



Bachelorthesis 2014

Studiengang Agronomie
Major Pflanzenwissenschaften

Landmais-Ertragsvergleich

Landmaissorten als echte Alternative zu Hybridmais



Autor **vorgelegt bei**
Philipp Meyer-Gfeller Dr. Andreas Keiser, HAFL

Ort **abgegeben am**
HAFL Zollikofen 12.12.2014

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

Selbstständigkeitserklärung	ii
Inhaltsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis.....	iv
Abbildungsverzeichnis	v
Zusammenfassung	vii
1 Einleitung	1
2 Stand der Forschung	3
2.1 Kulturgeschichte	3
2.2 Problematik Hybridmais	5
3 Material und Methoden.....	7
3.1 Sortenherkunft und Sortenauswahl im Jahr 2013	7
3.2 Versuchsaufbau und Anbautechnik.....	11
3.3 Beobachtungen während der Vegetationszeit.....	14
3.4 Ertragserfassung und Analyse des Erntegutes	16
3.5 Statistische Auswertungen.....	16
4 Ergebnisse	19
4.1 Ergebnisse der Beobachtungen im Jahr 2013	19
4.2 Ergebnisse der Beobachtungen während des Vegetationsverlaufes.....	27
4.3 Ertragserhebung	31
4.4 Ergebnisse der Qualitätsanalyse	36
4.5 Zusammengefasste Resultate jeder Sorte	38
5 Diskussion	43
5.1 Resultate Ertragserhebung	43
5.2 Restliche Resultate	45
6 Schlussfolgerungen.....	47
7 Literaturverzeichnis	48
Anhang (auf elektronischem Datenträger)	i

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Keimraten der 14 angebauten Sorten.	19
Tabelle 2: Anzahl Bestockungstrieben gezählt an vier verschiedenen Zeitpunkten bei 32 Pflanzen je Sorte.	22
Tabelle 3: Proterandrielänge: Differenz in Tagen zwischen durchschnittlicher Blüte der Fahne und dem Erscheinen der Seide.	22
Tabelle 4: Links: Schätzung des Restpflanzengewichts (Liter FS). Die Pflanzenhäcksel wurden mit Plastikeimern abgezählt. Rechts: Kolben in kg FS gewogen mit einer Federwaage.....	24
Tabelle 5: Darstellung der Anzahl Kolben pro Pflanze: In der rechten Spalte ist die durchschnittliche Kolbenanzahl pro Pflanze aufgeführt.	24
Tabelle 6: Entscheidungsmatrix: Jedem Kriterium wurde eine Gewichtung gegeben und je drei Bewertungsklassen definiert. Diese sind im unteren Teil der Tabelle ersichtlich. Ein hoher Wert bedeutet, dass die Sorte in den gewählten Kriterien im Vergleich zu den anderen Sorten gut abgeschnitten hat. Die Sorten <i>Verde Duro</i> , <i>Oaxacan Green</i> und <i>Bijeli Crveni</i> belegen die Ränge 1 bis 3 und sind somit laut Entscheidungsmatrix am besten geeignet für einen Ertragsvergleich mit Hybridmais. Danach folgen die Sorten <i>Morado</i> , <i>Schafzahnmais</i> , <i>Oranger Tessinermais</i> und <i>Rotes Baspinar</i>	26
Tabelle 7: Am 1. Juli 2014 erhobene Bestandesdichte auf allen Parzellen.	27
Tabelle 8: Erhobene Mittelwerte des Helminthosporiumbefalls aller Wiederholungen und Sorten....	30
Tabelle 9: Anzahl befallener Pflanzen pro Parzelle in Prozent aller Pflanzen.	30
Tabelle 10: Ertragsmessungen in kg Frischsubstanz pro 20 geerntete Pflanzen.	31
Tabelle 11: Resultate der Trockensubstanzanalyse der Ernteproben.	31
Tabelle 12: Ganzpflanzenertrag in kg TS und auf die Hektare umgerechnet. MW steht für Mittelwert der Parzellenwerte.	32
Tabelle 13: Restpflanzen ertrag in kg TS (Trockensubstanz) und auf die Hektare umgerechnet. MW steht für Mittelwert der Parzellenwerte.....	33
Tabelle 14: Kolbenertrag in kg TS (Trockensubstanz) und auf die Hektare umgerechnet. MW steht für Mittelwert der Parzellenwerte.	34
Tabelle 15: Der berechnete Kolbenanteil (inkl. Lieschblätter).	35
Tabelle 16: Resultate der Laboranalyse und deren statistischer Auswertung. Oben: Zusammenzug der wichtigsten Laborwerte. Unten: Resultate der statistischen Auswertung der Laborwerte. A bedeutet gegenüber B einen signifikant höheren Wert. Angegeben ist zudem, ob ein hoher oder tiefer Wert anzustreben ist.	36
Tabelle 17: Berechnung der vOS anhand der Werte RP, NDF und ADF, die mit der Laboranalyse untersucht wurden.	37
Tabelle 18: Zusammenstellung der Ergebnisse für die angebauten Sorten. Die Teilergebnisse in Bezug auf den Ertrag werden in Kapitel 5.1 diskutiert. Die restlichen Resultate folgen in Kapitel 5.2.....	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung wichtiger Arbeiten im Oktober: „Achtgeben auf die Saat“ auf dem frisch gesäten Maisfeld der Inkas (Quelle: Poma de Ayala 1615).....	3
Abbildung 2: Maissaat mithilfe eines Scharrhölzes (Quelle: Codex Florentin, abgebildet in Gay, 1984)..	3
Abbildung 3: Farben- und Kolbenvielfalt von Schweizer Landsorten.	4
Abbildung 4: Schema zur genetischen Struktur der vier Sortentypen nach Schnell 1982 (Quelle: Becker 2011, 255).....	5
Abbildung 5: Ausschnitt aus dem Parzellenplan des Betriebs Schwand. Der Ertragsvergleich fand auf der Parzelle Strassenacker (Nr. 1) statt. (Quelle: swisstopo o.D.).....	11
Abbildung 6: Versuchsaufbau in der Parzelle Strassenacker. Links ist die gesamte Parzelle inklusive der Gradienten dargestellt. Rechts ist die Versuchsfläche etwas näher herangezoomt (Quelle: nach google earth, verändert)	11
Abbildung 7: Versuchsaufbau inklusive randomisierter Einteilung der Sorten auf die Wiederholungen.	12
Abbildung 8: Abstände bei der Saat. Der Reihenabstand war mit 75 cm normal gewählt. Der Pflanzenabstand wurde mit 14 cm ebenfalls durchschnittlich gewählt, was zu einer angestrebten Saatdichte von 9-10 Körnern pro Quadratmeter führte.	12
Abbildung 9: Luftaufnahme (25. Juli 2014) des Versuchsaufbaus mit der Beschriftung aller Teilparzellen.	13
Abbildung 10: Entwicklung der Bodenbedeckung aller 14 Sorten. Gemessen wurde die Bodenbedeckung anhand von Fotos aus der Vogelperspektive in den Wochen 4, 6, 8, 9, 10, 12 nach der Saat.	20
Abbildung 11: Entwicklung der Bodenbedeckung für eine Auswahl der Sorten. Gemessen wurde die Bodenbedeckung anhand von Fotos aus der Vogelperspektive in den Wochen 4, 6, 8, 9, 10 und 12 nach der Saat.....	20
Abbildung 12: Darstellung der Pflanzenhöhen im Verlauf der Vegetationsdauer. Gemessen wurde vier Mal in der Jugendentwicklung (31. Mai, 17. Juni, 23. Juni, 1. Juli) und zusätzlich vor der Ernte (31. August 2014).....	21
Abbildung 13: Darstellung der Pflanzenhöhe in der Jugendentwicklung. Gemessen wurde an vier verschiedenen Daten (31. Mai, 17. Juni, 23. Juni, 1. Juli 2014).	21
Abbildung 14: Darstellung der berechneten Temperatursummen für 12 von 14 Sorten. Dargestellt sind die benötigten Summen für vegetative (Saat bis Blüte) und generative Phase (Blüte bis Ernte). Die Sorte Morado USA reifte nicht aus. Die Sorte Zuckermais wurde bereits in der Milchreife geerntet, weshalb beide hier nicht dargestellt sind.	23
Abbildung 15: Luftbild der Versuchsanlage. Gut zu erkennen sind die entstandenen Lücken in den Parzellen Dsp1 (ganz links zuunterst), Bij1 (ganz links, zweite von oben), Ora4 (ganz rechts zuunterst) sowie Oax4 (oberhalb von Ora4).....	27
Abbildung 16: Die gemessene Bodenbedeckung an zwei Stichtagen. Die Werte entsprechen den Mittelwerten der 4 Wiederholungen.	28
Abbildung 17: Errechnete Umfallrate. Zwischen 03.08. und 22.08.2014 kam es nach einer Regenperiode zu Stürmen mit sehr starken Windböen. Oax und Bij konnten diesen nicht gut standhalten, während die restlichen Sorten kaum umfielen.	28
Abbildung 18: Statistische Analyse der Erhebung vom 22.08.2014. Kun, Dsp und Ora unterschieden sich nicht bei der Standfestigkeit. Die Sorte Bij war weniger standfest als diese drei Sorten, aber standfester als die Sorte Oax.	29
Abbildung 19: Grafische Darstellung der <i>Helminthosporium</i> -Bonitur vom 06.09.2014: 20 Pflanzen je Parzelle wurden benotet mit Werten zwischen 1 und 9. Die Werte wurden von oben nach unten mit	

zunehmender Befallsstärke geordnet. Hier lässt sich bereits erahnen, dass die Sorte <i>Ora</i> signifikant höher bonitiert wurde als die Sorte <i>Oax</i>	29
Abbildung 20: Statistische Analyse der Bonitur vom 3. August 2014.	30
Abbildung 21: Statistische Analyse der Bonitur vom 6. September 2014.	30
Abbildung 22: Resultate der statistischen Analyse des Ganzpflanzenetrag. Links Means Plot, rechts Boxplot. <i>Bij</i> (Landmais) hatte einen deutlich signifikant höheren Ganzpflanzenetrag als alle anderen Sorten (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=35.93$, $p=0.000025$). Die Landmaissorte <i>Ora</i> hatte zudem einen signifikant höheren Ganzpflanzenetrag als die Sorte <i>Kun</i> . Der Ertragsmittelwert von <i>Dsp</i> (Kontrollsorthe) lag dazwischen, war aber nicht signifikant unterschiedlich im Vergleich zu <i>Ora</i> und <i>Kun</i>	32
Abbildung 23: Resultate der statistischen Analyse des Restpflanzenetrag. Links Means Plot, rechts Boxplot. Die Sorte <i>Bij</i> (Landmais) hatte einen signifikant höheren Restpflanzenetrag als alle anderen Sorten (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=27.81$, $p=0.000070$). Die Landmaissorte <i>Ora</i> hatte zudem einen signifikant höheren Restpflanzenetrag als die Sorte <i>Kun</i> . Der Ertragsmittelwert von <i>Dsp</i> (Kontrollsorthe) lag dazwischen, war aber nicht signifikant unterschiedlich im Vergleich zu <i>Ora</i> und <i>Kun</i>	33
Abbildung 24: Resultate der statistischen Analyse des Kolbenertrags. Links der Means Plot, rechts der Boxplot. Es gibt keine Sorte, die gegenüber einer anderen einen signifikant höheren oder tieferen Kolbenertrag aufweist (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=0.84$, $p=0.505911$). Primäres Resultat: Die Landmaissorten und ebenfalls die Sorte <i>Kun</i> schnitten nicht schlechter ab als die Kontrollsorthe (<i>Dsp</i>). Werden die Mittelwerte betrachtet, fällt auf, dass <i>Dsp</i> (122 dt TS) und <i>Bij</i> (120 dt TS) etwas höhere Werte aufwiesen als <i>Kun</i> (112 dt TS) und <i>Ora</i> (104 dt TS).	34
Abbildung 25: Resultate der statistischen Analyse des Kolbenanteils. Links der Means Plot, rechts der Boxplot. Die Sorten <i>Dsp</i> (Kontrolle) und <i>Kun</i> hatten einen signifikant höheren Kolbenanteil als die Landmaissorte <i>Bij</i> (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=8.91$, $p=0.004660$). Die Werte der zweiten Landmaissorte <i>Ora</i> lagen dazwischen und waren weder signifikant tiefer als <i>Dsp</i> und <i>Kun</i> noch signifikant höher als <i>Bij</i>	35
Abbildung 26: <i>Bijeli Crveni</i> produziert grosse uni rot oder gelb gefärbte Kolben, die zu einem kleinen Teil auch andersartige und andersfarbige Körner eingestreut haben.	38
Abbildung 27: <i>Oaxacan Green</i> produziert grünfarbene Kolben mit zahnmaisförmigen Körnern. Vereinzelt sind andersfarbige Körner eingestreut.	40
Abbildung 28: <i>Oranger Tessinermais</i> produziert unifarbane Kolben in einem breiten Farbspektrum. Die meisten waren orange bis rot gefärbt.	41

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Ertragspotential ausgewählter Landmaissorten. Es wird der Frage nachgegangen, ob diese Landmaissorten in einem direkten Vergleich hinsichtlich des Ertrags mit einer aktuell angebauten Hybridsorte mithalten können. Ziel ist es zu klären, ob der erzielte Ertrag die mögliche Weiterzüchtung zu einer Biosorte grundsätzlich zulässt. Dafür darf eine Sorte im Hinblick auf den Ertrag nicht von aktuellen Hybridsorten abfallen. Daneben werden ebenfalls Krankheitsbonituren, Qualitätsanalysen und weitere Beobachtungen während der Vegetationszeit als zusätzliche Argumente analysiert.

Die Fragestellung wurde anhand eines Feldversuchs mit vier Wiederholungen untersucht. Die ausgewählten drei Landmaissorten, eine Populationssorte von Peter Kunz und eine Hybridsorte (Kontrollsorte) wurden ein Jahr lang beobachtet und im Herbst die erzielten Erträge gemessen sowie ausgewertet.

Die Resultate sind vielversprechend: Die 2013 beobachteten und 2014 getesteten Landmaissorten konnten im Hinblick auf den Ertrag sehr gut mit der verglichenen Hybridsorte mithalten. Betreffend Ganzpflanzen- und Restpflanzenertrag hat die Sorte *Bijeli Crveni* die Resultate der Kontrollsorte sogar weit übertroffen und gleichzeitig einen gleich hohen Kolvenertrag erzielt. Die Sorte *Oranger Tessinermais* ist der Kontrollsorte im Hinblick auf den Ertrag ebenbürtig und fällt auch bei den restlichen Parametern nie ab.

Beim Ergebnis wird deutlich, dass bei jedem der getesteten Parameter mindestens eine der drei Landmaissorten mit dem Ergebnis der Kontrollsorte mithalten konnte oder diese gar übertraf. Jede Landmaissorte hat aber auch kleinere oder grössere Schwächen in Bereichen wie Standfestigkeit, Qualitätsanalyse oder Krankheitsanfälligkeit gezeigt. So konnte der Ertrag der Sorte *Oaxacan Green* infolge Lager nicht ausgewertet werden.

Die positiven Resultate liefern gute Argumente, sich die Züchtung einer Biosorte auf Basis von Landmaissorten zu überlegen. Weiterführende, mehrjährige Feldversuche könnten helfen, die hier erzielten Resultate zu bestätigen.

1 Einleitung

Im Jahr 1908 kreuzte der Amerikaner George Harrison Shull zwei Mais-Inzuchtlinien, die er vorher zu genetischen Forschungszwecken gezüchtet hatte. Das Resultat war eine im Vergleich zu den schwachen Inzuchtlinien gewaltige Ertragssteigerung, die danach als Heterosis bezeichnet wurde. Kommerziell vertrieben wurde Hybridmais jedoch erst in den 1930er-Jahren u. a. durch Henry Wallace (Röbbelen 2008). Lag dessen US-Marktanteil 1934 noch unter 0.5%, so stieg dieser bis 1944 auf 59% (Calvert, o.D.). In Europa wurde Hybridmais ab Ende des Zweiten Weltkriegs importiert und später auch eigene Sorten gezüchtet (Messner, 2012). 1965 kam in Deutschland die erste Hybridsorte in den Verkauf und bereits zehn Jahre später hatte sie den Markt erobert. „Heute gibt es in den Industrienationen beim Mais keinen anderen Sortentyp mehr.“ (Messner, 2012). Nur in der Nischenproduktion (z.B. Rheintaler Ribelmais) werden noch vereinzelt Populationssorten angebaut.

Trotz dieses Erfolgs gab und gibt es Kritiker der Hybridzucht. So verliert die Hybridsorte nach Wiederaussaat ihre Eigenschaft der Homogenität und kann den hohen Ertrag und die gute Qualität nicht halten. Anders als bei "samenfesten" Populationssorten sind die Eigenschaften über die F1-Generation hinaus nicht stabil. So muss das Saatgut jedes Jahr neu gekauft werden (Schleissing, o.D.). Auch in der Schweiz gibt es Landwirte, die nach Möglichkeit keine Hybridsorten anbauen. So würden gemäss einer nicht repräsentativen Umfrage durch den „Schweizer Bauer“ knapp 70% der befragten Leser lieber Populationssorten säen (Spuhler, 2011). Solche Umfrageresultate bewirkten in den letzten Jahren, dass das Potential von Landmaissorten auch wissenschaftlich besser untersucht wurde. So wurden zum Beispiel im Abschlussbericht eines Projektes des Nationalen Aktionsplans (NAP) wichtige Ergebnisse publiziert (Stamp, 2005). Einige Schweizer Landsorten hatten punkto Kälteresistenz und Jugendentwicklung „bessere Ergebnisse [erzielt] als die zum Vergleich angebauten Hybridsorten.“ (Denzler, 2007).

In der vorliegenden Arbeit wurden 2013 in einem ersten Schritt 14 Landmaissorten in einem Feldversuch angebaut, um verschiedene Ertragsparameter zu beobachten. Die wichtigsten davon waren die Bodenbedeckung, die Entwicklung der Pflanzenhöhe, die Temperatursumme sowie die Ertragskomponenten Kolbenanzahl, Kolvengewicht (FS) und Restpflanzengewicht (FS). Nach Auswertung der Beobachtungen wurden die drei vielversprechendsten Sorten ausgewählt und davon Saatgut bereitgestellt für den weiterführenden Ertragsvergleich. Unter Anwendung geeigneter Methoden zur kontrollierten Bestäubung konnte das Saatgut frei von unerwünschten Einkreuzungen gehalten werden.

In einem zweiten Schritt werden die ausgewählten Landmaissorten in einem Ertragsversuch im Blockdesign angebaut. Neben drei Landmaissorten wird eine Hybridsorte von *Delley Samen und Pflanzen AG* (Kontrollsorthe) sowie einer Populationssorte von Peter Kunz angebaut.

Diese Arbeit soll untersuchen, wie gut die getesteten Landmaissorten an den Ertrag einer üblichen Hybridmaissorte herankommen. Zudem sollen ebenfalls Krankheitsresistenzen und Qualitäts-eigenschaften verglichen werden. Ziel ist es, festzustellen, ob sich eine züchterische Weiterbearbeitung dieser Landmaissorten lohnen könnte. Für den Erfolg einer Maissorte spielt der Ertrag eine übergeordnete Rolle (Hiltbrunner et al., 2013), weshalb dieser im Fokus der vorliegenden Untersuchung steht.

2 Stand der Forschung

Mithilfe einer Literaturrecherche wurde eine kurze Mais-Kulturgeschichte erarbeitet. **Kapitel 2.1** verarbeitet Quellen aus dem 16. Jahrhundert, die über Anbaumethoden und Maisvielfalt in Mexiko und Peru berichten. Es wird versucht darzustellen, wie der Mais nach Europa gelangte und in bestimmten Regionen zum Hauptnahrungsmittel wurde. **Kapitel 2.2** untersucht die Problematik Hybridsorten vs. offenabblühende Sorten. Die Meinung der Fachwelt zu diesem Thema wird hier zusammenfassend dargestellt.

2.1 Kulturgeschichte

Mais bei den Indios

Die Kultivierung von Mais reicht Tausende Jahre in die Vergangenheit zurück. Unbestritten wird er im mexikanischen Hochplateau seit 5000 Jahren angebaut (Gay 1984, 19). Erfassbar ist seine Geschichte jedoch mehr oder weniger erst, seit die Spanier die Neue Welt eroberten. Unbestritten ist heute auch, dass der Mais ein entscheidender Faktor für die Bildung und Entwicklung der Zivilisationen in Amerika war (Gay 1984, 30ff.).

