den Kolben der Varianten Drillsaat auf 37,5 cm (15,20 cm), Drillsaat auf 50 cm (14,83 cm) und Einzelkornsaat auf 75 cm (14,26 cm). Tendenziell sind sie auch länger, als die Kolben der Variante Einzelkornsaat auf 50 cm (16,43 cm). Einzelkornsaat auf 37,5 cm zeigt die zweitlängsten Kolben mit 16,67 cm. Diese sind signifikant länger als die der Varianten Drillsaat auf 50 cm (14,83 cm) und Einzelkornsaat auf 75 cm). Einzelkornsaat auf 75 cm hat zudem signifikant kürzere Kolben, als Einzelkornsaat auf 50 cm (16,43 cm).

Tabelle 10 Mittelwerte der Kolbenlängen je Variante (Buchstaben verbinden Werte, welche sich tendenziell von einander unterscheiden $p < 0,05$, fett gedruckte Buchstaben verbinden Werte, welche sich signifikant von einander unterscheiden $p < 0,01$).

Saattechnik (-saat)	Durchschnitt	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill
Reihenweite (cm)		37,5	37,5	50	50	75	75
Kolbenlängen (cm)	15,97	16,67 c, g	15,20 a	16,43 d, e, h	14,83 b, c, d	14,26 f, g, h	17,88 a, b, e, f

6.2.8. Visuelle Bonitur des Pilzbefalles an den Kolben

Bei den Werten von der Pilzbonitur sticht die Variante Einzelkornsaat auf 75 cm Reihenabstand deutlich hervor. Sie ist die einzige Variante, welche im Schnitt der Parzellen 1,0 als Pilzbonitur erreichte und somit die gesündesten Kolben hatte. Sie unterscheidet sich tendenziell mit $p=0,077$ (a) von der Drillsaat auf 37,5 cm und signifikant mit $p=0,019$ (c) von Drillsaat auf 50 cm und mit $p=0,001$ (f) von Einzelkornsaat auf 37,5 cm. Hier muss aber darauf hingewiesen werden, dass bei der Variante Einzelkornsaat auf 75 cm lediglich die Werte von zwei Parzellen in den Schnitt eingeflossen sind. Der Schnitt über alle Varianten liegt bei 1,60.

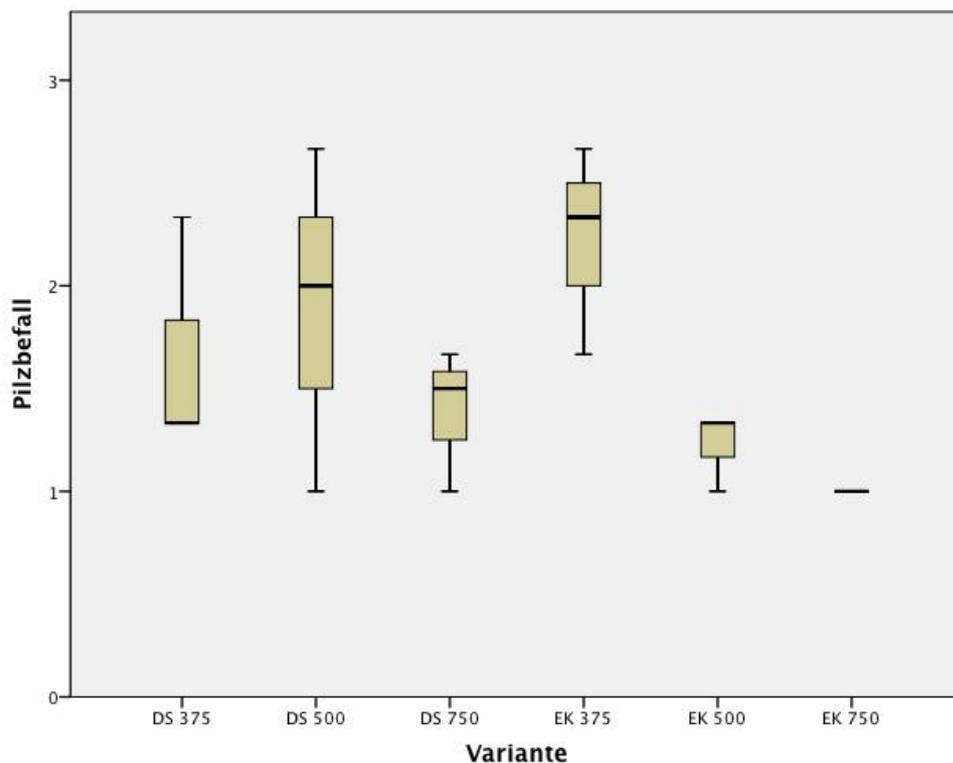


Abbildung 22 Boxplot der Intensität des Pilzebefalles (1-kein Befall bis 9-sehr starker Befall) je Variante.

Ergebnisse und Diskussion

Weiters sticht die Variante Einzelkornsaat auf 37,5 cm als am stärksten verpilzte Variante auf. Mit einem Wert von 2,2 liegt sie signifikant mit $p=0,014$ (d) über Drillsaat auf 75 cm, mit $p=0,003$ (e) über Einzelkornsaat auf 50 cm und mit $p=0,001$ (f) über Einzelkornsaat auf 75 cm Reihenabstand.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Luftzirkulation und die damit verbundene Abtrocknung im Maisbestand sehr wichtig ist, um Pilzinfektionen vorzubeugen. Die Variante Einzelkornsaat auf 37,5 cm Reihenabstand bildet sehr dichte Reihen, die vom Wind nicht mehr durchstrichen werden können. Bei der Drillsaat entfällt dieser Effekt durch die schlechte Längsverteilung, da so immer wieder freie Flächen entstehen, welche die Abtrocknung erleichtern. In feuchteren Gebieten ist auf jeden Fall darauf zu achten keine zu dichten Bestände in Einzelkornsaat anzubauen. Im Gegensatz dazu schneidet die Drillsaat auf 75 cm Reihenabstand möglicherweise durch die punktuell enger stehenden Pflanzen schlechter ab.

Es muss aber auch erwähnt werden, dass die Beregnung der sich in der Blüte befindenden Pflanzen, welche zu diesem Zeitpunkt unter Trockenstress litten, sicherlich auch einen positiven Einfluss auf den Pilzbefall hatte. Zum einen was Maisbeulenbrand betrifft, welcher sich in dieser Bonitur nicht niedergeschlagen hat und zum anderen, was *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. und *Nigrospora* spp., welche für die bonitierte Kolbenfäule verantwortlich zeichnen, betrifft (vg. AGES, s.a., s.p.).

6.2.9. Sonstige pflanzenschutzrelevante Organismen

Als positiv zu erwähnen ist, dass bei der Ernte einige von Schlupfwespen parasitierte Raupen des Maiszünslers in den Kolben zu finden waren. Ab Anfang August konnten Maiszünslerschäden im Versuch festgestellt werden. Zum gleichen Zeitpunkt konnten die ersten adulten Maiswurzelbohrer ausgemacht werden. Sie sorgten zusätzlich zur Trockenheit für Stress während der Blühphase.

Maisbeulenbrand wurde durch sein ununterbrochenes Auftreten nicht bonitiert. Gleiches gilt für Maiszünsler und Maiswurzelbohrer, welche ab Juli im Versuch anzutreffen waren.



Abbildung 23 Schäden durch Maisbeulenbrand und Maiszünsler, Maiswurzelbohrer und parasitierte Maiszünslerraupe.

7. Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Die unter Punkt 3 aufgestellten Arbeitshypothesen konnten nur bedingt belegt werden.

- Engere Reihenabstände führen zu einer schnelleren Bodenbedeckung, als weitere.

Über den ersten Monat konnten die engen Reihen mit 37,5 cm Abstand eine bessere Bodenbedeckung aufweisen. Nach dem 35. Tag erlangt die Variante Einzelkornsaat auf 50 cm Reihenabstand jedoch die höchsten Bodenbedeckungsgrade. Gleiches gilt für die LAI-Messung am 83. Tag nach der Saat. Die Bodenbedeckung erfolgt nach dem Aufgang schneller, aber Einzelkornsaat auf 50 cm erzielte später höhere Bodenbedeckungsgrade.

- Engere Reihenabstände erlauben höhere Erträge.