Während der Jahre 1559 bis 1569 beschrieb Bernardino de Sahagún in seinem Lebenswerk "Historia general de las cosas de Nueva España" den Mais und dessen Verwendung. Er schrieb von Leuten, die "weissen, blauen, dunklen, schwarzen, farbigen und gelben Mais" verkauften (de Sahagún 1577, 8. Buch, Kapitel 19). Auch Gonzalo Fernandez de Oviedo y Valdés (1535, 268) beschrieb "Mahiz" in den Farben "morado oscuro" [dunkelviolett], colorado [farbig], (...) blanco [weiss], (...) amarillo [gelb]".

Mais wurde damals oft zu Tortillas (*tlaxcalli*) verarbeitet und war DAS Grundnahrungsmittel der Indios. Ausserdem wurden Brotfladen (*tascalpachon*), Kuchen (*uilocpaili*), Polenta ("wie Reis gekochter Mais") und Getränke hergestellt und konsumiert (ebd.).

Laut den Beobachtungen von Gonzalo (1535, 265) wuchsen Maisstängel so dick wie ein Daumen und die Pflanzen standen normalerweise weit höher als ein Mensch gross ist. Jeder Stängel trug mindestens einen Kolben, oft auch zwei oder drei. "Jeder Kolben hatte 200-300 Körner, oder auch 400-500" (ebd.). Die Körner waren umhüllt von drei bis vier Lieschblättern.

Die Indios pflügten das Feld nicht und bekämpften nur zu Beginn der Vegetationsdauer schädliche Tiere wie Papageien, Katzen, Rehe und Wildschweine (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Feldbestellung bestand aus abholzen und verbrennen, was bei Windstille geschah, damit die Asche nicht weggetragen wurde. Gesät haben die Indios an Neumond, nachdem das Saatgut 1-2 Tage befeuchtet worden war. Grund für die Vorkeimung ist laut Gonzalo (1535, 264) ein schnelleres Keimen



Abbildung 1: Darstellung wichtiger Arbeiten im Oktober: „Achtgeben auf die Saat“ auf dem frisch gesäten Maisfeld der Inkas (Quelle: Poma de Ayala 1615)



Abbildung 2: Maissaat mithilfe eines Scharrhölzes (Quelle: Codex Florentin, abgebildet in Gay, 1984)

und Aufwachsen der jungen Pflanzen. Das Maisfeld wurde danach solange weitgehend unkrautfrei gehalten, bis der Mais die Kräuter überragte. Danach liess man es bleiben (Gonzalo 1535, 264). **Abbildung 2** zeigt die Maissaat mithilfe eines Scharrhölzes. Die Vegetationsdauer betrug vier Monate. Einige Sorten waren bereits nach drei oder sogar zwei Monaten reif. Von einer Sorte aus Nicaragua weiss der Autor, dass sie nach 40 Tagen reifte, auch wenn diese wenig Ertrag lieferte (Gonzalo, 1535, 267).

Mais in Europa

Belegt ist, dass im Jahr 1500 in Sevilla Maissaatgut ankam. Die Spanier wollten diese Maissorten in Kultur nehmen (Carraretto 2005). Der damals verwendete Name war *Mahiz*. Röser (o.D.) und Carraretto (2005) erwähnen einen Bericht von *Tabernaemontanus* aus dem Jahre 1588, wo von roten, schwarzen, braunen, blauen, weissen, violetten und gelben Maiskörnern die Rede ist. Viele weitere Quellen belegen denselben Sachverhalt (Carraretto 2005, 52). Mais hat den Ozean in verschiedenen Körnerfarben überquert und wurde in Europa in Kultur genommen. Die gesamte Maisvielfalt wurde jedoch nicht linear in Europa eingeführt. In erster Linie konnte sich karibischer und nordamerikanischer Hartmais durchsetzen (Rebourg et al. 2002).

Seit dem 17. Jahrhundert werden die Sorten nachweislich getrennt ausgesät (Röser, o.D.). Seither scheint sich die gelbe und weisse Farbe langsam durchgesetzt zu haben. Schilperoord (2012) zeigt auf, wie farbig die heute noch erhaltenen Schweizer Landmaissorten sind (**Abbildung 3**).

Einmal in Europa angekommen, etablierte sich der Mais in einigen Regionen schnell als Grundnahrungsmittel anstelle von Hirse und Sorghum (Carraretto 2005, 27 und 72). Der Maisanbau erreichte rasch grosse Gebiete in Süd- und Mitteleuropa: Er erreichte 1525 Portugal, 1554 Venedig, 1576 das Baskenland, 1616 die Bresse und 1760-1780 das Piemont (Gay 1984, 72). Oft wurde die neue Pflanze als Hirseart identifiziert und sogar vergessen, dass der Mais ursprünglich aus Amerika stammt (Carraretto 2005, 57).

Mehr und mehr wurde der Mais zur Armenspeise der einfachen Bauern (Carraretto 2005, 65). Dies aus dem Grund, weil die Maisernte weder vom Staat noch von der Kirche besteuert wurde. Getreide musste verkauft werden, um die Steuern zu bezahlen, während man den Mais selber ass (ebd.).

Zubereitung und Mangelernährung

Laut Paredes López (2009) enthält Mais nur sehr wenig Tryptophan, womit für die menschliche Ernährung höhere Mengen an Niacin nötig werden. Mit einem Kochvorgang in alkalischer Lösung (z. B. zusammen mit Asche) wird das vorhandene Niacin besser löslich und absorbierbar (ebd.). Die Indios kannten eine solche Zubereitung, welche heute *Nixtamalisation* genannt wird. Leider war diese Zubereitungsart im damaligen Europa nicht bekannt, sodass bei einseitiger Maisernährung ein Niacinmangel auftrat, der zum Tod führen konnte (Carraretto 2005, 72). Das Krankheitsbild der Mangelernährung wird als Pellagra bezeichnet. Als man den Zusammenhang der Krankheit mit der Maisernährung erkannte, wurde der Mais in Europa als giftig deklariert und abgelehnt. Er verschwand

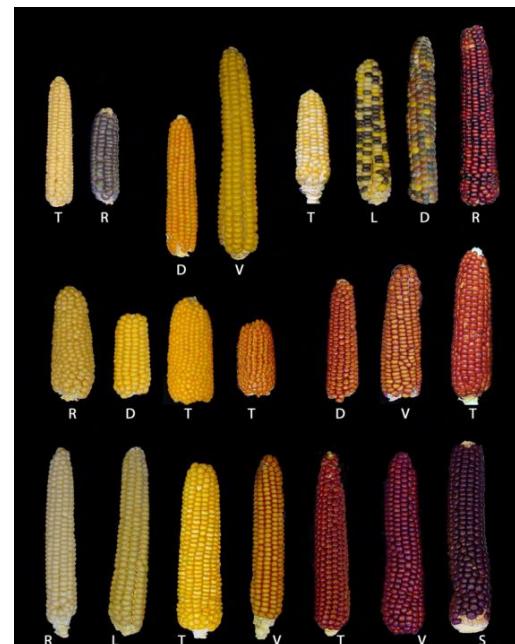


Abbildung 3: Farben- und Kolbenvielfalt von Schweizer Landsorten.

D: Domletschg; L: Lintthal; R: Rheintal; S: Sagogn, Vorderrheintal; T: Tessin und V: Wallis (Quelle: Schilperoord 2012)

daraufhin zu einem grossen Teil als Hauptnahrungsmittel (ebd.). Seither wird Mais in europäisch geprägten Ländern in erster Linie als Tierfutter angebaut. In der Schweizer Küche hat er als Hauptzutat heute noch als Polenta eine gewisse Bedeutung.

2.2 Problematik Hybridmais

Populationssorten und ihre Unterscheidung von Hybridsorten

Populationssorten unterscheiden sich von Hybridsorten, weil sie samenfest sind – also im Nachbau ihre Eigenschaften behalten. Hybridsorten dagegen sind das Kreuzungsprodukt zweier homozygoter Eltern, die beide erwünschte Merkmale einbringen. Genetisch betrachtet sind Hybridpflanzen untereinander identisch, was erklärt, wieso die Pflanzen homogener wachsen und Ertrag liefern als Populationssorten.

Problematik von Hybridsorten

Im Zuge der Aufbauarbeiten nach dem 2. Weltkrieg (Marshall-Plan) brachten die USA 1947 erstmals Hybridmais nach Europa (Carraretto 2005, 171). Dabei waren nicht nur die unbekannten Züchtungssorten eine Revolution. Die Amerikaner brachten ihr ganzes Produktions- und Verarbeitungskonzept mit. Wo z.B. in Frankreich vorher noch alles Handarbeit war, revolutionierte das neue Maisanbausystem die gesamten Strukturen der Landwirtschaft. So wurden neu grössere Flächen in weiter auseinanderliegenden Reihen angebaut. Es wurde nun früher gesät und mit chemischen Mitteln mehr gegen Unkräuter unternommen. Viele Arbeitsschritte wurden komplett mechanisiert (Carraretto 2005, 179).

Kritiker von damals behaupteten, dass es besser gewesen wäre, die alten europäischen Landsorten gezielt weiterzuzüchten. Die restlichen anbautechnischen Neuerungen hätten ebenfalls für eine gewaltige Ertragssteigerung ausgereicht (ebd.).

Befürworter halten dem entgegen, dass die Entwicklung von Hybridsorten eine Verdoppelung des Ertrags in 20 Jahren ermöglicht hat (1935 – 1955). Von 1935 bis 1995 stieg der Ertrag sogar um mehr als das Fünffache (Grausgruber 2014, S. 13). Das sei nur möglich gewesen mit der Hybridmaiszüchtung. Stillschweigend wird davon ausgegangen, dass mit Landmaissorten ein tieferer Ertragsanstieg möglich gewesen wäre.

Abbildung 4 zeigt die genetische Struktur der vier Sortentypen. Die Populationssorten sind sowohl genetisch als auch phänotypisch heterzygot, respektive heterogen. Bei vielen Genen liegen also zwei unterschiedliche Allele vor und die Morphologie der Pflanzen zeigt sich auch auf dem Feld unterschiedlich. Mit den Hybridsorten konnte eine noch höhere Heterozygotie (genetische Mischerbigkeit) erreicht werden, wogegen das Erscheinungsbild einheitlich (homogen) wurde. Dieser Umstand wird mit der Uniformitätsregel von Mendel erklärt, wonach die erste Tochtergeneration (F1) nach einer Kreuzung homozygoter Eltern ein uniformes (homogenes) Erscheinungsbild hat.

Vor- und Nachteile der Hybridmaissorten

Die Problematik dreht sich heute hauptsächlich um die Eigenschaft der Hybridsorten, nur eine Generation lang angebaut werden zu können. „Daher können die von Pflanzen einer Hybridsorte geernteten Samen nicht für den Nachbau dieser Sorte verwendet werden“ (Becker, 2011). Die Sorte ist

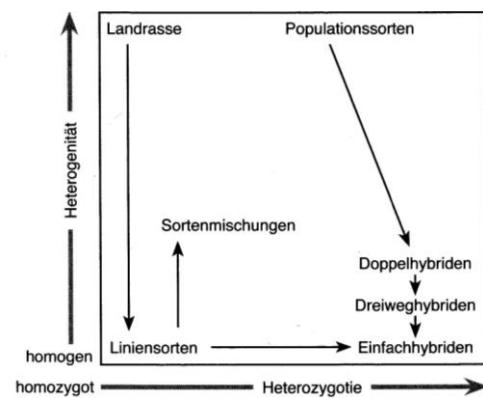


Abbildung 4: Schema zur genetischen Struktur der vier Sortentypen nach Schnell 1982 (Quelle: Becker 2011, 255)

also nicht samenecht, was von Kritikern als unnatürlich empfunden wird. Sie monieren, dass die Aufgabe eines Samens die Verbreitung der Art ist. Diese funktioniere so nicht mehr herkömmlich.

Zu den Vorteilen von Hybridmaissorten zählt die oben bereits erwähnte höhere Homogenität gegenüber einer Populationssorte. Diese bewirkt eine ausgeglichene Qualität (Keiser 2012, 52) sowie einen einheitlicheren Wuchs, der eine einfache maschinelle Bearbeitung und Ernte (z.B. dank einheitlicher Abreife) erlaubt (Becker 2011, 297). Hybridsorten haben zudem meist eine verbesserte Standfestigkeit, was selbst Verfechter der Populationssorten anerkennen (Häfeli 2013, persönliche Mitteilung).

„Nur bei Sorten mit hoher genetischer Homogenität ist es möglich, dass alle Pflanzen der Sorte gleichermaßen den gewünschten Zuch Zielen entsprechen“ (Becker 2011, 291).

Demgegenüber stehen jedoch auch Nachteile. Zum Beispiel steigt das Risiko grossflächiger Krankheitsepidemien an (Keiser 2012, 77). So kam es 1970 zur „Southern corn leaf blight Epidemie“, weil 85% der angebauten Maissorten für diese Blattkrankheit ein anfälliges Gen hatten. Die Epidemie verursachte einen Ertragsausfall von bis zu 50% (ebd.). Der sehr einheitliche Wuchs kommt eben daher, dass jede Pflanze genetisch identisch ist und somit gleich gut oder schlecht auf die Umwelt reagiert (Stress, Krankheiten). Zudem stammen Hybridsorten von relativ wenigen Inzuchtlinien ab und bei der Verwendung einer cytoplasmatischen männlichen Sterilität (CMS) zur Herstellung der Hybriden haben die entsprechenden Sorten alle dasselbe Cytoplasma vererbt erhalten.

In einer Populationssorte sind die Resistzenzen jedoch heterogener verteilt, womit bei einem Krankheitsausbruch nicht alle Pflanzen gleich stark betroffen sind. Das führt zu einer höheren Ertragssicherheit bei Populationssorten. Laut Becker (2011, S. 324) ist der Zuchtfortschritt bei Populationssorten zudem stetig anwachsend, während es bei der Hybridzucht ungefähr 10 Jahre dauert, bis DER Genotyp gefunden ist, der einen höheren Ertrag liefert als die früheren Sorten.

Einige Autoren sehen in der Hybridzucht den Grund für die in den letzten Jahrzehnten stark sinkende Biodiversität der Kulturpflanzensorten (Berlan, 2006). Weil heute ausschliesslich Hybridmais angebaut wird, gehen die genetischen Ressourcen und das Wissen über die Zuchtmerkmale der alten Landmaissorten verloren (Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, o.D.). Lokale Sorten konnten sich über viele Jahre an das Klima der jeweiligen Region anpassen. Auch heute könnten Hofsorten wieder neu entstehen, wenn das Saatgut selber aus den besten Kolben gewonnen würde (Biofarm, 2014). Dabei entstünde wieder neue Biodiversität (Biodiversität der Kulturpflanzen).

Steigende Machtkonzentration der grossen Saatgutunternehmen

Weiter weisen kleinere Züchter darauf hin, dass es bei Hybridsorten schwierig sei, mit den aktuellen Sorten anderer Züchter weiterzuzüchten, da das Züchterprivileg nicht für die Elternlinien gilt (Kunz 2014, Interview). Dies bewirke eine steigende Machtkonzentration hin zu grossen Saatgutunternehmen, weil diesen mehr Geld für die Forschung neuer Linien zur Verfügung stehe.

Die immer grösser werdenden Saatgutkonzerne wecken Befürchtungen, dass die Landwirte in Entwicklungsländern in eine immer stärkere Abhängigkeit zu diesen Unternehmen geraten (Rösch, 2010). Walter Schmid, Zuchtleiter der KWS Saat AG, hält dem entgegen, dass ohne eine finanzierte Züchtung die Maisertragssteigerungen der letzten Jahrzehnte nicht möglich gewesen wären (ebd.). Dieser Mehrertrag komme schlussendlich ebenfalls den Landwirten zu Gute.

3 Material und Methoden

Im vorliegenden Kapitel werden zu den Materialien und Methoden dieser Arbeit auch Methodenteile der vorangehenden Arbeit (Meyer, 2013) aufgeführt, da diese für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sind (siehe **Kapitel 0**). Für die Beantwortung der Fragestellung war ein Feldversuch mit Blockdesign und vier Wiederholungen notwendig. Dieser ist in **Kapitel 3.2** beschrieben. Weiter werden die Methoden der Ertragsmessung sowie die statistische Auswertung von Analyse und Ertragsmessung beschrieben (siehe **Kapitel Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** bis **3.5**).

3.1 Sortenherkunft und Sortenauswahl im Jahr 2013

3.1.1 Sortenherkunft

Die im Feldversuch 2013 angebauten Landmaissorten wurden zum grossen Teil von Martin Häfeli bezogen, der sich für die Erhaltung von Landmaissorten einsetzt (Häfeli 2011). Auf seiner Homepage (www.anhalonium.com) sind 283 Maissorten katalogisiert. Bei der Sortenauswahl wurde im Sortenkatalog nach den Stichworten "wüchsig" und "ertragreich" gesucht. Es fanden sich sechs Hartmais-, drei Zahnmais-, drei Weichmais-, eine Popkorn- und eine Zuckermaissorte, von denen die drei vielversprechendsten für den Ertragsvergleich 2014 ausgewählt wurden. Nachfolgend ist die Sortenherkunft dieser drei Landmaissorten aufgeführt.

Bijeli Crveni (Bij):

Zu diesem Zahnmais gibt Martin Häfeli an, dass das Originalsaatgut vom Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben stammt (2013, persönliche Mitteilung). Das Saatgut enthielt rote und gelbe Körner. In diesem Versuch wurden nur die roten Körner ausgesät. Erwartet wurde im Voraus, dass diese Sorte eine etwas zu lange Temperatursumme benötigt, um zu reifen. Die Sorte produzierte sehr viel Grünmasse und auch 2-3 Kolben pro Pflanze, weshalb sie für diesen Versuch gewählt wurde.

Oaxacan Green (Oax):

Das vorhandene Saatgut wurde im Jahr 2011 über freie-samen.org gekauft und bereits während dreier Jahre in der Schweiz durch den Autor angebaut. Daraus wurden jeweils die schönsten Kolben ausselektiert und neu als Saatgut verwendet. Ursprünglich stammt das Saatgut ebenfalls von Martin Häfeli. Aufgrund des Namens wird der Ursprung in der mexikanischen Region Oaxacan gesehen. Erwartet wurde, dass die Sorte einen guten Kolbenertrag geben wird. Die Produktion der gesamten organischen Masse wurde etwas tiefer eingeschätzt als bei der Sorte *Bijeli Crveni*.

Oranger Tessinermais (Ora):

Über den Ursprung dieser Sorte kann im Sortenkatalog von Anhalonium nichts nachgelesen werden. Der Name deutet auf eine Schweizer Landmaissorte aus dem Tessin hin. Die Pflanzen ergeben einen grossen, unifarbenen Kolben pro Pflanze, womit der reine Kolbenertrag limitiert zu sein scheint. Der Biomasseertrag dürfte kleiner sein als bei den beiden Landmaissorten *Bijeli Crveni* und *Oaxacan Green*. Diese Sorte wurde für den vorliegenden Ertragsvergleich ausgewählt, da die probeweise durchgeführte Analyse einer Körnerprobe eine sehr gute Futterqualität vermuten liessen (Kunz, 2013).

Untenstehend werden die weiteren beobachteten Sorten kurz aufgeführt. Sie wurden nicht für den Ertragsvergleich im Jahr 2014 berücksichtigt:

Blanc de Bresse: Weisser Hartmais von Martin Häfeli. Ursprünglich stammt die Sorte aus der Bresse in Frankreich und wurde für das traditionelle Gericht „Gaudes“ verwendet.

Morado: Anthocyanhaltiger schwarzer Weichmais aus verschiedenen Quellen. Eine davon ist Martin Häfeli. Ursprünglich stammt diese Sorte aus Peru oder Bolivien.

Morado USA: Anthocyanhaltiger schwarzer Weichmais aus den USA. Ursprünglich stammt diese Sorte aus Peru oder Bolivien. Das Saatgut wurde aus den USA bezogen.

Plata: Oranger Hartmais von Martin Häfeli, der diese Sorte seit 1998 im Anbau hat.

Roter Baspinar: Roter Perlmais von Martin Häfeli. Ursprünglich stammt diese Sorte aus der Türkei.

Schafzahnmais: Gelber Zahnmais von Martin Häfeli, der die Sorte vom Verein freie-saaten.org bezog.

Schwarzer Tessinermais (auch Schwarzer Polentamais genannt): Grauschwarze Weichmaissorte der Sativa Rheinau. Der Ursprung liegt vermutlich in New Mexiko (USA).

Tarondant: Orangeroter Hartmais von Martin Häfeli. Ursprünglich stammt diese Sorte aus Marokko.

Weisser Leonhartsberger: Weisser Hartmais von Martin Häfeli, der diese Sorte vom internationalen Notkomitee in Dargun erhielt.

Verde Duro: Grüne Hartmais-Varietät der Sorte Oaxacan Green.

Zuckermaismischung: Mischung, die aus den Zuckermaissorten Maricopa, Golden Bantam, Paiute und Inca Rainbow besteht und von dreschflegel-saatgut.de bezogen wurde.

3.1.2 Blühtermin und Temperatursumme

Nachfolgend ist aufgeführt, wie der Blühtermin und die Temperatursumme ermittelt wurden.

Blühtermine

Um den **Blühtermin der Seide** herauszufinden, wurden in der Blütezeit jeden Tag sämtliche blühenden Fahnen und Seiden jeder Sorte gezählt. Als Blühtermin galt der Tag, an dem bei über 50% der schliesslich geernteten Kolben die Seide sichtbar war. Auf dieselbe Weise wurde der Blühtermin der Fahne bestimmt. Die Differenz der beiden Blühtermine ergab die **Proterandrielänge**. Als Dauer der **vegetativen Phase** wurde die Zeitspanne zwischen Saat- und Blühtermin der Seide ermittelt. Als Dauer der **generativen Phase** wurde die Zeitspanne zwischen Blühtermin der Seide und dem Erntetermin ermittelt.

Temperatursumme

Von Agrometeo (2013) wurden die Tagesdurchschnittstemperaturen von Noflen (630 m. ü. M) übernommen und auf die Höhenlage von Belp (517 m. ü. M) angepasst. Die von Agrometeo gemessenen Daten wurden um jeweils +0.79°C erhöht (0.7°C pro 100 Höhenmeter). Anhand der Blüh- und Erntetermine konnten nun die dafür benötigten Temperatursummen ermittelt werden. Als Basistemperatur galt 6°C und als Temperaturobergrenze 30°C (Agroscope o.D.). Die Berechnungsformel lautet:

$$\Sigma(T_{\text{Durchschnitt Tag1}} - T_{\text{Basis}}) + (T_{\text{Durchschnitt Tag2}} - T_{\text{Basis}}) + \dots = \text{Temperatursumme}$$

Alle Tagessummen, wo die Durchschnittstemperatur grösser als 30°C betrug, wurden weggelassen. Anhand dieser Werte konnte von allen Sorten eine Rangfolge hinsichtlich der Frühreife erstellt werden. Die Gradtagberechnung in Kapitel 4.3 auf Seite 31 wurde analog für den Standort Münsingen berechnet.

3.1.3 Verhinderung unerwünschter Fremdbefruchtung

Die im Feldversuch angebauten Landmaissorten (*Bijeli Crveni*, *Oaxacan Green* und *Oranger Tessinermais*) wurden 2013 mit elf anderen Sorten zur Beobachtung angebaut (Meyer, 2013). Um eine Fremdbefruchtung mit anderen Maissorten zu verhindern, wurden die nachfolgenden Massnahmen ergriffen:

Allgemeine Massnahmen

Als allgemeine Risikominimierung ist bereits der Versuchsaufbau entscheidend. Dabei wurden folgende indirekte Massnahmen ergriffen:

- Die Parzelle lag, umgeben von Wald, 500 Meter entfernt vom nächstgelegenen Maisfeld
- Sie waren in einer Reihe angelegt, wodurch jede Sorte neben maximal zwei anderen stand
- Die Reihenfolge der Sorten wurde nach dem Reifetyp gewählt. Eine relativ frühe Sorte stand neben zwei später reifenden. Diese Einteilung war möglich mithilfe des Sortenkatalogs von Häfeli (2011).

Direkte Massnahmen

Neben den indirekten Massnahmen brauchte es spezielle Verfahren, um die Bestäubung gezielt zu lenken. Zuerst war ein Überdachen der Pflanzen mit einem Pflanzenschutznetz geplant. Diese Methode musste verworfen werden, da das feinmaschigste erhältliche Netz einen zehnmal grösseren Maschen-durchmesser hatte als der Durchmesser des Maispollenkorns (ca. 60µm). Aus diesem Grund wurde nach weiteren Methoden gesucht, die in einem solchen Versuch anwendbar sind.

a.) "Papiersack-Methode"

Über den Schweizer Saatguthersteller Delley Semences et Plantes SA (DSP) konnte in Erfahrung gebracht werden, mit welcher Methode diese Züchtungsfirma die Bestäubung gezielt lenkt (Camp 2013, persönliche Mitteilung). Die Methode entspricht der von Gay (1984, 215) beschriebenen Züchtungsmethode. Laut dem Autor ist es bei der Hybridzucht entscheidend, die Bestäubung exakt zu steuern. Für die Herstellung von Inzuchtlinien muss die Ausgangspopulation 6-7 Mal selbstbefruchtet werden. Bei der Durchführung einer Selbstung wird ein Papiersack bei der Fahne und ein Plastiksack bei der Seide angebracht. Der Papiersack dient zum Sammeln des Pollens, der danach auf die Seide aufgebracht wird. Dieses Verfahren wird sowohl bei der Selbstung als auch bei der Kreuzung verwendet. (ebd.).

Das für diese Methode notwendige Material (Papier- und Plastiksäcke) konnte von DSP bezogen werden. Pro Pflanze wird nach Camp (2013, persönliche Mitteilung) nur der grösste Kolben aktiv befruchtet, der danach entsprechend markiert werden muss.

b.) "A4-Methode"

Im vorliegenden Versuch war es nicht möglich, die Papiersäcke über die Fahnen zu stülpen, um den Pollen zu sammeln. Einige Sorten hatten sehr dünne Stängel, die durch das Gewicht der taugetränkten Papiertüten (Standort!) zu Boden gerissen wurden. Aus nassen Tüten kann ausserdem weniger befruchtungsfähiger Pollen entnommen werden, da die Pollenkörner bei Kontakt mit Wasser sofort aufplatzen (Camp 2013, persönliche Mitteilung).

Aus diesem Grund wurde das Gespräch mit Martin Häfeli (2013) gesucht. Seine Methode zur Verhinderung von Fremdbestäubung nennt er "A4-Methode". Dabei werden die Pflanzen so angebaut, dass sie nicht unmittelbar neben einer anderen Sorte stehen. Jeweils morgens wird ein A4-Blatt unter die Fahne gehalten und diese leicht geschüttelt, damit der reife Pollen auf das Blatt fällt. Der Pollen wird

dann gezielt bei einer oder mehreren Seiden abgelegt. Falsche Einkreuzungen erkennt Häfeli z.T. bereits auf dem Kolben desselben Jahres. Ansonsten schaut er sich im nächsten Jahr die Wuchshöhe an. Sind einzelne Pflanzen viel kräftiger und höher gewachsen, deutet das auf eine unerwünschte Einkreuzung hin. In einem solchen Fall schneidet er die Fahne ab und verhindert so eine weitere Einkreuzung.

c.) "Schüttel-Methode"

Im Feldversuch 2013 wurde die Befruchtung mit einer eigens entwickelten Methode aktiv gesteuert. Kurz bevor die Seide erschien, musste ein Plastiksäcklein angebracht werden. In den folgenden Tagen wurden alle Plastiksäcklein täglich entfernt und die Pflanzen geschüttelt. Dies geschah morgens, sobald der Tau getrocknet war. Diese Bestäubungsart ähnelt derjenigen von synthetischen Sorten. Für die Zucht von Futtergräsern werden die besten Pflanzen in einen abgeschirmten Bereich angepflanzt und können sich frei untereinander bestäuben (Becker 2011, 308).

Genügend Pollen hat eine Sorte nur während einiger Tage. Sobald beim Schütteln keine grosse Pollenwolke mehr entstand, wurden blühende 5-10cm lange Teile der Fahne abgerissen und direkt auf die Seide gelegt. Darauf wurden wieder die Plastiksäcklein befestigt. Mit dieser Methode reiften am gleichen Tag noch einige Pollen nach, obwohl niemand vor Ort sein musste, um aktiv zu bestäuben. Es wurden alle Kolben der Pflanzen aktiv bestäubt, womit sich der Markierungsaufwand erübrigte.

3.1.4 Entscheidungsmatrix

Die im vorliegenden Feldversuch angebauten Landmaissorten (*Bijeli Crveni*, *Oaxacan Green* und *Oranger Tessinermais*) wurden 2013 mit elf anderen Sorten angebaut. Von allen während der Vegetationszeit beobachteten Sorten konnten die Resultate mit einer Entscheidungsmatrix ausgewertet werden. Nachfolgend wird aufgeführt, wie diese Auswertung stattgefunden hat:

Es wurden folgende Mindestanforderungen definiert, die eine Sorte erfüllen musste, um für den Ertragsvergleich infrage zu kommen:

- Standfestigkeit: höchstens Einzelpflanzen fallen zu Boden
- Kältetoleranz: keine starken Symptome sichtbar
- Helminthosporiumresistenz: höchstens Befall an Einzelpflanzen

Waren die Mindestvorgaben erfüllt, konnte die Sorte mit der einfach aufgebauten Entscheidungsmatrix bewertet werden. Je nach Wichtigkeit für die Entscheidungsfindung wurde den nachfolgenden Kriterien eine Gewichtung zugeteilt und für jedes Kriterium drei Bewertungsklassen definiert. Je nachdem, wie gut die Sorte in einem Punkt abgeschnitten hatte, wurde ihr ein besserer oder schlechterer Wert zugeteilt. Eine hohe Zahl bedeutete eine gute Zielübereinstimmung.

Die Entscheidungsmatrix ist in **Tabelle 6** auf Seite 26 abgebildet. Die Gewichtung der Kriterien wurde so gewählt, dass gemessene Werte höher gewichtet wurden als Schätzwerte, wie Erntege wicht und Biomasse (je 10%). Die Temperatursumme und die Entwicklung der Bodenbedeckung sind aussagekräftige Parameter für eine schnelle Jugendentwicklung und wurden mit je 25% gewichtet. Die Kolbenanzahl pro Pflanze ist eine wichtige Ertragskomponente und darum wie die Entwicklung der Pflanzenhöhe mit 15% gewichtet. Die Bodenbedeckung und Pflanzenhöhe wurden visuell anhand von erstellten Diagrammen beurteilt. Bei den restlichen Kriterien basiert die Bewertung auf den erhobenen Daten.

3.2 Versuchsaufbau und Anbautechnik

3.2.1 Versuchsaufbau

Der Ertragsvergleich wurde auf dem Biobetrieb Schwand bei Familie Siegenthaler durchgeführt. Der Betrieb setzt auf Milchviehhaltung, Schweinezucht und Ackerbau. Daneben macht die Paralandwirtschaft einen grösseren Umsatzanteil aus (Vermietung von Immobilien, Pferdepensionen u.a.).

Die Betriebsfläche ist mit einer landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) von 70.6ha verhältnismässig gross. Davon werden 20ha als Ackerfläche, 30ha als Kunstwiese und 20.6ha als Dauergrünland verwendet. Der Versuch findet auf der Parzelle Strassenacker (siehe Nr. 1 auf **Abbildung 5**) statt. Sie ist ungefähr 400 Meter lang und 100 Meter breit.

Die Wahl des genauen Versuchsstandorts innerhalb der Parzelle war abhängig von den vorhandenen Gradienten (siehe **Abbildung 6**). Auf der ganzen Länge entlang des Feldes verläuft die Hauptstrasse Richtung Rubigen. Hecken auf der anderen Seite und eine Kiesader bewirken weitere heterogene Umweltbedingungen, die für den vorliegenden Versuch möglichst vermieden werden mussten. So wurden die Versuchsparzellen einige Meter versetzt, parallel zur Strasse angelegt.

Vier 35 Meter lange und 4.50 Meter breite Streifen sind nebeneinander angeordnet. Jeder Streifen bietet Platz für fünf Teilparzellen mit 6.60 Meter Länge und 4.50 Meter Breite. Eine langgezogene Anordnung wäre ebenfalls möglich gewesen und wurde alternativ geplant, falls der Versuch 4-reihig angesetzt worden wäre. Dies hätte Kleinparzellen von 10 Meter Länge und 3 Meter Breite ergeben.

Auf Seite 12 zeigt **Abbildung 8** die Verteilung der Sorten auf die Wiederholungen. **Abbildung 7** zeigt den Aufbau der 20 Parzellen sowie die Reihen- und Pflanzabstände. Pro Ernteparzelle sollten damit rund 100 Pflanzen für die Analyseproben und Ernteerhebungen zur Verfügung stehen. **Abbildung 9** zeigt ein Luftbild der Versuchsanlage, das mit einer Drohne gemacht wurde.

Für die Parzellenzuteilung wurden im Excel Zufallszahlen für die einzelnen Parzellen gezogen und nach vorher definierten Regeln auf die Sorten aufgeteilt.



Abbildung 5: Ausschnitt aus dem Parzellenplan des Betriebs Schwand. Der Ertragsvergleich fand auf der Parzelle Strassenacker (Nr. 1) statt. (Quelle: swisstopo o.D.).



Abbildung 6: Versuchsaufbau in der Parzelle Strassenacker. Links ist die gesamte Parzelle inklusive der Gradienten dargestellt. Rechts ist die Versuchsfäche etwas näher herangezoomt (Quelle: nach google earth, verändert)

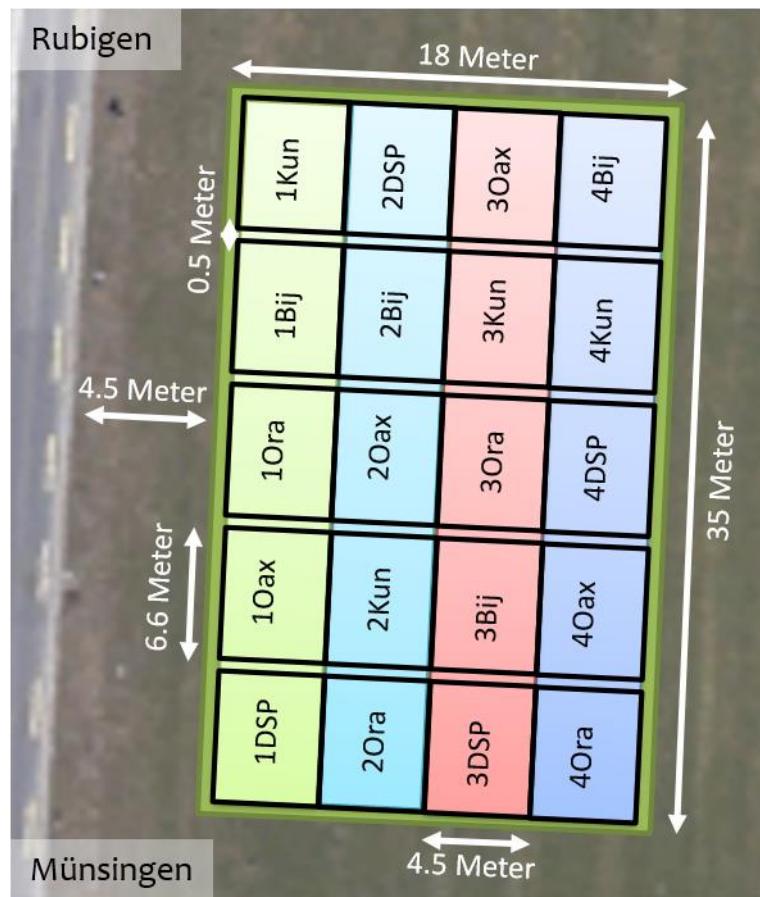


Abbildung 8: Versuchsaufbau inklusive randomisierter Einteilung der Sorten auf die Wiederholungen.

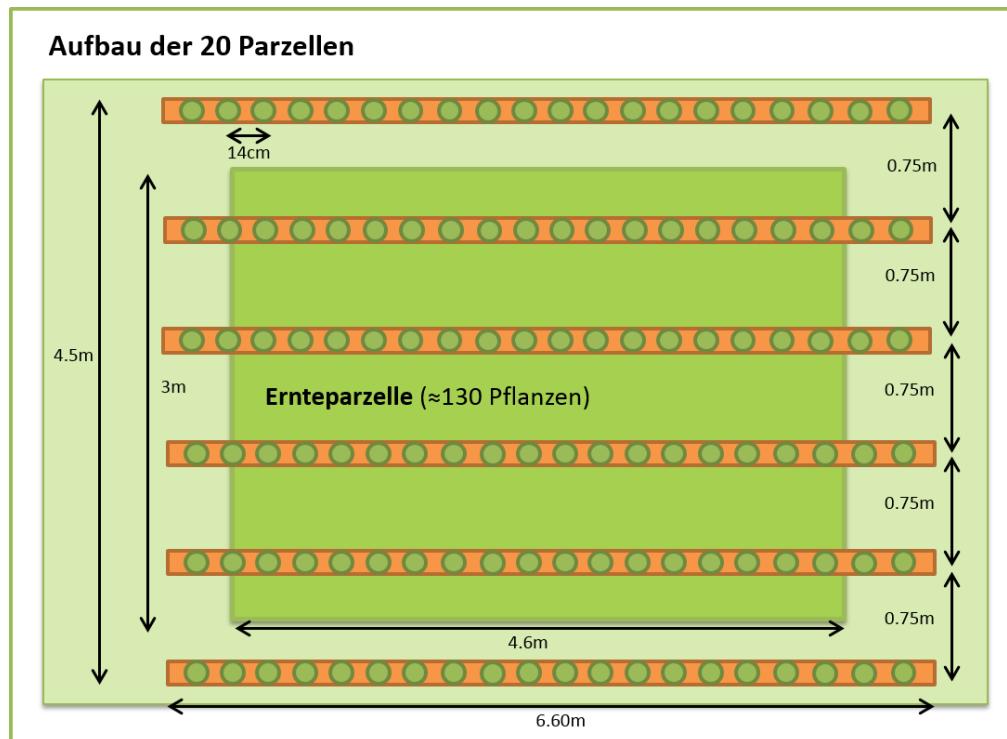


Abbildung 7: Abstände bei der Saat. Der Reihenabstand war mit 75 cm normal gewählt. Der Pflanzenabstand wurde mit 14 cm ebenfalls durchschnittlich gewählt, was zu einer angestrebten Saatdichte von 9-10 Körnern pro Quadratmeter führte.

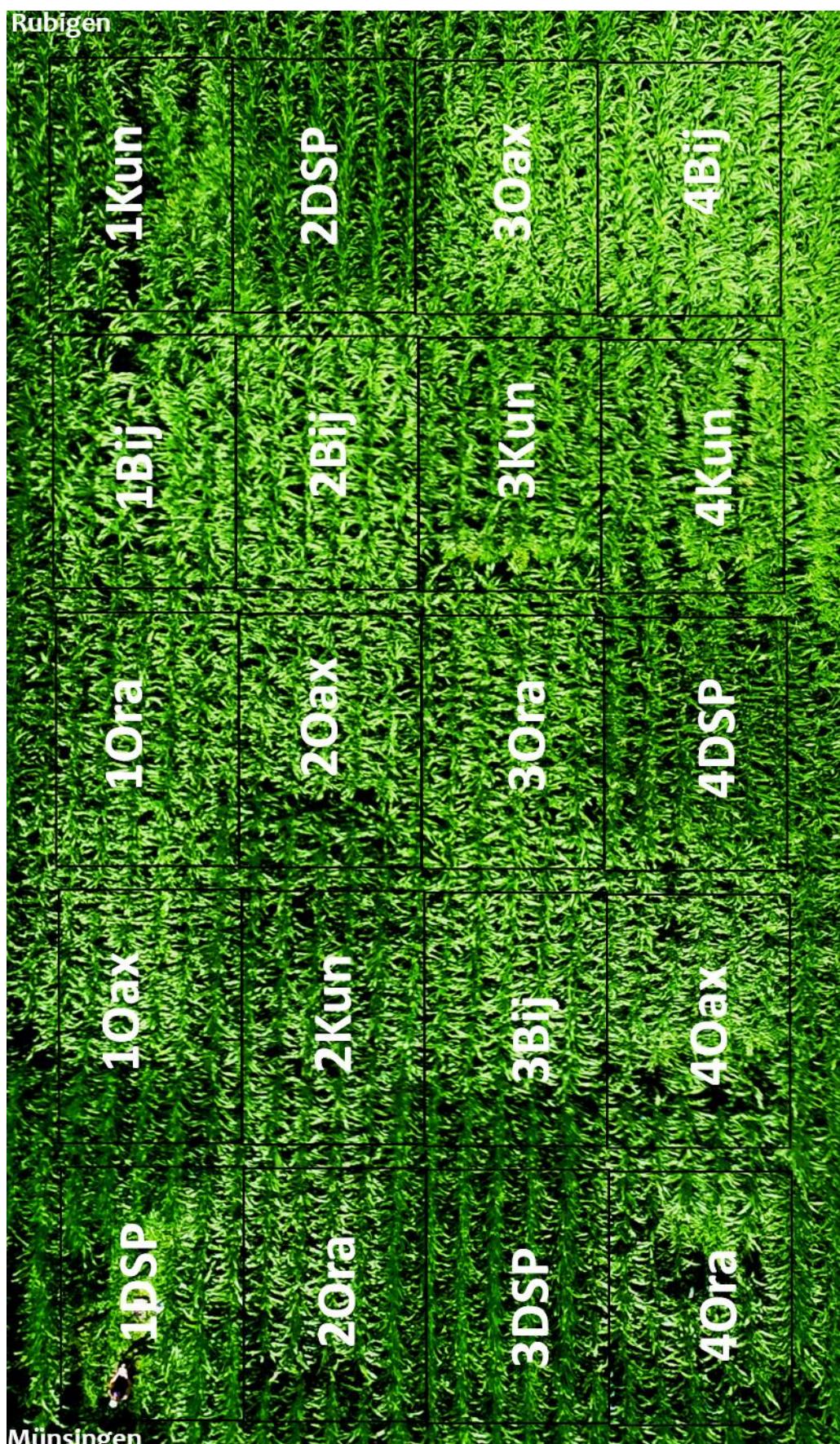


Abbildung 9: Luftaufnahme (25. Juli 2014) des Versuchsaufbaus mit der Beschriftung aller Teilparzellen.