Im Versuch konnten die höchsten Biomasseerträge bei Drillsaat auf 37,5 cm und Einzelkornsaat auf 50 cm erzielt werden. Sie unterscheiden sich aber lediglich von Einzelkornsaat auf 37,5 cm signifikant. Bei den Kornerträgen hingegen lieferten die weiten Reihen die höchsten Erträge. Hier bietet sich das gleiche Bild und der einzig signifikant abgefallene Ertrag ist jener der Einzelkornsaat auf 75 cm. Den höchsten Harvest-Index weisen die Varianten Drillsaat auf 75 cm, Einzelkornsaat auf 50 cm und Drillsaat auf 50 cm mit über 41 % auf.

- Einzelkornsaat hat einen Ertragsvorteil im Vergleich zu Drillsaat.

Weder beim Biomasseertrag noch beim Kornertrag oder beim Harvest-Index konnte ein statistisch nachweisbarer Vorteil der Einzelkornsaat festgestellt werden.

- Einzelkornsaat hat einen positiven Effekt auf die Bestandesentwicklung (Wuchshöhen und Bodenbedeckung) von Mais im Vergleich zu Drillsaat.

Auch bei den Wuchshöhen und der Bodenabdeckung konnte kein eindeutiger Vorteil für Einzelkornsaat festgestellt werden. Alle im Versuch festgestellten Abweichungen, mit Ausnahme des Ertragsdefizits von 22,7 % von Einzelkornsaat auf 37,5 cm im Vergleich zu Einzelkornsaat auf 75 cm beim Kornertrag, sind sehr gering.

Trotz der unter Punkt 6.1.2 aufgewiesenen Unterschiede in der Verteilgenauigkeit bei der Drillsaatmaschine (Pöttinger Terrasem) im Vergleich zur Einzelkornsämaschine (Maternacc MS 8230) konnte diesen Unterschieden kein Einfluss auf den Ertrag nachgewiesen werden.

8. Ausblick

Entsprechend den in der Praxis angewandten Alternativen im Maisanbau empfehlen sich weitere Untersuchungen mit engeren Reihenweiten bis 12,5 cm und Doppelreihen auf 75 cm Abstand.

Der neue Verteilerkopf mit elektrisch abschaltbaren Abgängen, welcher auf der Agritechnica 2013 (große Landtechnikausstellung in D-Hannover) vorgestellt wurde, verspricht die wenig zweckmäßigen Einsätze für den Verteilerkopf gut zu ersetzen. Jedoch wäre es hier besonders wichtig Keimfähigkeitsuntersuchungen bei Mais anzustellen. Als Parameter sollten die Luftmenge (via Gebläsedrehzahl) und die Reihenkonfiguration gelten. Falls diese Untersuchungen gute Keimfähigkeit unter allen Bedingungen zeigen, kann auf die Überarbeitung der Einsätze für den Verteilerkopf verzichtet werden.

Falls weitere Feldversuche angelegt werden sollen, muss die Parzellengröße nochmals überdacht werden. Deutlich längere Parzellen würden sich anbieten. Dadurch sollten höhere, praxisnahe Fahrgeschwindigkeiten, welche die Längsverteilung positiv beeinflussen, möglich sein. In diesem Zusammenhang scheint es auch ratsam den Luftstrom im Steigrohr zum Verteilerkopf gezielt zu verwirbeln um eine bessere Durchmischung des Luft-Saatgut-Gemisches zu erzielen und Aggregationen im Luftstrom zu vermeiden.

Betreffend die Erosionsminderung würden sich Untersuchungen zum Abfluss auf geneigten Flächen in niederschlagsreicheren Gebieten anbieten. Untersuchungen zur Einbringung von Unterfußdünger mit einer Terrasem Fertilizer könnten die Untersuchungen abrunden.

9. Zusammenfassung

In einem Diplomarbeitsversuch an der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf wurden im Jahr 2013 verschiedene Anbauverfahren für Mais verglichen. Zum einen wurde Drillsaat mit Einzelkornsaat verglichen und zum anderen für beide Saatechniken verschiedene Reihenabstände (75 cm, 50 cm, 37,5 cm) untersucht.