3.2.2 Anbautechnik

Die Fahrtrichtung verlief von unten nach oben, respektive von Münsingen nach Rubigen. Der Betriebsleiter führte die Düngung und Unkrautunterdrückung betriebsüblich durch. Als Vorkultur stand eine Wiese angesät mit einer 300-er Standardmischung und zusätzlichen 5 kg/ha Mattenkleesaat.

Als Pflanzenschutzmassnahme wurde im Frühling in den warmen Boden gesät. Der Saattermin war entsprechend spät - erst am 20. Mai 2014 - und wurde durch den Lohnunternehmer mit einer pneumatischen Saatmaschine mit 6 Scharen durchgeführt. Eine Parzelle wurde dabei mangelhaft gesät, so dass weniger Pflanzen aufliefen (Parzelle Kun1). Danach folgten ein Blind- und Nachauflaufstriegeln sowie zwei Durchfahrten mit dem Hackgerät am 2. Juni und 12. Juni 2014. Bei beiden Hackdurchgängen liessen sich grössere Schäden nicht verhindern. Insbesondere am 12. Juni waren reihenweise Pflanzen ausgerissen. Um die dadurch entstandenen Randeffekte zu minimieren, wurde von Hand nachgesät. Diese später gesäten Pflanzen wurden nicht in die Ertragsberechnung mit einbezogen.

Gedüngt wurde mit 30t Mistkompost (Rottemist) einige Tage nach der Saat. Kurz nach dem zweiten Striegeln wurden zudem mit dem Schleppschlauchsystem 40cm³/ha Gülle aufs Feld gebracht. Die Gülle bestand aus zwei Dritteln Harngülle und einem Drittel Schweinegülle und ist zwischen 1:1 und 1:2 verdünnt gewesen. Die Bodenart im Strassenacker ist Lehm mit einem pH von 7.1. Der Humusanteil beträgt 4% und die Korrekturfaktoren für Phosphor und Kali liegen bei 0.5, respektive 0.6. Diese Werte stammen aus einer Bodenanalyse im März 2010.

3.3 Beobachtungen während der Vegetationszeit

Beobachtungen in den Versuchsparzellen hatten zum Ziel, wichtige Unterschiede in der Entwicklung der verschiedenen Sorten festzuhalten. Es wurden ebenfalls Bonitierungen für häufige Krankheiten durchgeführt, um Anhaltspunkte für Krankheitsresistenz, respektive -toleranz der Sorten zu sammeln. Mit diesen Daten können u.a. nach der Ernte eventuelle Ertragsunterschiede erklärt werden. Wo deutliche Unterschiede festgestellt werden konnten, wurden statistische Auswertungen gemacht, um die Differenzen auf Signifikanz hin zu prüfen. Da in der vorliegenden Arbeit hochgezüchtete Sorten (Hybrid, OPM) und vermutlich schwächer gezüchtete Sorten (Landmais) nebeneinander angebaut wurden, konnten durchaus grössere Unterschiede erwartet werden.

3.3.1 Keimung und Bestandesdichte

Saattermin war der 20. Mai 2014. Am 2. Juni, 10. Juni und 1. Juli 2014 wurde die Bestandesdichte aufgenommen. Dabei mussten sämtliche Pflanzen der Reihen 3 und 4 gezählt und auf die Anzahl Pflanzen pro Quadratmeter umgerechnet werden. Bei lückenhaftem Bestand wurden für ein genauereres Resultat alle Reihen der Ertragsparzellen ausgezählt. Ziel war die Berechnung der Bestandesdichte pro Parzelle (→4 Werte pro Sorte). Die Resultate sind in **Kapitel 4.2.2** auf Seite 27 dargestellt. Die Werte wurden nicht statistisch analysiert. Auf Parzellen, die stellenweise keine Pflanzen aufwiesen (z.B. infolge schlecht eingestelltem Hackgerät), wurde die Bestandesdichte nur auf die Restfläche bezogen. Es handelt sich dabei um die Parzellen Bij1, Dsp1, Oax4 und Ora4. Die Werte von Kun1 mussten komplett ersetzt werden, was in **Kapitel 3.5.3** genauer erläutert wird.

3.3.2 Jugendentwicklung

Die Jugendentwicklung wird anhand der Entwicklung der Bodenbedeckung beurteilt. An zwei Stichtagen wurde die Bodenbedeckung gemessen mithilfe von Fotos, die aus der Vogelperspektive gemacht wurden (1. und 21. Juli 2014). Die daraus errechneten Bodenbedeckungswerte wurden statistisch ausgewertet. Für die drei Landmaissorten wurden diesbezüglich bereits ausführliche Beobachtungen im 2013 durchgeführt. Die Resultate sind in **Kapitel 4.2.3** auf Seite 28 dargestellt.

3.3.3 Krankheitsbonitierungen

Neben dem Ertrag werden bei Maissorten häufig einige weitere Merkmale beobachtet. Dabei handelt es sich vor allem um die Eigenschaften Standfestigkeit und Krankheitsresistenz, respektive -toleranz.

a.) Standfestigkeit

Am 21. Juli, 3. August sowie am 23. August 2014 wurde die Anzahl umgefallener Pflanzen der inneren vier Reihen gezählt. Mit diesen Werten konnte die Umfallhäufigkeit (prozentual umgefallene Pflanzen) pro Sorte ermittelt und statistisch analysiert werden. Die dazugehörigen Resultate sind in **Kapitel 4.2.4** auf Seite 28 dargestellt.

b.) *Helminthosporium turicum*

Bei der Pilzkrankheit *Helminthosporium turicum* wurde die Befallsstärke (% befallene Blattfläche) an zwei Terminen ermittelt (3. August und 6. September 2014). Der Befall wurde bei 20 Pflanzen je Parzelle, also bei insgesamt 400 Pflanzen bonitiert. Je Pflanze musste die prozentuale Befallsstärke geschätzt und eine Note von 1-9 gegeben werden. Die Skala der Befallsstärke wurde der unveröffentlichten Arbeit von Mélanie Roth (2011) entnommen. Die Noten 1-9 bedeuten Folgendes:

Note 1:	0.0% Blattfläche befallen	Note 6:	bis 62.5% Blattfläche befallen
Note 2:	bis 12.5% Blattfläche befallen	Note 7:	bis 75.0% Blattfläche befallen
Note 3:	bis 25.0% Blattfläche befallen	Note 8:	bis 87.5% Blattfläche befallen
Note 4:	bis 37.5% Blattfläche befallen	Note 9:	bis 100.0% Blattfläche befallen
Note 5:	bis 50.0% Blattfläche befallen		

Aus der Bonitur der 20 Pflanzen ergibt sich pro Parzelle ein Mittelwert. Die Mittelwerte der vier Wiederholungen wurden statistisch analysiert und sind in **Kapitel 4.2.5** auf Seite 29 dargestellt.

c.) Fusarienbefall (Körner- und Stängelfäule)

Für den Fusarienbefall wurde die Befallshäufigkeit von Stängel- und Kolbenfäule ermittelt. Die erste Bonitierung erfolgte am 3. August, die zweite am 6. September und die letzte bei der Ernte am 26. September 2014.

d.) Beulenbrand

Beim Beulenbrand wurde die Anzahl befallener Pflanzen je Sorte gezählt (Befallshäufigkeit). Die Auszählung erfolgte zu den gleichen Terminen wie die *Helminthosporium*-bonitierung (3. August und 6. September 2014).

3.4 Ertragserfassung und Analyse des Erntegutes

3.4.1 Ertragserfassung

In erster Linie umfasst die Ertragserfassung das Messen des Gewichts der ganzen Pflanze. 20 Pflanzen wurden pro Parzelle geerntet. Dabei wurde das Gewicht der Stängel und Blätter in kg Frischsubstanz (FS) gewogen und zudem das Gewicht der Kolben an diesen 20 Pflanzen. Das ergibt folgende Werte:

- Gewicht Kolben mit Lieschen (kg FS / 20 Pflanzen)
- Gewicht Restpflanze (kg FS / 20 Pflanzen)

Die Kolben und die Restpflanzen wurden separat gehäckselt und davon je eine Probe für die TS-Bestimmung entnommen. Dies ergibt die weiteren Werte:

- Trockensubstanzgehalt (TS) in Prozent des frischen Erntegutes für Kolben und Restpflanzen
- Gewicht Kolben mit Lieschen (kg TS / 20 Pflanzen)
- Gewicht Restpflanze (kg TS / 20 Pflanzen)
- Kolbenanteil in Prozent vom Ganzpflanzengewicht

Das Erntegewicht wurde danach auf die Hektare hochgerechnet, um übliche Ertragswerte auszuweisen. Dabei wurden die unterschiedlichen Bestandesdichten der Parzellen miteinbezogen. Das ergibt:

- Erntegewicht (dt pro Hektare)

Diese Ertragswerte wurden daraufhin statistisch ausgewertet, um die Unterschiede auf Signifikanz hin zu prüfen. Die gehackten Kolben und Restpflanzen wurden danach gut gemischt und davon die Stichprobe für die Qualitätsanalyse entnommen.

3.4.2 Analyse

Von der Ernteparzelle wird normalerweise eine Stichprobe von mindestens 5 m² erhoben. Das ergibt im vorliegenden Versuch ca. 20 Pflanzen. Daraus wurden **0.5 kg FS** gehäckseltes Erntegut entnommen und für die van Soest-Analyse verwendet. Die Analyse des Erntegutes soll aufzeigen, welche Qualitätsunterschiede zwischen den Sorten bestehen. Bei gewichtigen Unterschieden wird daraufhin eine statistische Auswertung vorgenommen und in den Resultaten dargestellt.

Die **verdauliche organische Substanz vOS** wird mit einer Regressionsgleichung ermittelt:

Formel vOS-Berechnung:

$$vOS = 75.7 + 0.0701 \text{ RP(OS)} + 0.0156 \text{ NDF(OS)} - 0.0720 \text{ ADF(OS)}$$

Die dafür verwendete Formel wurde bei der Forschungsanstalt Agroscope nachgefragt (Münger, 2014).

3.5 Statistische Auswertungen

Die statistischen Analysen wurden im NCSS9 durchgeführt, nachdem die Voraussetzungen geprüft wurden. Mit den Normality Tests wurde untersucht, ob die Residuen normalverteilt waren (Regression/ Multiple Regression). Dabei half der Normal Probability Plot, mit dem auch grafisch überprüft werden kann, ob eine Normalverteilung wahrscheinlich ist. Die Varianzgleichheit wurde mit den Tests of Assumptions Section je für die Sorte und die Wiederholung überprüft (Analysis/ANOVA/One-way Analysis of Variances).

3.5.1 Ertrag

Für die statistische Auswertung des erhobenen Erntegewichts wurden Tukey-Kramer *Multiple Comparison Tests* durchgeführt (*Analysis/ANOVA/Balanced Design Analysis of Variance*). Dabei kann mit dem Blockdesign und den vier Wiederholungen die zufällige Streuung minimiert werden. Analysiert wurden die Werte:

- Gesamtertrag [kg TS] pro Hektare
- Kolbenertrag [kg TS] pro Hektare
- Restpflanzenzehrtrag [kg TS] pro Hektare
- Kolbenanteil [%]

Die Resultate sind in **Kapitel 4.3** auf den Seiten 31-35 dargestellt.

3.5.2 Qualitätsanalyse

Bei der Qualitätsanalyse ging es in der vorliegenden Arbeit darum, die Unterschiede bei wichtigen Analysewerten zu lokalisieren und diese danach statistisch auszuwerten. Nachfolgend sind die Werte aufgeführt, die bei einer Futtermittelanalyse häufig von grossem Interesse sind:

- | | |
|------------------------------------|---|
| • NEL (Energie) | hoher Wert wird angestrebt |
| • Stärkegehalt | hoher Wert wird angestrebt |
| • Verdaulichkeit der Stärke | tiefer Wert ist für die Rinderfütterung ideal |
| • NFC (Non Fiber Carbohydrate) | hoher Wert wird angestrebt |
| • NDF (Neutral Detergent Fiber) | tiefer Wert wird angestrebt |
| • Proteingehalt | hoher Wert hilft, Proteinausgleichsfutter zu sparen |
| • TDN (Total Digestible Nutrients) | hoher Wert wird angestrebt |

Für die Analyse wurden Tukey-Kramer *Multiple Comparison Tests* durchgeführt (*Analysis/ANOVA/Balanced Design Analysis of Variance*). Bei den Analysewerten Stärkegehalt, NDF und Proteinabbaubarkeit waren die Voraussetzungen nicht erfüllt, weshalb die Auswertungen mit dem nicht parametrischen „Test von Friedman“ durchgeführt werden mussten. Die Resultate sind in **Kapitel 4.4** auf Seite 36 dargestellt.

3.5.3 Korrektur der Ertragswerte für die Parzelle Kun1

Der Parzelle Kun1 fehlte aufgrund eines Saatfehlers eine Maisreihe. Da die Ertragsparzelle nicht einfach angepasst werden konnte (Randeffekt), mussten die gemessenen Ertragswerte sowie die Bestandesdichte verworfen und neue Werte anhand der übrigen Resultate berechnet werden. Dies geschah mit untenstehender Berechnungsformel, die als Beispiel den Kolbenertrag für Kun1 berechnet:

$$\text{KolbenertragKun1} = MW_{Gesamt} + (MW_{Kun} - MW_{Gesamt}) + (MW_{Block1} - MW_{Gesamt})$$

$$\text{KolbenertragKun1} = 2.122 + (2.407 - 2.122) + (2.165 - 2.122) = 2.45 \text{ kg TS/20 Pflanzen}$$

Mit dieser Berechnung konnte vermieden werden, dass der Kolbenertrag pro Hektare für die Parzelle Kun1 zu tief ausfiel. In der Qualitätsanalyse wurde der Analysewert „Stärkegehalt“ bei der Parzelle Bij4 als Ausreißer identifiziert und ebenfalls ein Ersatzwert mit obenstehender Formel berechnet.

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden wichtige Ergebnisse der Arbeit aus dem letzten Jahr (Meyer, 2013) und der aktuellen Ertragserhebung erörtert. Das erste Kapitel (**Kapitel 4.1**) befasst sich mit einer Zusammenfassung der Resultate der Arbeit aus dem Jahre 2013. Die Resultate erklären, weshalb in der vorliegenden Arbeit die drei Landmaissorten *Bijeli Crveni* (*Bij*), *Oaxacan Green* (*Oax*) und *Oranger Tessinermais* (*Ora*) für den Ertragsvergleich ausgewählt wurden.

Der Ertragsvergleich aus dem Jahre 2014 wird in den darauffolgenden Kapiteln dargestellt. Die Beobachtungen während der Vegetationszeit werden in **Kapitel 4.2** behandelt. Kern der vorliegenden Arbeit ist **Kapitel 4.3**. Hier werden die Ertragserhebungen sowie die dazugehörigen statistischen Auswertungen dargestellt. **Kapitel 4.4** befasst sich mit den Qualitätsanalysen. In **Kapitel 4.5** werden für jede Landmaissorte alle Resultate der Jahre 2013 und 2014 zusammengestellt.

4.1 Ergebnisse der Beobachtungen im Jahr 2013

Dieses Kapitel fasst einige Resultate der Arbeit „*Landmais-Erhaltenszüchtung – Beobachtung und Auswahl von geeigneten Landmaissorten für einen Ertragsvergleich mit Hybridmais*“ (Meyer, 2013) zusammen.

4.1.1 Saat und Keimung

Das Auflaufen und die Keimrate ist in **Tabelle 1** abgebildet. Einige Sorten hatten eine schlechte Keimrate. Insbesonder *Morado USA*, Schwarzer *Tessinermais* und *Zuckermais* hatten besonders tiefe Keimraten. Saatgut, das nachweislich aus dem letzten Jahr stammte (*Oaxacan Green*, *Verde Duro*, *Morado*), schnitt mit einer maximalen Keimrate von 100% ab.

Tabelle 1: Keimraten der 14 angebauten Sorten.

Landmaissorte	Keimrate Feldsaat
Oaxacan	100.00%
Verde duro	100.00%
Tarondant	100.00%
Morado	100.00%
Plata	94.12%
Schafzahn	93.75%
Orang. Tessiner	83.33%
Leonhartsberger	83.33%
Blanc de Bresse	82.35%
Baspinar	76.47%
Bijeli Crveni	72.73%
Zuckermais	62.50%
Schw.Tessiner	56.25%
Morado USA	56.25%

4.1.2 Jugendentwicklung

Das Wetter im Frühling 2013 war ausgesprochen nass und kalt, so dass die Entwicklung der Vegetation um mehrere Wochen verzögert war. Die untersuchte Jugendentwicklung gibt deshalb Auskunft über das Verhalten der Maissorten auf überdurchschnittlichen Stress in Form von Kälte und Nässe im Frühling. Wichtige Parameter für die Jugendentwicklung sind die Entwicklung der Bodenbedeckung und der Pflanzenhöhe sowie Beobachtungen bezüglich Krankheiten und Schädlinge.

a.) Entwicklung der Bodenbedeckung

In **Abbildung 10** ist die Entwicklung der Bodenbedeckung auf den Teilparzellen aller 14 Sorten abgebildet. Um einen besseren Überblick zu erhalten, ist in **Abbildung 11** nur eine Auswahl dargestellt.

Betrachten wir nur die Entwicklung der Bodenbedeckung, so hat *Oaxacan Green* die beste Jugendentwicklung und der Schwarze *Tessinermais* die schlechteste. Bei letzterem ist dieser schlechte Wert allerdings auch mit der geringen Anzahl Pflanzen zu begründen (nur 21 statt 32 Pflanzen). Sehr ansprechend war die Bodenbedeckung der Sorten *Morado* und *Morado USA*, die sich in kühler Witterung

offensichtlich sehr schnell entwickeln konnten. Dieses gute Wachstum im schwierigen Frühling 2013 ist umso erstaunlicher, als dass diese Sorten wenig an das Schweizer Klima angepasst sind.

Die Entwicklung der Sorte *Plata* ist insofern bemerkenswert, als dass diese Sorte einen sehr schwachen Start hatte, jedoch den Rückstand im Verlauf der Vegetationszeit verkürzen konnte und schliesslich eine durchschnittliche Bodenbedeckung aufwies. Die Sorte *Plata* hat unter dem schlechten Frühling gelitten und ihr Potential erst im späteren Vegetationsverlauf angedeutet.

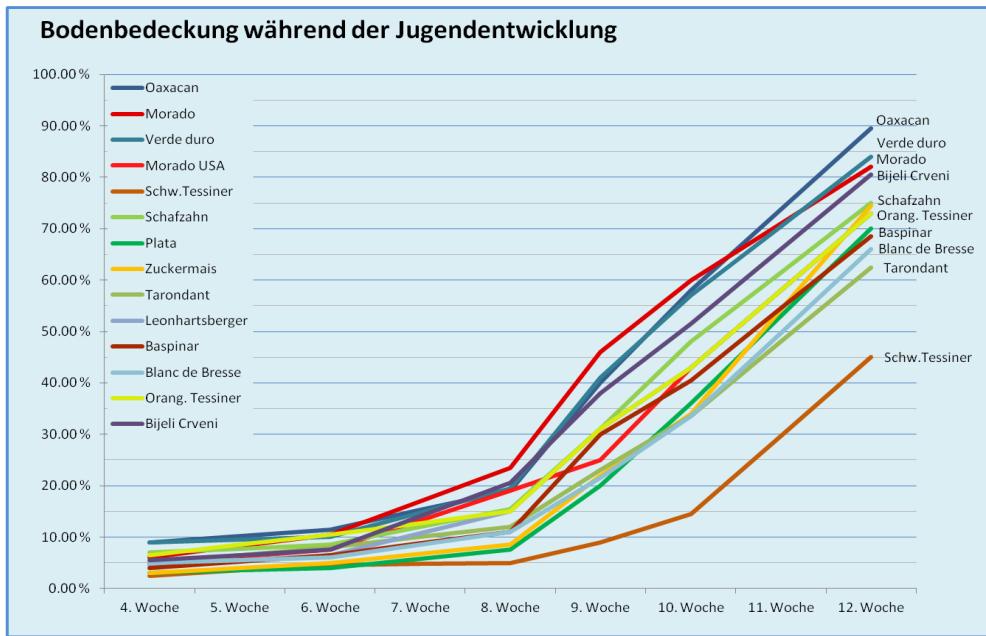


Abbildung 10: Entwicklung der Bodenbedeckung aller 14 Sorten. Gemessen wurde die Bodenbedeckung anhand von Fotos aus der Vogelperspektive in den Wochen 4, 6, 8, 9, 10, 12 nach der Saat.

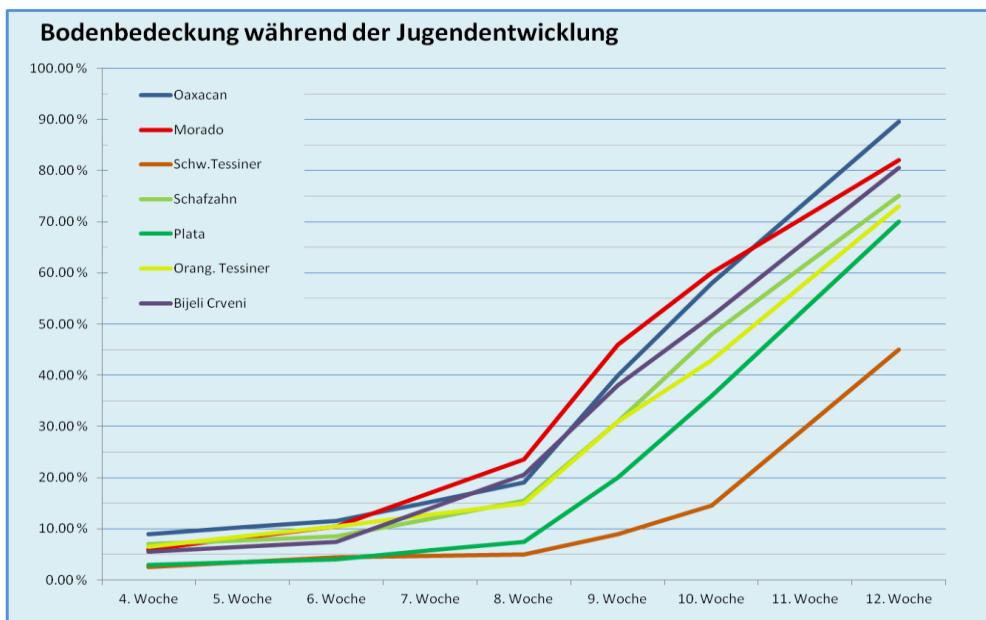


Abbildung 11: Entwicklung der Bodenbedeckung für eine Auswahl der Sorten. Gemessen wurde die Bodenbedeckung anhand von Fotos aus der Vogelperspektive in den Wochen 4, 6, 8, 9, 10 und 12 nach der Saat.

b.) Entwicklung der Pflanzenhöhe

In **Abbildung 12** ist die Pflanzenhöhe aller Sorten von der Saat bis kurz vor der Ernte abgebildet. Auffallend ist die hohe Durchschnittshöhe der Sorten *Morado* (359 cm) und *Morado USA* (360 cm). Die Sorte *Morado USA* war Ende August als einzige Sorte noch nicht in der Blüte. Deren Durchschnittshöhe liegt vermutlich noch höher bei etwa 380 cm. Weiter fiel auf, dass die Sorte *Bijeli Crveni* etwas höher wuchs als die restlichen, an unser Klima angepassten Sorten. Das geringste Höhenwachstum wiesen die weiss-körnigen Sorten *Leonhartsberger* und *Blanc de Bresse* auf. Eine besondere Entwicklung konnte bei der Sorte *Plata* beobachtet werden, die bis Anfang Juli die durchschnittlich kleinsten Pflanzen aufwies. Wie bereits bei der Bodenbedeckung lag sie dann Ende August wieder im Mittel aller überprüften Sorten.

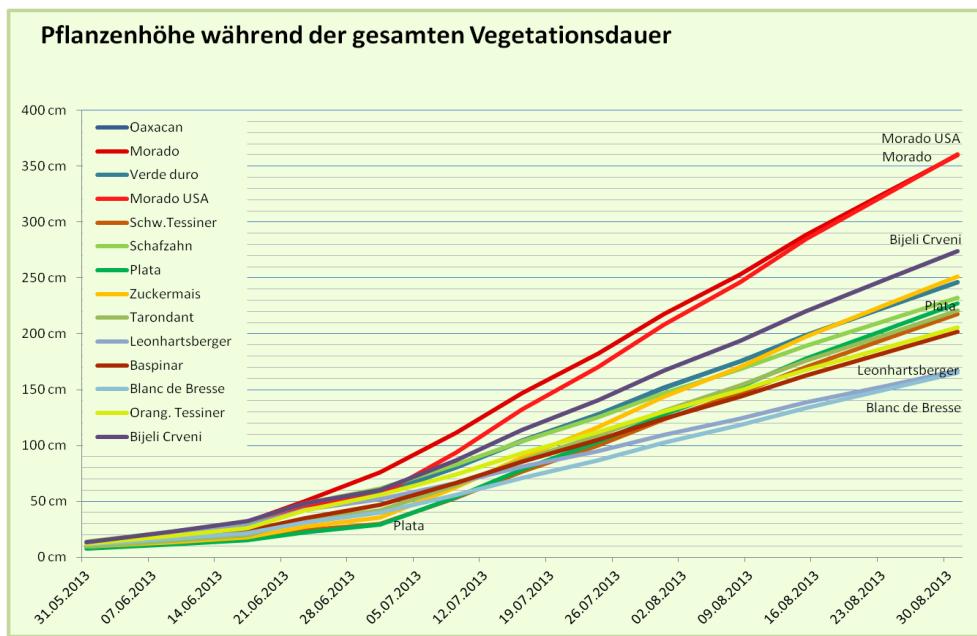


Abbildung 12: Darstellung der Pflanzenhöhen im Verlauf der Vegetationsdauer. Gemessen wurde vier Mal in der Jugendentwicklung (31. Mai, 17. Juni, 23. Juni, 1. Juli) und zusätzlich vor der Ernte (31. August 2014).

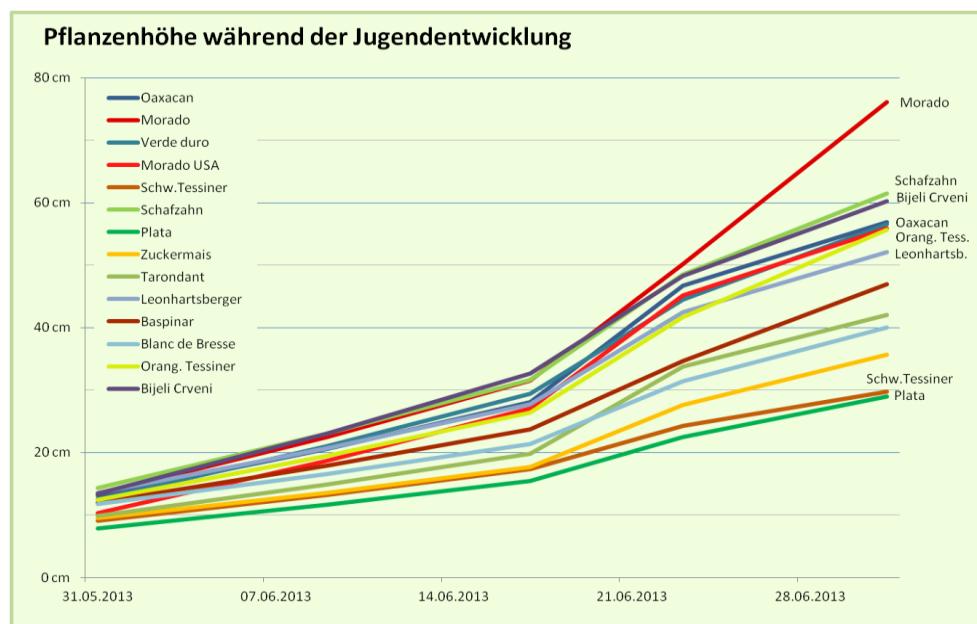


Abbildung 13: Darstellung der Pflanzenhöhe in der Jugendentwicklung. Gemessen wurde an vier verschiedenen Daten (31. Mai, 17. Juni, 23. Juni, 1. Juli 2014).

In **Abbildung 13** sind die für die Jugendentwicklung relevanten Messungen der Pflanzenhöhe aufgeführt. Dabei fällt auf, dass die kleinwachsende Sorte Leonhartsberger in der Jugendentwicklung noch zu den durchschnittlich hohen Sorten zählte. Die Sorte Morado war bereits in dieser frühen Phase die mit Abstand höchste Pflanze. Dagegen wuchs die Sorte Plata im kalten Frühling 2013 sehr langsam.

c.) Stresssymptome, Krankheiten und Schädlinge

Aufgrund der schlechten Witterung im Frühling 2013 war Kältestress zu erwarten. Im Feldversuch waren vor allem die Sorten Schwarzer Tessinermais und Blanc de Bresse wenig tolerant gegenüber der kalten Witterung. Sie reagierten mit Nekrosen oder deutlich aufgehellten Blättern. Dabei zeigte sich bei je 10 Pflanzen ein Phosphormangel. Pflanzen anderer Sorten zeigten ebenfalls einen P-Mangel. So bei Bijeli Crveni (3 Pflanzen), Oranger Tessinermais (3), Rotes Baspinar (3) und Verde Duro (1). Zudem zeigten acht Pflanzen von Blanc de Bresse einen Magnesium-Mangel, der noch bis Ende Juni sichtbar blieb.

Krankheiten wurden in der frühen Jugendentwicklung keine festgestellt. Kurz vor der Blüte zeigte Plata auf vielen Blättern Schäden von *Helminthosporium tucicum*. Zur selben Zeit, aber bereits nach der Blüte zeigte ebenfalls Leonhartsberger einigen Befall mit diesem Pilzerreger. Zu Beginn der Blüte tauchten vermehrt Wespen auf, die an den Fahnen zu fressen schienen. Ab diesem Zeitpunkt nahmen die Fälle von Maisbeulenbrand (*Ustilago maydis*) markant zu. Vor allem die Sorten Morado und Morado USA zeigten wenig Resistenz gegenüber diesem Pilz.

4.1.3 Bestockung und Blüte

Bestockungstrieben wurden an vier Daten ausgezählt. In grösserem Umfang machten nur folgende Sorten Bestockungstrieben (**Tabelle 2**):

- Zuckermais-Mischung (53)
- Schwarzer Tessinermais (11)
- Oaxacan Green (9)
- Verde Duro (8)

Vor allem die Zuckermaismischung war mit 53 Trieben bis zum 13. Juli 2013 stark bestockend. Die Sorten Oaxacan Green, Verde Duro und Schwarzer Tessinermais zeigten eine regelmässige, jedoch geringe Bestockung, die vermutlich bei tiefen Bestandesdichten kompensatorisch wirken kann. Die restlichen Sorten bestockten entweder gar nie oder nur nach Verletzungen.

Tabelle 3 zeigt die erhobene Proterandrielänge aller Sorten. Die Zahl rechts gibt an, wie viele Tage nach der Fahne die Seide zu blühen begann. Auffallend sind die beiden wenig angepassten Maissorten Morado und Morado USA, die einen durchschnittlichen Abstand von drei Wochen zwischen männlicher und weiblicher Blüte aufwiesen. Die Befruchtung dieser Sorten ist schwierig, da bei Erscheinen der Seide der Pollen fehlt.

Tabelle 2: Anzahl Bestockungstrieben gezählt an vier verschiedenen Zeitpunkten bei 32 Pflanzen je Sorte.

Landmais sorte	14.06.2013	23.06.2013	01.07.2013	13.07.2013
Oaxacan	5	9	9	9
Morado	0	0	0	0
Verde duro	8	8	8	8
Morado USA	0	0	0	0
Schw.Tessiner	0	0	4	11
Schafzahn	2	2	2	3
Plata	0	4	4	5
Zuckermais	4	12	24	53
Tarondant	0	0	0	3
Leohnartsberger	0	0	3	4
Baspinar	0	0	0	0
Blanc de Bresse	0	0	0	0
Orang. Tessiner	0	0	0	0
Bijeli Crveni	2	3	3	3

Tabelle 3: Proterandrielänge: Differenz in Tagen zwischen durchschnittlicher Blüte der Fahne und dem Erscheinen der Seide.

Landmais- sorte	Tage zwischen Fahne (♂) und Seide (♀)
Morado USA	23
Morado	20
Verde duro	8
Zuckermais	8
Tarondant	5
Baspinar	5
Blanc de Bresse	5
Bijeli Crveni	5
Oaxacan	4
Schw.Tessiner	3
Schafzahn	3
Leohnartsberger	2
Orang. Tessiner	2
Plata	1

Befruchtungserfolg der Bestäubungsmethode

Die eigens entwickelte Methode zur Bestäubung (siehe **Kapitel 3.1.2**) erbrachte die erhofften Resultate. Durch das Anbringen eines Plastiksäckleins war die Wahrscheinlichkeit einer unerwünschten Bestäubung minimal und im Ergebnis waren die Kolben trotzdem schön gefüllt mit Körnern. Damit konnte ein wichtiges Ziel dieser Arbeit erreicht werden. Das Wetter war vor und während der Blüte sehr sonnig und windstill, was eine gute Befruchtung zusätzlich begünstigte.

4.1.4 Ernte

Geerntet wurden die Kolben der verschiedenen Sorten vom 16. September bis 26. Oktober 2014. Erntereife Kolben fanden sich zuerst bei den Sorten *Oaxacan Green*, *Verde Duro*, *Schafzahnmais* und *Leonhartsberger*. Mit den aufgezeichneten Ernteterminen wurde die Gradtagberechnung durchgeführt.

a.) Temperatursummenberechnung

Mit Ausnahme der Morado-Sorten blühten alle bis Mitte August und hatten dabei gute Wetterbedingungen. Die Bestäubung zeigte gute Resultate. Mit einer Temperatursumme von ca. 1550°C reiften 6 der 14 Sorten relativ schnell ab (*Verde Duro*, *Schafzahnmais*, *Oaxacan Green*, *Leonhartsberger*, *Blanc de Bresse* und *Oranger Tessinermais* (**Abbildung 14** von links)). Das entspricht in der Sortenliste einer mittelfrühen bis mittelpäten Silomaissorte. Die Sorte *Rotes Baspinar* reifte bei 1654 °C. Noch etwas später reif waren die Sorten *Tarondant*, *Plata*, *Bijeli Crveni*, *Schwarzer Tessinermais* und *Morado* (**Abbildung 14**)

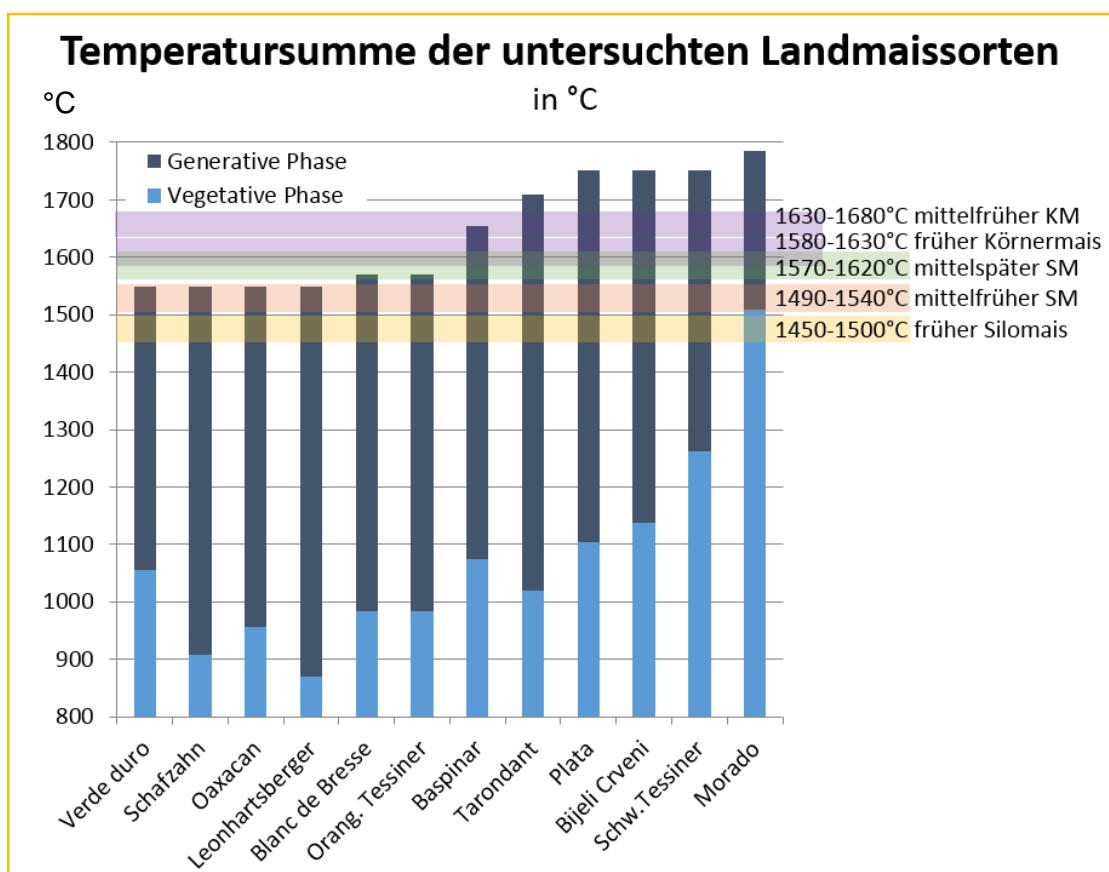


Abbildung 14: Darstellung der berechneten Temperatursummen für 12 von 14 Sorten. Dargestellt sind die benötigten Summen für vegetative (Saat bis Blüte) und generative Phase (Blüte bis Ernte). Die Sorte Morado USA reifte nicht aus. Die Sorte Zuckermais wurde bereits in der Milchreife geerntet, weshalb beide hier nicht dargestellt sind.

b.) Beobachtung von Ertragskomponenten

Tabelle 5 zeigt die erhobene Anzahl Kolben je Pflanze. Durchschnittlich trug jede Sorte ein bis zwei Kolben pro Pflanze. Morado USA reifte nicht aus und hatte deshalb einen sehr tiefen Wert. Die total geernteten Kolben wogen zwischen 7 und 11 kg FS (**Tabelle 4**). Die Sorten Oaxacan Green, Verde Duro und Bijeli Crveni hatten sowohl eine hohe Kolbenanzahl als auch eine grosse Kolbenmasse (kg FS). Ohne Tausendkorngewicht (TKG) und Trockensubstanzgehalt (TS) liefern die vorhandenen Resultate keine Angaben über den effektiven Kolbenertrag. Sie werden nur als ungefähren Schätzwert aufgeführt.

Die produzierte Biomasse wurde ebenfalls schätzungsweise erhoben (**Tabelle 4**). Dabei zeigte sich, dass vor allem die beiden Sorten Morado und Morado USA mindestens doppelt so viel Biomasse produziert hatten wie die nächstbesten Sorten Oaxacan Green, Verde Duro und Bijeli Crveni.

Tabelle 5: Darstellung der Anzahl Kolben pro Pflanze: In der rechten Spalte ist die durchschnittliche Kolbenanzahl pro Pflanze aufgeführt.