Der Versuch wurde als mehrfaktorielle Blockanlage mit 18 Parzellen im Produktionsgebiet Marchfeld angelegt. Untersucht wurden die Bestandesentwicklung mittels Messungen von Bodenbedeckungsgraden, LAI und Wuchshöhen und der Ertrag mittels Biomasseernte und Kornernte. Mit den Erntemengen wurden jeweils auch Feuchtegehalte erfasst.

Zusätzlich wurde die Ablagegenauigkeit der beiden Maschinen mittels Erfassung der Ablagetiefe, der Längsverteilung und der Querverteilung untersucht.

Sowohl in der Literatur, wie auch in dem der vorliegenden Arbeit zu Grunde liegenden Versuch konnten nur geringe Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Varianten festgestellt werden. Einzig die Variante Einzelkornsaat auf 37,5 cm Reihenabstand hatte im Vergleich zur Einzelkornsaat auf 75 cm (Standart) einen Ertragsdefizit.

Den unterschiedlichen Verteilgenauigkeiten der beiden Maschinen konnte kein Einfluss auf den Ertrag nachgewiesen werden.

Schlagwörter: Mais, *Zea mays* L., Engsaat, Engstandsaaat, Breitsaat, Doppelreihen, Reihenabstand, Drillsaat, Einzelkornsaat

10. Abstract

During the growth season 2013 different seeding techniques and row spacing were tested on maize at the Experimental Farm Groß-Enzersdorf. In lower Austria, in the production area Marchfeld, maize was planted with a single seed seeder and a drill seeder on inter row distances of 75 cm, 50 cm and 37,5 cm.

The plant development was evaluated with soil coverage, LAI and height. The yield was sampled for biomass and corn production. With the yield weight the moisture was sampled as well.

Additionally machinery-characteristics as seed-depth, distribution accuracy in rows and between rows were evaluated.

Literature and the results of the field experiment show only small differences between the different treatments. Only single seed seeded corn with a row distance of 37,5 cm had lower yield than single seed seeded corn with a row distance of 75 cm.

The differences in seeding accuracy between the two machines had no influence on yield.

Key-words: maize, *Zea mays* L., single seed planting, drilling, row width, twin rows

11. Literaturverzeichnis

- AGES (s.a.): Kolbenfäule des Mais' (Fusarium spp.) @ <http://www.ages.at/ages/landwirtschaftliche-sachgebiete/pflanzengesundheit/feldbau/kolbenfaeule-des-mais/> (9.05.2014).
- ALI, R., KHALIL, S. K., RAZA, S. M. AND KHAN, H. (2003): Effect of row spacing on maize (Zea mays L.). Pakistan Journal of Weed Science, **9**, 171-178.
- ALLEN, E. L. (2012): Dryland corn yield affected by row configuration and seeding rate in the northern Great Plains. Journal of Soil and Water Conservation, **67**, 32-41.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989): Semeadora de precisão: ensaio de laboratório/método de ensaio. Projeto de norma 12:02.06-004. Rio de Janeiro, 21. nach NETO et al.
- BERES, B. L., BREMER, E. AND VAN DASSELAAR, C. (2008): Response of irrigated corn silage to seeding rate and row spacing in southern Alberta. Canadian Journal of Plant Science. **88**, 713-716.
- BMLFUW - BUNDESMINISTER FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2013): Grüner Bericht 2013: Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. 54. Auflage, Wien.
- BMLFUW - BUNDESMINISTER FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. 6. Auflage, Wien.
- BOZDOĞAN, A. M (2008): Seeding uniformity for vacuum precision seeders. Scientia Agricola (Piracicaba, Brazil), **65**, 318-322.
- COX, W. AND CHERNEY, D. J. R. (2001): Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. Agronomy Journal, **93**, 597-602.
- DEMMELE, M., KIRCHMEYER, H. UND WEBER, A. (2011): Bestellverfahren für Mais. Landpost, **06/2011**, 11-14.
- DIEPENBROCK, W., FISCHBECK, G., HEYLAND, K.-U. UND KNAUER, N. (1999): Spezieller Pflanzenbau, 3. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- EMILE, J. C., BOLAÑOS-AGUILAR, E. D., LE ROY, P. AND AUDEBERT G. (2011): Effects of row spacing and seeding rate on sorghum whole crop yield and quality. Grassland Science in Europe, **15**, 494-496.
- EUROCHEM AGRO (2014): ENTEC 26 – Produktbeschreibung @ <http://de.eurochemagro.com/products/entec/entec-26/> (27.02.2014).
- GRIEPENTROG, H.-W. (1994): Saatgutzuteilung von Raps. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- HÖNER, G. (2002): Silomais mit der Drillmaschine säen? top agrar 2/2002, 110-113.
- JÄNSCH, M. (2007): Eine Maschine für Mais und Getreide? Lohnunternehmen, Oktober 2007, 32-33.
- JONCKHEERE I., FLECK S., NACKAERTS K., MUYS B. AND COPPIN P. (s.a.): Methods for Leaf Area Index Determination Part I: Theories, Techniques and Instruments. Leuven: Katholieke Universiteit Leuven.

- KARCHER, E., RICHARDSON, M (2005): Batch analysis of digital images to evaluate turfgrass characteristics. *Crop Science*, **45**, 1536–1539.
- KIRCHMEIER, H. UND DEMMEL, M. (2009): Vergleich unterschiedlicher Saatechniken für Mais. *Landtechnik*, **64**, 141-143.
- LAKO - LANDWIRTSCHAFTLICHE KOORDINATIONSSTELLE VERSUCHSBERICHTE (2012): Sortenversuch Körnermais am Standort LFS Tulln 2012 @ http://www.lako.at/de/versuche/inc/modules/lako_verseuche/pdf/pflanzenbau/sortenversuche/mais/kmais_tulln_2012.pdf (23.04.2013).
- LAMIDI, W. A. (2013): Maize (*Zea mays* L.) performance at different cultivation systems. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, **3**, 172-182.
- LWK – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2010): Energiepflanzen in Niedersachsen – Anbauhinweise und Wirtschaftlichkeit @ http://www.bioenergie-regionen.de/fileadmin/bioenergie-beratung/niedersachsen-bremen/dateien/http_www.3-n.info_download.php_file_pdf_files_InfomaterialDownloadsAnbauhinweise_2010_nawar_o_broschuere_lwk_3n_gesamt.pdf (18.2.2014).
- MAHL, D., FURLANI, C. E. A. AND GAMERO, C. A. (2008): Efficiency of pneumatic and horizontal perforated disk meter mechanism in corn no-tillage seeders in soil with different mobilization reports. *Engenharia Agrícola (Jaboticabal)*, **28**, 535-542.
- NETO, P. H. W., JUSTINO, A., NAMUR, R. T., DOMINGUES, J. AND GARCIA, L. C. (2012): Comparison of metering mechanisms of corn seed. *Engenharia Agrícola (Jaboticabal)*, **32**, 981-988.
- NOVACEK, M. J., MANSON, S. C., GALUSHA, T. D. AND YASEEN, M. (2013): Twin Rows Minimally Impact Irrigated Maize Yield, Morphology, and Lodging. *Agronomy Journal*, **105**, 268-276.
- PIONEER – PIONEER HI-BRED INTERNATIONAL INC. (2012): Die Pioneer Maissortenempfehlung für die Biogasnutzung @ http://public.pioneer.com/CMRoot/International/Public/German/Germany/Images/Mais/Biogas_Sortenempfehlung_2012.pdf (23.04.2013).
- PIONEER – PIONEER HI-BRED INTERNATIONAL INC. (2013): Stress zur Blüte beeinflusst den Kornansatz @ <http://public.pioneer.com/portal/site/Public/template.CMI/guid.A14C7451-1E3B-AC55-3994-6D253A515150> (10.01.2014).
- RAMPAZZO, N. (2012): Beschreibung und Untersuchung landwirtschaftlicher Böden – Übung LVA-Nr: 911.042 Wien: unveröffentlichtes Skript.
- RANGARAJAN, A., INGALL, B., ORFANEDES, M. AND WOLFE, D. (2002): In-row Spacing and Cultivar Affects Ear Quality of Early-planted Sweet Corn. *HortTechnology*, **12**, 410-415.
- RECKLEBEN, Y. (2010): Drillen statt legen. *dlz agrarmagazin*, April 2010, 32-36.
- RINTELEN, P. (1971): Mais – Ein Handbuch über Produktionstechnik und Ökonomik, BLV Verlagsgesellschaft mbH, München.
- SCHMIDT, W. UND NITZSCHE, O. (s.a.): Modifizierte Mulchsaatverfahren zu Mais. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie @ http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/pflanzliche_Erzeugung/Maismulchsaat.pdf (17.12.2013).