Landmaisort	Anzahl Kolben	Anzahl Pflanzen	Kolben/Pfl.
Baspinar	58	29	2.00
Verde duro	66	34	1.94
Zuckermais	54	28	1.93
Oaxacan	63	33	1.91
Bijeli Crveni	59	34	1.74
Plata	55	33	1.67
Tarondant	50	32	1.56
Blanc de Bresse	45	32	1.41
Leonhartsberger	44	33	1.33
Orang. Tessiner	35	32	1.09
Schafzahn	36	33	1.09
Morado	37	35	1.06
Schw.Tessiner	28	27	1.04
Morado USA	5	27	0.19

Tabelle 4: Links: Schätzung des Restpflanzen-gewichts (Liter FS). Die Pflanzenhäcksel wurden mit Plastikeimern abgezählt. Rechts: Kolben in kg FS gewogen mit einer Federwaage

Landmais-Sorte	Biomasseproduktion [liter FS]	Kolbenmasse [kg FS]	Landmais-Sorte
Morado	200.00 Liter	10.95 kg FS Bijeli Crveni	
Morado USA	150.00 Liter	10.90 kg FS Zuckermais	
Verde duro	125.00 Liter	10.20 kg FS Morado	
Oaxacan	112.50 Liter	10.15 kg FS Verde duro	
Bijeli Crveni	87.50 Liter	10.10 kg FS Oaxacan	
Zuckermais	75.00 Liter	8.70 kg FS Schafzahn	
Baspinar	75.00 Liter	7.80 kg FS Baspinar	
Plata	62.50 Liter	7.60 kg FS Tarondant	
Tarondant	62.50 Liter	7.30 kg FS Leonhartsberger	
Schw.Tessiner	50.00 Liter	7.20 kg FS Orang. Tessiner	
Schafzahn	50.00 Liter	7.10 kg FS Plata	
Leonhartsberger	50.00 Liter	7.00 kg FS Schw.Tessiner	
Orang. Tessiner	50.00 Liter	6.90 kg FS Blanc de Bresse	
Blanc de Bresse	37.50 Liter	2.60 kg FS Morado USA	

c.) Krankheiten und Schädlinge

Insgesamt wurden einige Krankheiten und Schädlinge beobachtet, nicht aber bonitiert.

Maisbeulenbrand

Bei einigen Sorten trat Beulenbrand (*Ustilago maydis*) auf. Der Befall war jedoch nur bei Morado und Morado USA von Bedeutung. Interessanterweise gab es an diesen beiden Sorten auch ein grosses Vorkommen an Wespen. Es scheint möglich, dass Wespen ein Infektionsfaktor für den Beulenbrand sind.

Helminthosporium und Fusarien

Ein früher Befall mit *Helminthosporium turicum* trat bei der Sorte Plata auf. Bei den restlichen Sorten trat ein Befall erst nach der Blüte auf. Vor allem die Sorte Leonhartsberger zeigte dabei während der Reife einen starken Befall. An den geernteten Kolben waren nur bei der Sorte Leonhartsberger Fusarien (*fusarium verticillioides*) festzustellen. Bei allen anderen Sorten wurde dies nicht beobachtet.

Standfestigkeit

Es gab kaum Probleme mit der Standfestigkeit. Abgesehen von einigen Pflanzen bei Morado USA hatte nur die Sorte Leonhartsberger eine schlechte Standfestigkeit: Am 8. September 2014 fielen 12 Pflanzen zur gleichen Zeit um. Ansonsten sahen die Bestände bis zur Ernte sehr schön aus.

4.1.5 Resultate der Entscheidungsmatrix

Von den 14 angebauten Sorten eigneten sich 8 Sorten für das Auswahlverfahren mit der Entscheidungsmatrix. Die 6 restlichen Sorten wurden aus folgenden Gründen nicht mit dieser Bewertungsmethode überprüft:

- Leonhartsberger und Morado USA hatten eine geringe Standfestigkeit
- Die Sorte Plata wies einen frühen *Helminthosporium*-Befall auf, der fast alle Pflanzen betraf
- Der Schwarze Tessinermais und die Sorte *Blanc de Bresse* zeigten im Frühling starke Symptome von Kältestress
- Die Zuckermais-Mischung keimte schlecht

Für die geeigneten Sorten sind in **Tabelle 6** auf Seite 26 die Resultate der Entscheidungsmatrix dargestellt. Das Resultat ist eine Rangliste der acht überprüften Sorten. Die ersten Plätze belegen Verde Duro, Oaxacan Green und Bijeli Crveni. Nachfolgend ein Berechnungsbeispiel:

Beispiel Oaxacan Green für das Kriterium Bodenbedeckung:

0.25 (25%) x 3 (überdurchschnittliche Entwicklung der Bodenbedeckung) = **0.75 als Total**.

Die Werte aller Kriterien wurden addiert, was den Wert "Total" ergab (bei Oaxacan Green 2.75).

Das Resultat der Entscheidungsmatrix zeigt, dass die Sorten Verde Duro, Oaxacan Green und Bijeli Crveni die Ränge 1 bis 3 belegen und somit am besten geeignet sind für einen Ertragsvergleich mit Hybridmais. Danach folgen die Sorten Morado, Schafzahnmais, Oranger Tessinermais und Rotes Baspinar.

Verde Duro ist eine Varietät von Oaxacan Green und dieser Sorte sehr ähnlich. Deshalb wurden nicht beide für den Ertragsvergleich gewählt. Neben den Sorten Oaxacan Green und Bijeli Crveni wurde als dritte Sorte schliesslich der Orange Tessinermais gewählt, da diese Sorte bei einer nicht repräsentativen Körneranalyse eine sehr gute Qualität vermuten liess (Kunz, 2013).

Tabelle 6: Entscheidungsmatrix: Jedem Kriterium wurde eine Gewichtung gegeben und je drei Bewertungsklassen definiert. Diese sind im unteren Teil der Tabelle ersichtlich. Ein hoher Wert bedeutet, dass die Sorte in den gewählten Kriterien im Vergleich zu den anderen Sorten gut abgeschnitten hat. Die Sorten *Verde Duro*, *Oaxacan Green* und *Bijeli Crveni* belegen die Ränge 1 bis 3 und sind somit laut Entscheidungsmatrix am besten geeignet für einen Ertragsvergleich mit Hybridmais. Danach folgen die Sorten *Morado*, *Schafzahnmais*, *Oranger Tessinermais* und *Rotes Baspinar*.

		Entscheidungs-Alternativen								
Entscheidungskriterien	Gewichtung Kriterien in %	Oaxacan Green	Morado	Verde Duro	Schafzahnmais	Bijeli Crveni	Rotes Baspinar	Oranger Tessinermais	Tarondant	
		Bewert. Total	Bewert. Total	Bewert. Total	Bewert. Total	Bewert. Total	Bewert. Total	Bewert. Total	Bewert. Total	
	Entwickl. Bodenbedeckung	25% = 0.25	3 0.75	3 0.75	3 0.75	2 0.50	3 0.75	2 0.50	2 0.50	1 0.25
	Entwickl. Pflanzenhöhe	15% = 0.15	2 0.30	3 0.45	2 0.30	3 0.45	3 0.45	1 0.15	2 0.30	1 0.15
	Temperatur-Summe	25% = 0.25	3 0.75	1 0.25	3 0.75	3 0.75	2 0.50	2 0.50	3 0.75	2 0.50
	Kolben pro Pflanze	15% = 0.15	3 0.45	1 0.15	3 0.45	1 0.15	3 0.45	3 0.45	1 0.15	2 0.30
	Erntegewicht [kg FS]	10% = 0.10	3 0.30	3 0.30	3 0.30	2 0.20	3 0.30	2 0.20	2 0.20	2 0.20
	Biomasse [Liter FS]	10% = 0.10	2 0.20	3 0.30	3 0.30	1 0.10	2 0.20	2 0.20	1 0.10	2 0.20
	Total	100 %	2.75	2.20	2.85	2.15	2.65	2.00	2.00	1.60
Entscheid (Rang)			2	4	1	5	3	6	6	8

Bewertungsklassen der Entscheidungskriterien

- | | | |
|--|---|--|
| Entw. Bodenbedeckung (Abb. 7): 3 Punkte: Entwicklung überdurchschnittlich | 2 Punkte: Entwicklung durchschnittlich | 1 Punkt: Entwicklung unterdurchschnittlich |
| Entw. Pflanzenhöhe (Abb. 10): 3 Punkte: Entwicklung überdurchschnittlich | 2 Punkte: Entwicklung durchschnittlich | 1 Punkt: Entwicklung unterdurchschnittlich |
| Temperatursumme (Abb. 11): 3 Punkte: Temperatursumme um die 1500 | 2 Punkte: Temperatursumme um die 1700 | 1 Punkt: länger als 1800 |
| Kolben pro Pflanze (Tab. 4): 3 Punkte: 1.6 bis 2.0 Kolben pro Pflanze | 2 Punkte 1.2 bis 1.6 Kolben pro Pflanze | 1 Punkt: 0.0 bis 1.2 Kolben pro Pflanze |
| Erntegewicht [kg FS] (Tab. 5): 3 Punkte: >10kg FS | 2 Punkte: 7-10kg FS | 1 Punkt: 0- |
| Biomasse [Liter FS] (Tab. 5): 3 Punkte: >120 Liter FS | 2 Punkte: 60 bis 120 Liter FS | 1 Punkt: 0 bis 60 Liter FS |

4.2 Ergebnisse der Beobachtungen während des Vegetationsverlaufes

4.2.1 Saat

Die Saat verlief grösstenteils nach Plan. Die Sorten wurden korrekt in die vier Wiederholungen gesät. Nur bei Parzelle Kun1 (OPM12 von Peter Kunz) wurde die Saatmaschine schlecht gelenkt, so dass die Körner manuell entfernt werden mussten. Diese Parzelle zeigte im Verlauf der Vegetationszeit die tiefste Bestandesdichte aller Parzellen. Die Werte mussten schliesslich durch berechnete Werte ersetzt werden (siehe S. 16). Auf **Abbildung 15** ist die auf der Parzelle fehlende Reihe von Kun1 in der Ecke oben links zu erkennen.

4.2.2 Bestandesdichte [Pflanzen / m²]

Die Versuchsfläche wurde durch den Landwirt selber bewirtschaftet. Anfang Juni wurde der Mist ausgebracht, als die jungen Keimlinge bereits aufgelaufen waren. Die grossen Mistbrocken zerstörten einen Teil der Keimlinge und hinderten andere beim Wachstum, weil sie durch Mistklumpen hindurch wachsen mussten.

Der erste Hackdurchgang am 2. Juni 2014 reduzierte die Bestandesdichte weiter, da mit der Maschine nicht immer genau die Spur gehalten werden konnte. Diese Verluste bewegten sich jedoch in annehmbaren Rahmen. Beim zweiten Hackdurchgang am 12. Juni 2014 wurden an einigen Stellen alle Pflanzen ausgerissen. Im Versuch betroffen waren vor allem die Parzellen Bij1, Dsp1, Ora4 sowie Oax4, wie nebenstehendes Luftbild schön zeigt (**Abbildung 15**). Um die daraus entstehenden Randeffekte wieder zu eliminieren, wurde in den entstandenen Lücken neu angesät.

Die Bestandesdichte [Pflanzen/m²] jeder Parzelle wurde an drei verschiedenen Daten erhoben. Die zuletzt erhobene Bestandesdichte stammt vom 1. Juli 2014 und wird in untenstehender **Tabelle 7** dargestellt. Diese Daten sind Grundlage für die Hochrechnung des Ertrags von kg / Pflanze auf dt pro Hektare.

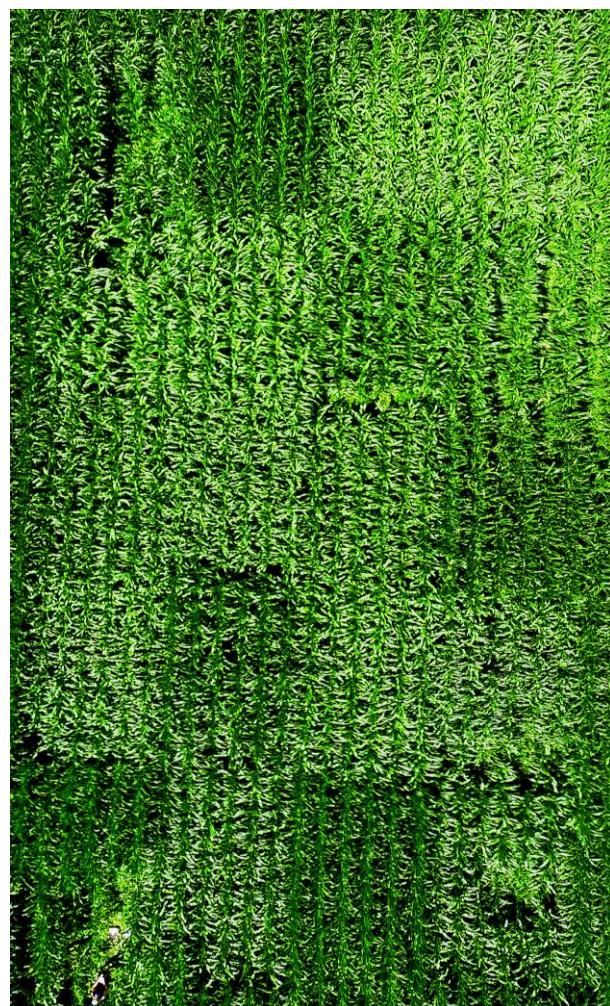


Abbildung 15: Luftbild der Versuchsanlage. Gut zu erkennen sind die entstandenen Lücken in den Parzellen Kun1 (ganz links zuoberst), Bij1 (unterhalb von Kun1), Dsp1 (ganz links zuunterst), Ora4 (ganz rechts zuunterst) sowie Oax4 (oberhalb von Ora4).

Tabelle 7: Am 1. Juli 2014 erhobene Bestandesdichte auf allen Parzellen.

Bestandesdichte am 1. Juli 2014: Anzahl Pflanzen pro m ²																			
Bijeli Crveni				Oaxacan Green				Oranger Tessinermais				Fox von DSP				OPM von Peter Kunz			
1 Bij	2 Bij	3 Bij	4 Bij	1 Oax	2 Oax	3 Oax	4 Oax	1 Ora	2 Ora	3 Ora	4 Ora	1 DSP	2 DSP	3 DSP	4 DSP	1 Kun	2 Kun	3 Kun	4 Kun
9.11	9.90	10.10	10.61	9.70	9.80	11.01	9.55	10.91	11.01	11.11	9.66	11.07	10.61	12.12	9.19	9.25	8.99	9.49	9.16

4.2.3 Jugendentwicklung und Bodenbedeckung

Die Jugendentwicklung der Sorten verlief rasch und problemlos. Die gemessene Bodenbedeckung am 1. Juli 2014 (**Abbildung 16**) zeigte zum Teil deutliche Abweichungen. Die Sorte Oax konnte den Boden am besten abschatten. Sie hatte eine um 10% höhere Bodenbedeckung als die Kontrollsorte (Dsp). Bei Bij waren es am gleichen Datum +5% und Ora erreichte eine gleich hohe Bodenbedeckung wie Dsp. Kun zeigte diesbezüglich die tiefste Bodenbedeckung unter den angebauten Sorten. Sie fiel etwa 4% tiefer aus als bei der Kontrollsorte.

Am 21. Juli 2014 waren die Differenzen deutlich kleiner geworden und alle Sorten erreichten eine fast vollständige Bodenbedeckung. Alle Differenzen waren in der statistischen Analyse nicht signifikant. Sie geben aber trotzdem gute Hinweise auf das Wachstumsverhalten der Sorten im Frühling.

Interessante Einblicke ermöglichten Luftaufnahmen, die deutlich zeigten, dass die drei Landmaissorten von oben heller wirkten (**Abbildung 9**, **Abbildung 15**). Es zeigte sich, dass dies an der flacheren Blattstellung der Pflanzen liegen musste. Die Blätter von Kun und Dsp waren stark nach oben gerichtet, während sie bei den Landmaissorten flach standen und wegen der Sonneneinstrahlung heller leuchteten. Bei Oax war die Blattstellung besonders horizontal ausgeprägt. Da sie gleichzeitig die beste Bodenbedeckung zeigte, könnte die flachere Blattstellung einen Einfluss auf die Bodenbedeckung gehabt haben.

4.2.4 Standfestigkeit

Die Standfestigkeit ist ein wichtiges Zuchtziel der Hybridmaiszüchtung. Eine der Landmaissorten lieferte gleich gute Resultate wie die Kontrollsorte (Dsp) und die aus Hybridmais-Genetik gezüchtete Biosorte Kun. **Abbildung 17** zeigt die berechneten Mittelwerte der prozentualen Umfallrate. Bei den ersten beiden Erhebungen gab es wenig umgefallene Pflanzen. Das zeugt von einer generell guten Standfestigkeit aller getesteten Sorten.

Das Jahr 2014 war jedoch im Sommer wettermässig ein Extremjahr. In der ersten Hälfte August regnete es sehr stark und die Böden waren vollkommen durchnässt. Darauf folgte ein heftiger Sturm mit Auswirkungen davon zeigen sich in der enorm angewachsenen Umfallrate bei den Sorten Oax und Bij bei der Erhebung vom 22. August 2014. Erfasst wurden bei dieser Bonitierung alle schräg stehenden Pflanzen. Bei der Sorte Bij wurden im Durchschnitt der vier Wiederholungen rund 40% der Pflanzen in eine schiefe Lage gedrückt. Bei der Sorte Oax waren es rund 70% aller Pflanzen, die so stark zu Boden

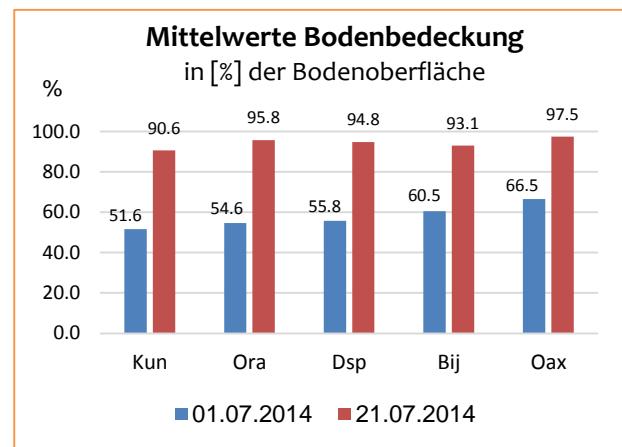


Abbildung 16: Die gemessene Bodenbedeckung an zwei Stichtagen. Die Werte entsprechen den Mittelwerten der 4 Wiederholungen.

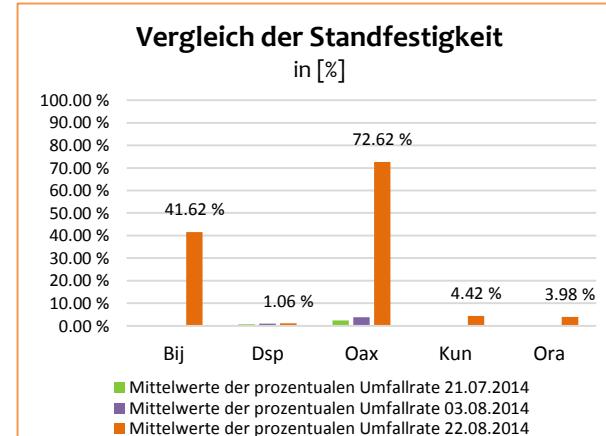


Abbildung 17: Errechnete Umfallrate. Zwischen 03.08. und 22.08.2014 kam es nach einer Regenperiode zu Stürmen mit sehr starken Windböen. Oax und Bij konnten diesen nicht gut standhalten, während die restlichen Sorten kaum umfielen.

mit aussergewöhnlich starken Windböen. Die mit aussergewöhnlich starken Windböen. Die Auswirkungen davon zeigen sich in der enorm angewachsenen Umfallrate bei den Sorten Oax und Bij bei der Erhebung vom 22. August 2014. Erfasst wurden bei dieser Bonitierung alle schräg stehenden Pflanzen. Bei der Sorte Bij wurden im Durchschnitt der vier Wiederholungen rund 40% der Pflanzen in eine schiefe Lage gedrückt. Bei der Sorte Oax waren es rund 70% aller Pflanzen, die so stark zu Boden

gedrückt wurden, dass eine statistische Auswertung nicht mehr sinnvoll war. Vogelfrass und Schnecken verfälschten das Resultat so stark, dass keine gültigen Ertragsauswertungen dieser Sorte gemacht werden konnten. Im Gegensatz dazu wurden die Pflanzen von *Bij* meist nur schräg gestellt, womit der Bestand erhalten blieb und aussagekräftige Ertragsresultate ausgewertet werden konnten. Die Landmaissorte *Ora* konnte mit den sehr guten Resultaten von *Dsp* und *Kun* mithalten.

Die statistische Auswertung ergab, wie erwartet, signifikante Resultate. **Abbildung 18** zeigt, dass die drei Sorten *Ora*, *Kun* und *Dsp* im 2014 standfester waren als die Sorten *Bij* und *Oax* (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=76.29$, $p=0.000000$). Letztere war ebenfalls signifikant weniger standfest als *Bij*. Der Hauptunterschied zwischen den Sorten *Bij* und *Oax* liegt im Umstand, dass die Pflanzen von *Bij* nur schrägstellt wurden, wogegen die Pflanzen von *Oax* ganz hinfielen.

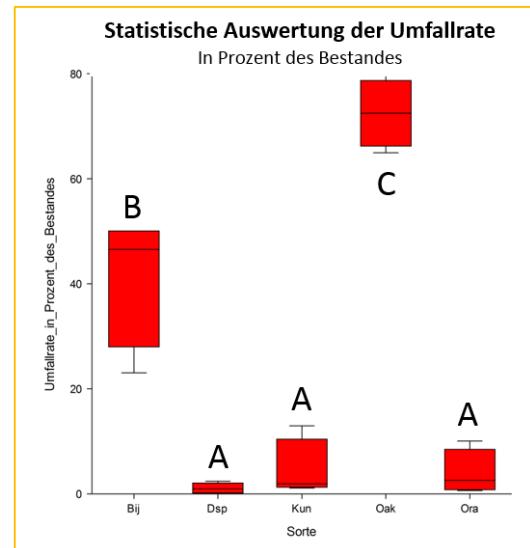


Abbildung 18: Statistische Analyse der Erhebung vom 22.08.2014. *Kun*, *Dsp* und *Ora* unterschieden sich nicht bei der Standfestigkeit. Die Sorte *Bij* war weniger standfest als diese drei Sorten, aber standfester als die Sorte *Oax*.

4.2.5 Helminthosporiumbefall

Der Helminthosporiumbefall wurde an zwei verschiedenen Daten erhoben. Die Mittelwerte der Bonituren sind in **Tabelle 8** dargestellt. **Abbildung 19** zeigt eine grafische Darstellung der Rohdaten, wie sie am 6. September 2014 bonitiert wurden.

Pflanze	Bonitur Helminthosporium-Befall mit Noten von 1-9																		
	Bijeli Crveni				Oaxacan Green				Oranger Tessinermais				Fox von DSP				OPM von Peter Kunz		
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
6	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1
7	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1
8	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1
9	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	1	2
10	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	1	2
11	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	1	2
12	1	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2
13	1	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	3	1	1	1	2
14	2	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	3	1	1	2	2
15	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	1	2	2
16	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	1	2	2
17	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2
18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	3
19	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	3
20	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	4	3	3	2	4	2	2	2	3
MW	1.40	1.85	1.50	1.50	1.20	1.45	1.30	1.30	1.50	1.95	2.25	1.75	1.50	1.75	2.40	1.30	1.20	1.35	1.45

Abbildung 19: Grafische Darstellung der Helminthosporium-Bonitur vom 06.09.2014: 20 Pflanzen je Parzelle wurden benotet mit Werten zwischen 1 und 9. Die Werte wurden von oben nach unten mit zunehmender Befallsstärke geordnet. Hier lässt sich bereits erahnen, dass die Sorte *Ora* signifikant höher bonitiert wurde als die Sorte *Oax*.

Tabelle 8: Erhobene Mittelwerte des Helminthosporiumbefalls aller Wiederholungen und Sorten.

Erhobene Mittelwerte des Helminthosporiumbefalls																					
Bijeli Crveni (Bij)					Oaxacan Green (Oax)					Oranger Tessinermais (Ora)				Fox von DSP (Dsp)				OPM von Peter Kunz (Kun)			
	1 Bij	2 Bij	3 Bij	4 Bij	1 Oax	2 Oax	3 Oax	4 Oax	1 Ora	2 Ora	3 Ora	4 Ora	1 DSP	2 DSP	3 DSP	4 DSP	1 Kun	2 Kun	3 Kun	4 Kun	
03.08.2014 MW	1.00	1.15	1.15	1.00	1.00	1.00	1.15	1.00	1.15	1.15	1.25	1.00	1.00	1.05	1.15	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	
06.09.2014 MW	1.40	1.85	1.50	1.50	1.20	1.45	1.30	1.30	1.50	1.95	2.25	1.75	1.50	1.75	2.40	1.30	1.20	1.35	1.75	1.45	

Rechts sind die Resultate der statistischen Analyse der Mittelwerte aus **Tabelle 8** aufgeführt. Das Befallsniveau war tief und die Unterschiede zwischen den Sorten gering. Auffallend ist, dass *Ora* insgesamt etwas anfälliger auf Helminthosporium zu sein scheint als die anderen Landmaissorten.

Bonitur vom 03.08.2014

Die statistische Analyse der ersten Bonitur ergab, dass die Sorte *Kun* signifikant tiefere Befallsstärken aufwies als die Sorte *Ora* (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=4.48$, $p=0.019086$). Alle restlichen Sorten (inkl. Kontrollsorte *Dsp*) sind nicht signifikant unterschiedlich zu einer anderen Sorte (**Abbildung 20**). Es können auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Landmaissorten und der Kontrollsorte (*Dsp*) festgestellt werden.

Bonitur vom 06.09.2014

Die statistische Analyse der zweiten Bonitur ergab, dass die Sorte *Oax* signifikant tiefere Befallsstärken auswies als *Ora* (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=3.89$, $p=0.029906$). Alle restlichen Sorten sind nicht signifikant unterschiedlich zu einer anderen Sorte (**Abbildung 21**). *Dsp* hatte jedoch den höheren Mittelwert als *Bij*, *Kun* und *Oax*.

4.2.6 Beulenbrand und Fusarienbefall

Die Bonitierung des Beulenbrandes wurde am 3. August und am 6. September 2014 durchgeführt (**Tabelle 9**). Bei der ersten Bonitierung konnte nirgends Beulenbrand beobachtet werden. Am 6. September 2014 wurde ein äußerst geringer Befall pro Ernteparzelle erfasst, der aber in der statistischen Analyse keine signifikanten Unterschiede zeigte. Bei *Oax* fanden sich die meisten Beulenbrandpilze. Dies vermutlich, weil viele Pflanzen nach dem Umfallen schon lange am Boden lagen.

Tabelle 9: Anzahl befallener Pflanzen pro Parzelle in Prozent aller Pflanzen.

Prozentualer Anteil mit Beulenbrand befallener Pflanzen																					
Bijeli Crveni (Bij)					Oaxacan Green (Oax)					Oranger Tessinermais (Ora)				Fox von DSP (Dsp)				OPM von Peter Kunz (Kun)			
	1 Bij	2 Bij	3 Bij	4 Bij	1 Oax	2 Oax	3 Oax	4 Oax	1 Ora	2 Ora	3 Ora	4 Ora	1 DSP	2 DSP	3 DSP	4 DSP	1 Kun	2 Kun	3 Kun	4 Kun	
03.08.2014	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
06.09.2014	0%	0.7%	0.3%	0.7%	1.7%	0.3%	0.3%	0.7%	0.3%	0.3%	0%	0%	0%	0%	0%	0.3%	0%	0%	0.3%		

Die Bonitierung des Fusarienbefalls wurde am 3. August, am 6. September sowie bei der Ernte durchgeführt. Bei allen drei Bonitierungen konnte auf keiner Parzelle ein Befall gefunden werden.

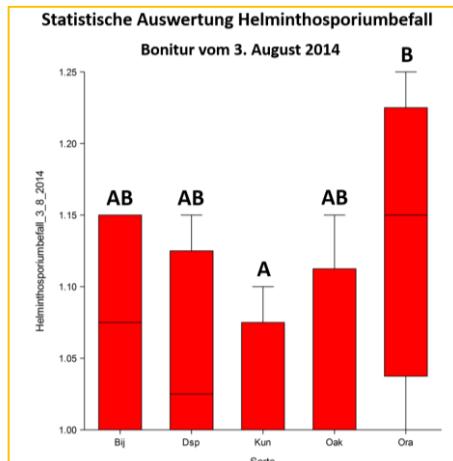


Abbildung 20: Statistische Analyse der Bonitur vom 3. August 2014.

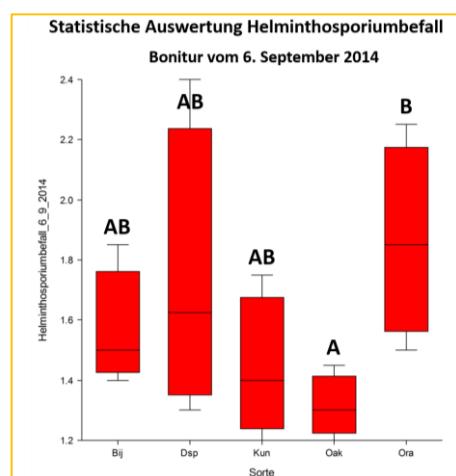


Abbildung 21: Statistische Analyse der Bonitur vom 6. September 2014.

4.3 Ertragserhebung

Die Maissorten des Ertragsvergleichs wurden am 20. Mai gesät und nach **1391 Gradtagen** am 26. September 2014 geerntet.

4.3.1 Resultate der Ertragsmessung in kg FS

Die am 26. September 2014 bei der Ernte erhobenen Ertragsmessungen sind in **Tabelle 10** dargestellt. Aufgrund der vielen umgefallenen Pflanzen auf den Parzellen der Sorte Oax wurden diese Werte nicht statistisch ausgewertet und finden sich in den darauffolgenden Kapiteln nicht mehr in der statistischen Analyse.

Wie in **Kapitel 3.5.3** beschrieben, wurden die Werte der Zeile Kun1 aus der Berechnung entfernt und anhand der übrigen Messungen berechnet.

Tabelle 10: Ertragsmessungen in kg Frischsubstanz pro 20 geerntete Pflanzen.

	Bestandesdichte Pfl/m ²	Ertragsmessungen am 26. September 2014		
		Totalgewicht	Kolbengewicht kg FS/20 Pflanzen	Restpflanzen Gewicht
Bij 1	9.107	31.402	10.358	21.044
Bij 2	9.899	27.802	8.458	19.344
Bij 3	10.101	30.176	9.932	20.244
Bij 4	10.606	31.445	7.901	23.544
Oax 1	9.697	15.302	3.558	11.744
Oax 2	9.798	23.102	5.958	17.144
Oax 3	11.010	15.410	3.566	11.844
Oax 4	9.551	18.380	3.536	14.844
Ora 1	10.909	17.808	5.358	12.450
Ora 2	11.010	18.102	4.758	13.344
Ora 3	11.111	17.402	4.758	12.644
Ora 4	9.663	21.502	6.658	14.844
DSP 1	11.071	14.746	5.674	9.072
DSP 2	10.606	15.202	5.558	9.644
DSP 3	12.121	12.861	4.389	8.472
DSP 4	9.192	19.231	6.387	12.844
Kun 1	9.248	16.930	6.387	10.527
Kun 2	8.990	14.270	5.026	9.244
Kun 3	9.495	18.402	6.458	11.944
Kun 4	9.158	18.902	7.258	11.644

4.3.2 Analyse des Trockensubstanzgehaltes (TS)

Die bei der Ernte erhobenen Stichproben wurden auf den TS-Gehalt hin geprüft. **Tabelle 11** zeigt die daraus berechneten Resultate. Aufgeführt ist das Stichprobengewicht vor (g FS) und nach dem Trocknungsvorgang (g TS). Daraus kann abgeleitet werden, wie gross der Anteil der organischen Biomasse am geernteten Gewicht war.

Anhand der TS-Gehalte der Kolbenprobe ist gut zu erkennen, dass die Sorte Bij etwas spätreifer war als die übrigen Sorten. Mit durchschnittlich 26.43% TS hatte sie einen deutlich geringeren TS-Gehalt als die Kontrollsorte mit 41.69%. Ein optimaler TS-Gehalt für das Einsilieren wird für die Ganzpflanzensilage mit 32 - 35% angegeben (Tschumi, 2011).

Die TS-Werte wurden danach zur Umrechnung der Resultate aus vorangehendem Kapitel (4.3.1) verwendet und werden hier nicht weiter ausgewertet. Erst nach Verrechnung der Erntege wichtete (kg FS) mit dem TS-Gehalt können die Werte nun miteinander verglichen werden, was Ziel der darauffolgenden Kapitel ist.

Tabelle 11: Resultate der Trockensubstanzanalyse der Ernteproben.

	Analyse des Trockensubstanzgehaltes des Erntegutes vom 26. September 2014					
	Kolben-TS (Probe) g FS	g TS	dezimal	Restpflanze-TS (Probe) g FS	g TS	dezimal
1 Bij	154.2	46.1	0.2990	124.9	27.5	0.2202
2 Bij	156.9	42.9	0.2734	104.4	26.5	0.2538
3 Bij	176.4	43.2	0.2449	130	27.5	0.2115
4 Bij	200.9	48.2	0.2399	165.2	38.4	0.2324
1 Oax	105.3	41.9	0.3979	100.8	23.4	0.2321
2 Oax	94.8	37.6	0.3966	118.6	21.1	0.1779
3 Oax	79.6	33.4	0.4196	81.2	17.5	0.2155
4 Oax	145.3	42.4	0.2918	103.3	23.5	0.2275
1 Ora	88.9	35.5	0.3993	78.8	21.3	0.2703
2 Ora	88.0	33.1	0.3761	87.3	20.1	0.2302
3 Ora	145.1	46.0	0.3170	119.2	29.6	0.2483
4 Ora	141.1	51.0	0.3614	82.6	18.2	0.2203
1 DSP	61.1	21.5	0.3519	44.2	12.1	0.2738
2 DSP	112.3	52.1	0.4639	85.3	22.6	0.2649
3 DSP	87.1	35.7	0.4099	76.2	16.3	0.2139
4 DSP	205.1	90.6	0.4417	106.3	23.7	0.2230
1 Kun	130.2	51.7	0.3860	95.6	21.2	0.2350
2 Kun	155.5	58.8	0.3781	58.6	14.2	0.2423
3 Kun	135.4	48.7	0.3597	154.6	31.9	0.2063
4 Kun	191.0	79.0	0.4136	118.3	23.4	0.1978

4.3.3 Gesamtpflanzenzertag

Aus den Ertragserhebungen kg FS aus **Kapitel 4.3.1**, sowie aus der Trockensubstanzanalyse (**Kapitel 4.3.2**) wurden die Ertragswerte in kg TS berechnet. Für die Umformung in Dezitonnen (dt) pro Hektare wurde die Bestandesdichte jeder Parzelle aus **Kapitel 4.2.2** mit eingerechnet. Für jede Parzelle konnte so der Ganzpflanzenzertag in dt/ha ermittelt werden (siehe **Tabelle 12**). Dieser wurde anschliessend statistisch ausgewertet.

Abbildung 22 zeigt den Means Plot und Boxplot dieser statistischen Analyse. Die Sorte *Bij* hatte einen deutlich signifikanten Mehrertrag im Vergleich zu allen anderen Sorten (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=35.93$, $p=0.000025$). Der Mittelwert lag mit 360 dt/ha um 31 - 63% über dem der anderen Sorten.

Die zweite Landmaissorte *Ora* schnitt ebenfalls gut ab, wobei der Ganzpflanzenzertag signifikant höher lag als bei *Kun*. Gegenüber der Kontrollsorte (*Dsp*) war sie nicht signifikant besser, obwohl der Mittelwert mit 275 dt/ha um 25 dt/ha höher lag.

Die Sorte *Kun* hatte einen nicht signifikant tieferen Ertrag als die Kontrollsorte. Sie erreichte 88.18% davon und damit die Ziele des Züchters, der mindestens 85% des Hybridmaisertrags erreichen möchte (Kunz 2014, Interview). Ohne Einberechnung der Bestandesdichte liegt der Mittelwert sogar bei 101.10% des Hybridertrags. Mit dem Ertrag der Landmaissorten konnte sie jedoch wie oben erwähnt nicht mithalten.

Tabelle 12: Ganzpflanzenzertag in kg TS und auf die Hektare umgerechnet. MW steht für Mittelwert der Parzellenwerte.

Ganzpflanzenzertag TS

	kg TS/20 Pfl.	dt TS/ha	MW
1 Bij	7.73	351.99	
2 Bij	7.22	357.35	
3 Bij	6.71	338.89	
4 Bij	7.37	390.83	
1 Ora	5.51	300.55	
2 Ora	4.86	267.55	
3 Ora	4.65	258.33	
4 Ora	5.68	274.43	
1 DSP	4.48	248.00	
2 DSP	5.14	272.58	
3 DSP	3.61	218.79	
4 DSP	5.68	261.05	
1 Kun	4.90	226.47	
2 Kun	4.14	186.09	
3 Kun	4.78	226.93	
4 Kun	5.30	242.69	

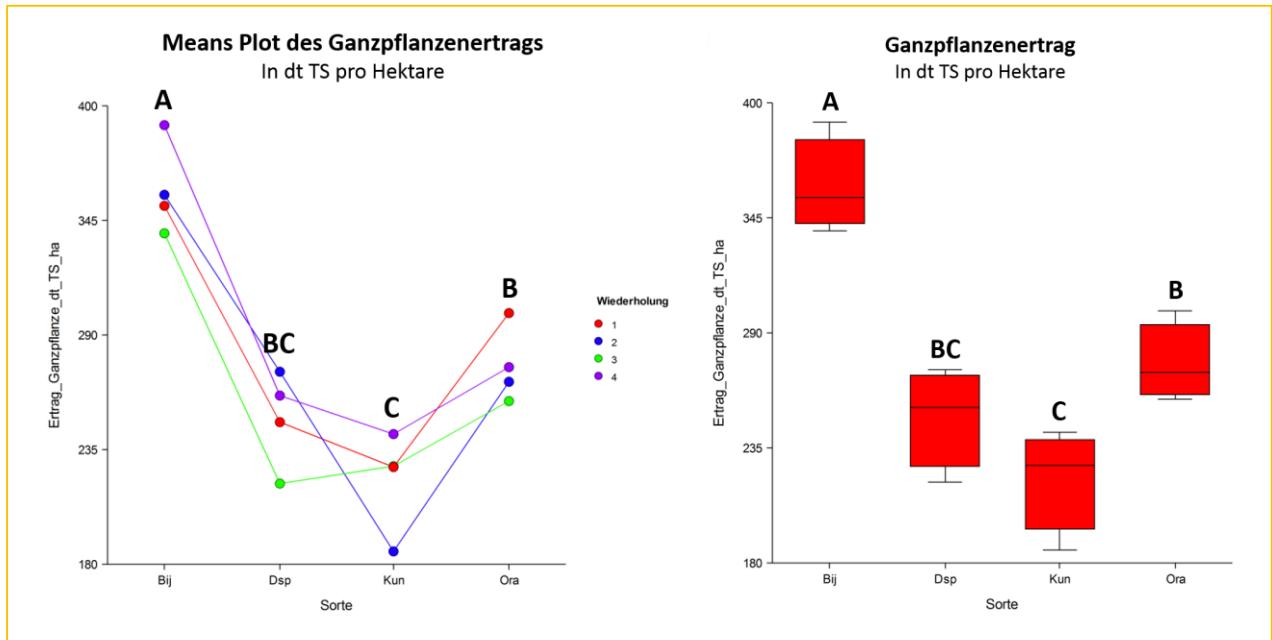


Abbildung 22: Resultate der statistischen Analyse des Ganzpflanzenzertags. Links Means Plot, rechts Boxplot. *Bij* (Landmais) hatte einen deutlich signifikant höheren Ganzpflanzenzertag als alle anderen Sorten (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=35.93$, $p=0.000025$). Die Landmaissorte *Ora* hatte zudem einen signifikant höheren Ganzpflanzenzertag als die Sorte *Kun*. Der Ertragsmittelwert von *Dsp* (Kontrollsorte) lag dazwischen, war aber nicht signifikant unterschiedlich im Vergleich zu *Ora* und *Kun*.

4.3.4 Restpflanzenenertrag

Aus den Ertragserhebungen kg FS aus **Kapitel 4.3.1** sowie aus der Trockensubstanzanalyse (**Kapitel 4.3.2**) wurden die Ertragswerte in kg TS berechnet. Für die Umformung in Dezitonnen (dt) pro Hektare wurde die Bestandesdichte jeder Parzelle aus **Kapitel 4.2.2** mit eingerechnet. Für jede Parzelle konnte so der Restpflanzenenertrag in dt/ha ermittelt werden (siehe **Tabelle 13**). Dieser wurde anschliessend statistisch ausgewertet.

Abbildung 23 zeigt Means Plot und Boxplot dieser statistischen Analyse. Bij hatte einen deutlich signifikanten Mehrertrag im Vergleich zu allen anderen Sorten (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=27.81$, $p=0.000070$). Mit 240 dt/ha lag der Mittelwert um 40 - 120% über den Mittelwerten der anderen Sorten.