TOLLENAAR, M. DIBO, A. A., AGUILERA, A. WEISE, S. F. AND SWANTON, C. J. (1994): Effect of crop density on weed interference in maize. *Agronomy Journal*, **86**, 591-595.

UPPENKAMP, N. (2006): Technische Entwicklung im Maisanbau. Published by: Deutsches Maiskomitee e.V. @

<http://www.maiskomitee.de/web/intranetHomepages.aspx?hp=d28bc91c-6c7a-77ec-cd73-0d4cd88c247c> (28.01.2014).

UPPENKAMP, N. (2007): Praxiserfahrungen mit der Mais-Engsaat. *Mais* 1/2007, 26-28.

VWG – VERSUCHSWIRTSCHAFT GROSS-ENZERSDORF (2013): Betriebsspiegel. Published by: Universität für Bodenkultur – BOKU, Wien @

http://versuchswirtschaft.boku.ac.at/vwg_wiss.html (27.02.2014).

12. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Anbauflächen der wichtigsten Feldfrüchte in Österreich (BMLFUW, 2013, 37).	2
Abbildung 2 Lage des Versuches am Gelände der VWG (Google Earth, 2013).	8
Abbildung 3 Vergleich der Wetterdaten vom Versuchstandort im Versuchsjahr zum langjährigen Mittel (Daten: ZAMG).	10
Abbildung 4 Anbaugespanne: Steyr 9125 mit Pöttinger Terrasem R3 und Steyr 8080 (Zugfahrzeug beim Versuchsanbau: MF 5430) mit Matermacc MS 8230.	12
Abbildung 5 Versuchsplan.	14
Abbildung 6 Kein Pilzbefall an Kolben der Parzelle 1848 (DS 75).	20
Abbildung 7 Mäßiger Pilzbefall an Kolben der Parzelle 1846 (EK 40).	20
Abbildung 8 Starker Pilzbefall an einem Kolben der Parzelle 1853 (EK 40).	20
Abbildung 9 Erhebliche Trockenschäden auf einer Schotterlinse in der Parzelle 1857 am 9.08.13 (Tag 87).	22
Abbildung 10 Boxplots der Anteile an akkuraten und doppelten Abständen, sowie an Fehlstellen.	24
Abbildung 11 Verteilung in der Parzelle 1845 (DS 37,5) am 6.06.13 (Tag 23).	25
Abbildung 12 Boxplot des Anteils an Reihen, welche im Bereich einer guten Querverteilung liegen.	26
Abbildung 13 Steigrohrdesigns bei verschiedenen mechanisch-pneumatischen Sämaschinen.	27
Abbildung 14 Bodenbedeckung im Verlauf der ersten 55 Tage nach der Saat in Parzelle 1841 (DS 75).	29
Abbildung 15 Verlauf des Bodenbedeckungsgrades ab der Saat.	31
Abbildung 16 LAI-Verlauf ab der Saat.	33
Abbildung 17 Höhenwachstum ab der Saat.	34
Abbildung 18 Biomasserträge und Trockensubstanzgehalte gemittelt je Variante.	36
Abbildung 19 Kornerträge in t/ha (TM) und Trockensubstanzgehalte bei der Ernte gemittelt je Variante.	37
Abbildung 20 Zusammensetzung der Ganzpflanzenmasse zur Kornreife.	39
Abbildung 21 Zusammensetzung der Kolben im Verhältnis zur Ganzpflanzenmasse zur Kornreife.	40
Abbildung 22 Boxplot der Intensität des Pilzbefalls (1-kein Befall bis 9-sehr starker Befall) je Variante.	41
Abbildung 23 Schäden durch Maisbeulenbrand und Maiszünsler, Maiswurzelbohrer und parasitierte Maiszünslerraupe.	43

13. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 Angebaute Varianten.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabelle 2 Reihenabstände und entsprechende Laufmeter in der Reihe.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabelle 3 Probennutzung bei Bestandesdichtenbestimmung.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabelle 4 Schema für die visuelle Pilzbonitur.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabelle 5 Bestandesdichten aus 2 Messmethoden und ihr gewichteter Mittelwert.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 6 Erhobene Bestandesdichten im Vergleich zur errechneten Saatstärke.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabelle 7 Signifikanzen für den Bodenbedeckungsgrad im Verlauf der Entwicklung.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabelle 8 Signifikanzen für den Leaf Area Index.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 9 Signifikanzen für die Pflanzenlängen im Laufe des Versuches.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 10 Mittelwerte der Kolbenlängen je Variante (Buchstaben verbinden Werte, welche sich tendenziell von einander unterscheiden $p < 0,05$, fett gedruckte Buchstaben verbinden Werte, welche sich signifikant von einander unterscheiden $p < 0,01$).....</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 11 Wetterdaten vom Versuchsstandort im Vergleich zum langjährigen Mittel (Daten: ZAMG).....</i>	<i>54</i>
<i>Tabelle 12 Bodenbedeckungsgrade in den ersten zwei Monaten (Mittelwerte).....</i>	<i>54</i>
<i>Tabelle 13 Leaf Area Indexes (Mittelwerte).....</i>	<i>54</i>
<i>Tabelle 14 Biomasseerträge und Trockensubstanzgehalte.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabelle 15 Kornerträge und Trockensubstanzgehalte.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabelle 16 Ganzpflanzenertrag und seine Zusammensetzung zur Kornernte.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabelle 17 Pilzbefall der Kolben bei der Ernte (Variantenmittel aus Noten: 1 kein Befall, 9 sehr starker Befall).....</i>	<i>55</i>

14. Anhang

Nicht verwendete oder nicht verfügbare Literatur

COX, W., CHERNEY, D. J. R. AND HANCHAR, J. J. (1998): Row spacing, hybrid and plant density effects on corn silage yield and quality. <i>Journal of Production Agriculture</i> , 11 , 128-134.
D. G. BULLOCK, R. L. NIELSEN AND W. E. NYQUIST (1988): A Growth Analysis Comparison of Corn Grown in Conventional and Equidistant Plant Spacing. <i>Crop Science</i> , 28 , 254-258.
TOLLENAAR, M. (1992): IS LOW PLANT-DENSITY A STRESS IN MAIZE? <i>Maydica</i> 37 , 305-311.
MARKUS DEMMEL, OLIVER HAHNENKAMM, GEORG KORMANN UND MARKUS PETERREINS (2000) Gleichstandsamt bei Silomais – Ergebnisse aus zwei Versuchsjahren. <i>Landtechnik</i> , 55 , 210- 211.
BARON, V. S., NAJDA, H. G. AND STEVENSON, F. C. (2006): Influence of population density, row spacing and hybrid on forage corn yield and nutritive value in a coll-season environment. <i>Canadian Journal of Plant Sciences</i> , 86 , 1131-1138.
GEIGER, K. (2007): Neues Mais-Aussaatverfahren. <i>Maschinenring aktuell</i> . Nr. 2, 12-13.
MURPHY, S. D., YAKUBU, Y., WEISE, S. F. AND SWANTON, C. J. (1996): Effect of planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (<i>Zea mays</i>) and late emerging weeds. <i>Weed Sciences</i> , 44 , 856-870.

Tabellen

(Buchstaben verbinden Werte, welche sich tendentiell von einander unterscheiden $p < 0,05$, fett gedruckte Buchstaben verbinden Werte, welche sich signifikant von einander unterscheiden $p < 0,01$)

Tabelle 11 Wetterdaten vom Versuchsstandort im Vergleich zum langjährigen Mittel (Daten: ZAMG).

Monat 2013	Monatliche Mitteltemperatur (°C)	Langjährige MMT (°C)	Monatliche Niederschlags-summe (mm)	langjährige mittlere MNSS (mm)
Januar	0,5	-0,4	43,7	28,0
Februar	1,4	1,1	34,6	27,9
März	3,5	5,3	26,0	35,4
April	11,9	9,7	10,9	38,8
Mai	15,8	14,8	87,5	55,2
Juni	18,8	17,8	103,7	67,4
Juli	22,5	20,0	11,7	59,5
August	21,4	19,6	55,6	50,2
September	15,8	15,2	84,4	49,8
Oktober	11,7	9,7	26,3	32,1
November	6,2	4,2	40,0	42,7
Dezember	3,2	1,1	7,0	33,0
Jahr 2013	11,1	9,8	531,4	520,0

Tabelle 12 Bodenbedeckungsgrade in den ersten zwei Monaten (Mittelwerte).

		Bodenbedeckungsgrade (%)						
Saattechnik (-saat)		Mittel	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill
Datum (Tage)	Reihenweite (cm)	37,5	37,5	50	50	75	75	
14.06.2013 (31)		7,96	8,17	9,80	7,08	7,30	8,21	8,20
18.06.2013 (35)		17,84	18,91	21,28	17,28	16,81	18,54	14,21
28.06.2013 (45)		43,20	50,85	47,34	49,42	43,81	35,96	31,84
08.07.2013 (55)		78,97	83,84	82,47	86,00	77,55	79,68	64,28

Tabelle 13 Leaf Area Indexes (Mittelwerte).

		Leaf Area Indexes (LAI)						
Saattechnik (-saat)		Mittel	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill
Datum (Tage)	Reihenweite (cm)	37,5	37,5	50	50	75	75	
20.07.2013 (67)		3,45	3,64	2,59	3,55	4,63	3,12	3,14
05.08.2013 (83)		3,31	3,85	3,86	4,22	3,04	2,49	2,38

Tabelle 14 Biomasseerträge und Trockensubstanzgehalte.

Saattechnik (-saat)	Durchschnitt	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill
Reihenweite (cm)		37,5	37,5	50	50	75	75
Biomasse TM (t/ha)	19,97	18,56 a, b	21,27 a	21,29 b	19,33	20,16	19,25
% von EK 75	99,1	92,1	106	106	95,9	100	95,5
Trockensubstanzgehalt TS (%)	29,66	29,02 d	30,11	29,50	29,02	28,75 c	31,05 c, d

Tabelle 15 Kornerträge und Trockensubstanzgehalte.

Saattechnik (-saat)	Durchschnitt	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill
Reihenweite (cm)		37,5	37,5	50	50	75	75
Kornertrag TM (t/ha)	8,21	6,67 a, c, d, e	8,75 a	8,64 d	7,68 b	8,63 e	9,33 b, c
% von EK 75	95,1	77,3	101	100	89,0	100	108
Trockensubstanzgehalt TS (%)	67,50	66,76 g, h	68,19 f, g	67,55	66,95 f	68,21 h	67,60

Tabelle 16 Ganzpflanzenertrag und seine Zusammensetzung zur Kornernte.

Saattechnik (-saat)	Durchschnitt	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill
Reihenweite (cm)		37,5	37,5	50	50	75	75
Ganzpflanzenertrag (t/ha)	19,99	19,17	21,14	18,96	19,05	22,17	20,18
Anteil Stängel (%)	28,44	33,74 c, e	24,66 a	22,21 b, e, f	32,68 b	35,92 a, d, f	23,94 c, d
Anteil Blatt (%)	18,68	20,58 g	18,86	18,14	18,72	18,07	17,51 g
Anteil Kolben (%)	52,84	45,69 h, j	56,48	59,44 j, k	48,60	46,02 i, k	58,55 h, i
Anteil Spindel (%)	5,81	5,30 m, o, q	5,74 l	6,03 q, r	5,99 m, n	5,14 n, o, p, r	6,42 l, p
Anteil Lieschen (%)	5,01	7,14 s, t, u, v, w	4,01 s	4,44 v	4,36 t	5,37 w	4,83 u
Anteil Korn (%) =Harvest Index (HI)	41,42	34,96 z, aa, ac	39,77 x, y	45,92 y, ac, ad	41,62 z	38,94 ab, ad	46,51 x, aa, ab

Tabelle 17 Pilzbefall der Kolben bei der Ernte (Variantenmittel aus Noten: 1 kein Befall, 9 sehr starker Befall).

Saattechnik (-saat)	Durchschnitt	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill	Einzelkorn	Drill
Reihenweite (cm)		37,5	37,5	50	50	75	75
Pilzbefall (1-9)	1,6	2,2 d, e, f	1,7 a	1,2 b, e	1,8 b, c	1,0 a, c, f	1,4 d