Die zweite Landmaissorte Ora schnitt ebenfalls gut ab, wobei der Restpflanzenenertrag signifikant höher lag als bei Kun. Gegenüber der Kontrollsorte (Dsp) war sie nicht signifikant besser, obwohl der Mittelwert mit 171 dt/ha um bedeutende 42 dt/ha höher lag.

Die Sorte Kun (109.00 dt/ha) erzielte einen nicht signifikant tieferen Ertrag als die Kontrollsorte (Dsp). Sie erreichte 84.80% davon und damit das Ziel des Züchters (Kunz 2014, Interview). Ohne Einberechnung der Bestandesdichte liegt der Mittelwert sogar bei 97.23% des Hybridertrags. Mit den Landmaisorten konnte sie jedoch wie oben erwähnt nicht mithalten.

Tabelle 13: Restpflanzenenertrag in kg TS (Trockensubstanz) und auf die Hektare umgerechnet. MW steht für Mittelwert der Parzellenwerte.

Restpflanzenenertrag TS			
	kg TS/20 Pfl.	dt TS/ha	MW
1 Bij	4.63	210.83	
2 Bij	4.91	243.02	240.02
3 Bij	4.28	216.16	
4 Bij	5.47	290.08	
1 Ora	3.37	183.82	
2 Ora	3.07	169.01	171.32
3 Ora	3.14	174.44	
4 Ora	3.27	157.99	
1 DSP	2.48	137.29	
2 DSP	2.56	135.76	128.55
3 DSP	1.81	109.70	
4 DSP	2.86	131.44	
1 Kun	2.45	113.21	
2 Kun	2.24	100.69	109.00
3 Kun	2.46	116.79	
4 Kun	2.30	105.32	

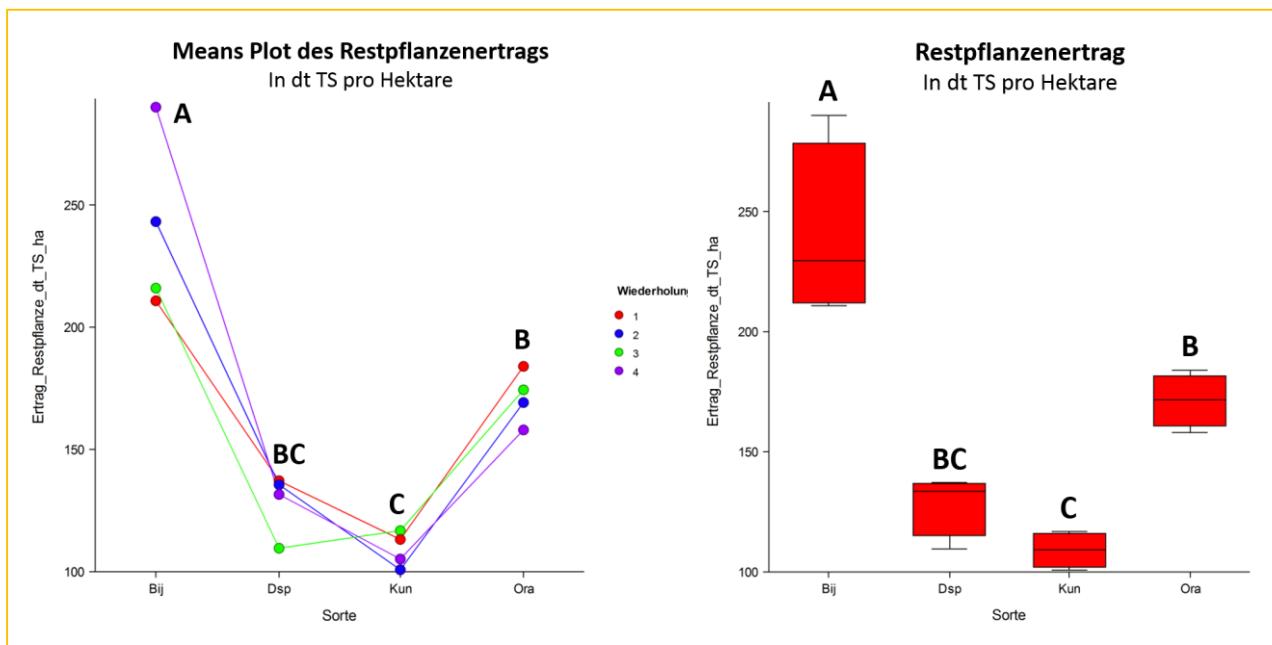


Abbildung 23: Resultate der statistischen Analyse des Restpflanzenenertrags. Links Means Plot, rechts Boxplot. Die Sorte Bij (Landmais) hatte einen signifikant höheren Restpflanzenenertrag als alle anderen Sorten (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=27.81$, $p=0.000070$). Die Landmaissorte Ora hatte zudem einen signifikant höheren Restpflanzenenertrag als die Sorte Kun. Der Ertragsmittelwert von Dsp (Kontrollsorte) lag dazwischen, war aber nicht signifikant unterschiedlich im Vergleich zu Ora und Kun.

4.3.5 Kolbenertrag

Aus den Ertragserhebungen kg FS aus **Kapitel 4.3.1** sowie aus der Trockensubstanzanalyse (**Kapitel 4.3.2**) wurden die Ertragswerte in kg TS berechnet. Für die Umformung in Dezitonnen (dt) pro Hektare wurde die Bestandesdichte jeder Parzelle aus **Kapitel 4.2.2** mit eingerechnet. Für jede Parzelle konnte so der Kolbenertrag in dt/ha ermittelt werden (siehe **Tabelle 14**). Dieser wurde anschliessend statistisch ausgewertet.

Abbildung 24 zeigt den Means Plot und Boxplot dieser statistischen Analyse. Zwischen keiner der untersuchten Sorten konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=0.84$, $p=0.505911$). Somit haben die Landmaissorten weder einen höheren noch einen tieferen Kolbenertrag erzielt.

Werden die Mittelwerte genauer betrachtet, fällt auf, dass Dsp (122 dt TS) und Bij (120 dt TS) etwas höhere Werte aufwiesen als Kun (112 dt TS) und Ora (104 dt TS). Kun erreichte 91.75% des Kolbenertrags der Kontrollsorte (Dsp).

Tabelle 14: Kolbenertrag in kg TS (Trockensubstanz) und auf die Hektare umgerechnet. MW steht für Mittelwert der Parzellenwerte.

Kolbenertrag TS			
	kg TS/20 Pfl.	dt TS/ha	MW
1 Bij	3.10	141.16	
2 Bij	2.31	114.33	119.75
3 Bij	2.43	122.73	
4 Bij	1.90	100.76	
1 Ora	2.14	116.73	
2 Ora	1.79	98.54	103.90
3 Ora	1.51	83.89	
4 Ora	2.41	116.44	
1 DSP	2.00	110.71	
2 DSP	2.58	136.82	121.56
3 DSP	1.80	109.09	
4 DSP	2.82	129.61	
1 Kun	2.45	113.26	
2 Kun	1.90	85.40	111.54
3 Kun	2.32	110.14	
4 Kun	3.00	137.37	

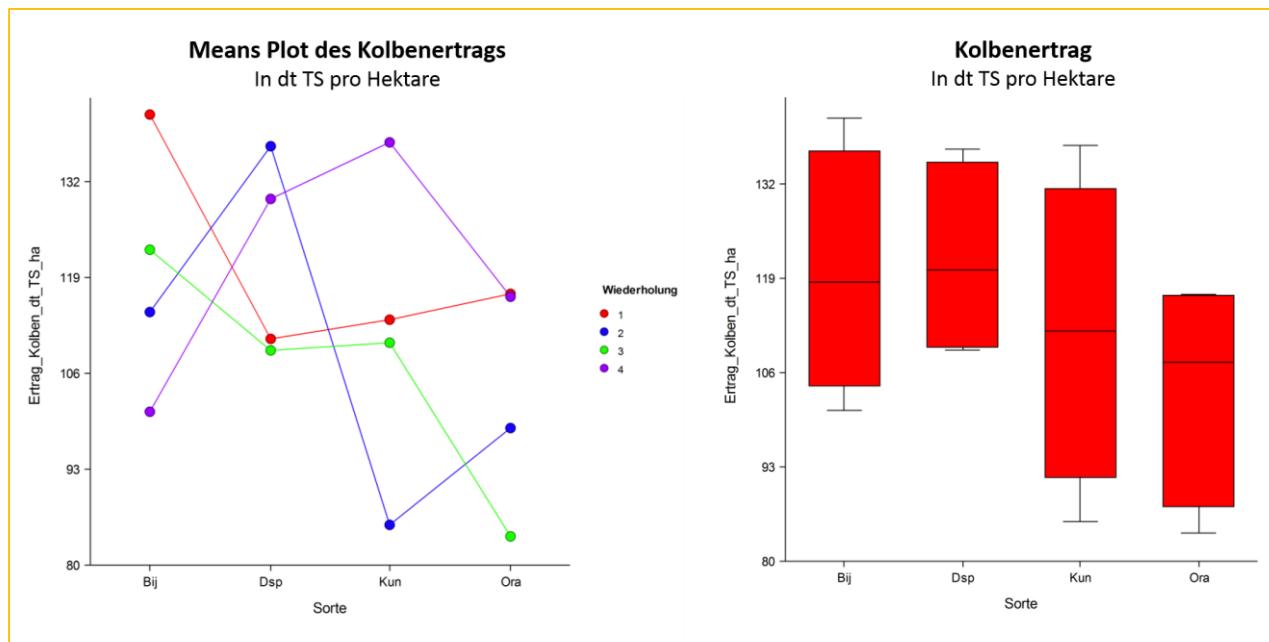


Abbildung 24: Resultate der statistischen Analyse des Kolbenertrags. Links der Means Plot, rechts der Boxplot. Es gibt keine Sorte, die gegenüber einer anderen einen signifikant höheren oder tieferen Kolbenertrag aufweist (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=0.84$, $p=0.505911$). Primäres Resultat: Die Landmaissorten und ebenfalls die Sorte Kun schnitten nicht schlechter ab als die Kontrollsorte (Dsp). Werden die Mittelwerte betrachtet, fällt auf, dass Dsp (122 dt TS) und Bij (120 dt TS) etwas höhere Werte aufwiesen als Kun (112 dt TS) und Ora (104 dt TS).

4.3.6 Kolbenanteil

Bei der Ernte wurden die Kolben samt Lieschen sowie die Restpflanzen gewogen. In **Tabelle 15** werden die berechneten Kolbenanteile dargestellt. Diese bezieht sich auf das Kolben- und Restpflanzengewicht in kg TS.

Mit den berechneten Kolbenanteilen wurde eine statistische Analyse durchgeführt.

Abbildung 25 zeigt zwei Grafiken dieser Auswertung (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=8.91$, $p=0.004660$). Festzuhalten ist, dass die Sorten Dsp (Kontrollsorte) sowie Kun einen signifikant höheren Kolbenanteil aufwiesen als die Landmaissorte Bij. Die Sorte Ora liegt dazwischen und war von keiner anderen Sorte signifikant unterschiedlich.

Tabelle 15: Der berechnete Kolbenanteil (inkl. Lieschblätter).

	Kolbenanteil					
	Gewicht Kolben kg FS	Gewicht Kolben kg TS	Gewicht Restpflanze kg FS	Gewicht Restpflanze kg TS	Kolbenanteil dezimal	Restpflanzen dezimal
1 Bij	10.358	3.10	21.044	4.63	0.401	0.599
2 Bij	8.458	2.31	19.344	4.91	0.320	0.680
3 Bij	9.932	2.43	20.244	4.28	0.362	0.638
4 Bij	7.901	1.90	23.544	5.47	0.258	0.742
1 Oax	3.558	1.42	11.744	2.73	0.342	0.658
2 Oax	5.958	2.36	17.144	3.05	0.436	0.564
3 Oax	3.566	1.50	11.844	2.55	0.370	0.630
4 Oax	3.536	1.03	14.844	3.38	0.234	0.766
1 Ora	5.358	2.14	12.45	3.37	0.388	0.612
2 Ora	4.758	1.79	13.344	3.07	0.368	0.632
3 Ora	4.758	1.51	12.644	3.14	0.325	0.675
4 Ora	6.658	2.41	14.844	3.27	0.424	0.576
1 DSP	5.674	2.00	9.072	2.48	0.446	0.554
2 DSP	5.558	2.58	9.644	2.56	0.502	0.498
3 DSP	4.389	1.80	8.472	1.81	0.499	0.501
4 DSP	6.387	2.82	12.844	2.86	0.496	0.504
1 Kun	6.403	2.45	10.527	2.45	0.494	0.506
2 Kun	5.026	1.90	9.244	2.24	0.459	0.541
3 Kun	6.458	2.32	11.944	2.46	0.485	0.515
4 Kun	7.258	3.00	11.644	2.30	0.566	0.434

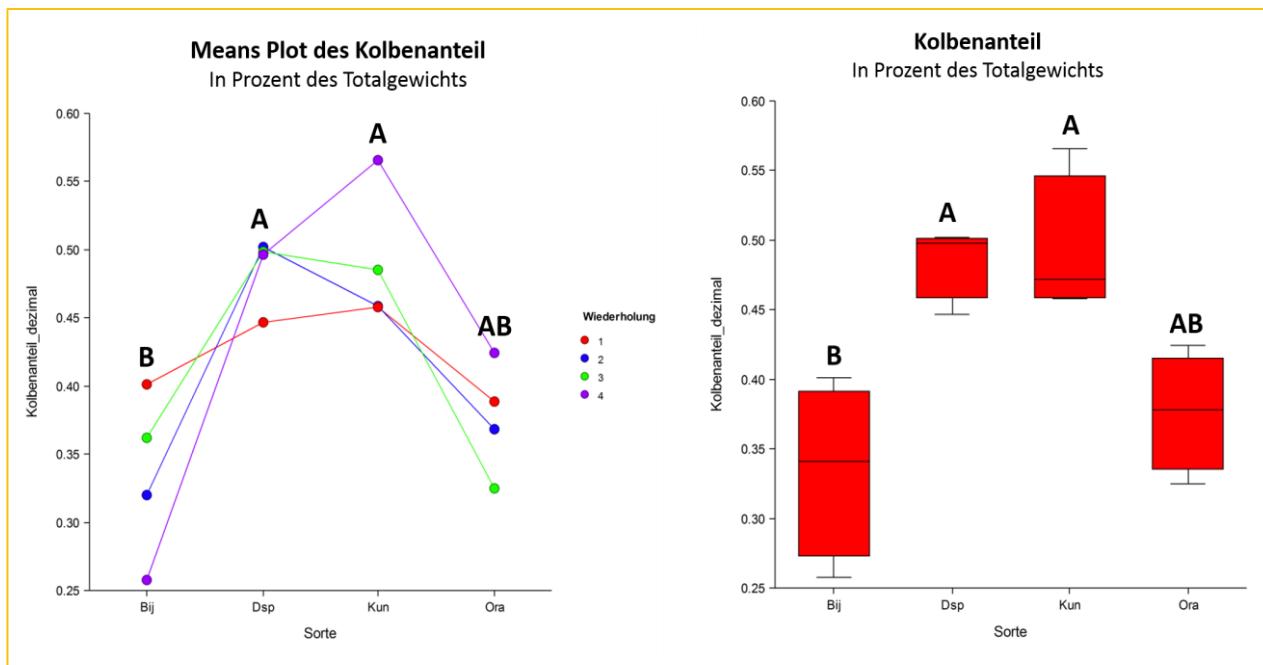


Abbildung 25: Resultate der statistischen Analyse des Kolbenanteils. Links der Means Plot, rechts der Boxplot. Die Sorten Dsp (Kontrolle) und Kun hatten einen signifikant höheren Kolbenanteil als die Landmaissorte Bij (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=8.91$, $p=0.004660$). Die Werte der zweiten Landmaissorte Ora lagen dazwischen und waren weder signifikant tiefer als Dsp und Kun noch signifikant höher als Bij.

4.4 Ergebnisse der Qualitätsanalyse

Dieses Kapitel präsentiert die Resultate der Qualitätsanalyse. Zuerst wird ein Überblick über die Laborwerte sowie deren statistischer Auswertung gezeigt. Danach wird die aus den Analysewerten berechnete verdauliche organische Substanz dargestellt.

4.4.1 Laborwerte und statistische Auswertung

Die im Zusammenhang mit dieser Arbeit potentiell informativen Laborwerte wurden tabellarisch zusammengestellt und die Werte statistisch ausgewertet. Die Werte sowie die aus der statistischen Analyse resultierenden signifikanten Unterschiede werden in **Tabelle 16** dargestellt (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, F-Werte und p-Werte im Anhang I).

Tabelle 16: Resultate der Laboranalyse und deren statistischer Auswertung. Oben: Zusammenzug der wichtigsten Laborwerte. Unten: Resultate der statistischen Auswertung der Laborwerte. **A** bedeutet gegenüber **B** einen signifikant höheren Wert. Angegeben ist zudem, ob ein hoher oder tiefer Wert anzustreben ist.

Sorte, Parz.	Resultate Laboranalyse der Maishäcksel																
	NEL	RP Roh-protein	verfügbare Proteine	abbaubare Proteine	Stärkegehalt	vST Verdaulichkeit der Stärke	NDF Neutral Detergent Fiber	ADF Acid Detergent Fiber	Lignin	NFC Non-Fiber Carbohydrate	TDN Total digestible nutrients	Ca	P	Mg	K	S	
	MJ/kg	%	g/100g	% RP g/100g	%	% Stärke	%	% NDF	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Ora1	6.07	8.4	7.8	63	5.29	12.8	98	54.8	34.0	7.7	29.4	69	0.25	0.24	0.14	1.45	0.11
Ora2	6.19	9.1	8.4	72	6.55	12.6	98	52.8	34.3	8.7	31.3	69	0.30	0.22	0.21	1.40	0.13
Ora3	5.73	8.8	8.1	65	5.72	8.9	98	57.5	33.6	8.6	25.9	67	0.29	0.29	0.16	1.69	0.12
Ora4	6.36	8.9	8.2	60	5.34	15.6	98	50.8	31.8	8.8	32.2	70	0.29	0.26	0.17	1.56	0.12
Bij1	5.27	6.8	6.0	67	4.56	11.2	98	60.8	37.8	9.4	25.5	64	0.26	0.22	0.17	1.74	0.10
Bij2	5.82	7.6	6.9	60	4.56	10.4	98	56.4	32.6	8.6	28.9	68	0.26	0.25	0.18	1.51	0.11
Bij3	5.90	8.0	7.3	58	4.64	9.3	98	55.2	35.5	8.6	29.3	68	0.28	0.24	0.19	1.48	0.11
Bij4	5.48	8.2	7.4	64	5.25	13.1	86	58.0	38.7	9.5	26.3	65	0.34	0.21	0.21	1.68	0.11
Dsp1	6.32	8.0	7.4	60	4.80	16.6	98	50.6	29.9	9.0	32.9	70	0.28	0.25	0.13	1.42	0.12
Dsp2	6.44	6.8	6.2	59	4.01	22.9	75	50.6	31.2	8.7	35.2	71	0.19	0.21	0.11	1.09	0.10
Dsp3	6.44	6.9	6.2	59	4.07	23.7	82	50.3	30.8	7.5	35.8	71	0.23	0.23	0.13	1.36	0.11
Dsp4	6.23	7.5	6.8	58	4.35	18.1	98	50.8	31.7	8.8	32.6	68	0.21	0.23	0.14	1.31	0.11
Kun1	6.28	7.8	7.2	60	4.68	17.7	98	50.6	30.4	8.1	33.8	69	0.29	0.25	0.17	1.49	0.11
Kun2	6.11	7.9	7.1	57	4.50	18.8	89	50.4	31.9	8.1	33.7	67	0.27	0.29	0.15	1.64	0.12
Kun3	6.28	8.2	7.4	64	5.25	20.2	98	50.1	31.6	7.7	33.7	69	0.25	0.26	0.13	1.53	0.12
Kun4	6.23	7.3	6.6	62	4.53	23.0	94	48.5	30.5	8.1	36.6	68	0.25	0.25	0.14	1.40	0.11

hoher Wert = gut

*

tiefer Wert = gut

hoher Wert = gut

*bei Wiederkäuer: tiefer Wert = gut

	Resultate nach der statistischen Analyse																	
	AB	A	A	n.s.	A	n.s.	n.s.	AB	n.s.	n.s.	BC	n.s.	n.s.	n.s.	AB	AB	n.s.	
Ora	AB	A	A	n.s.	A	n.s.	n.s.	AB	n.s.	n.s.	BC	n.s.	n.s.	n.s.	AB	AB	n.s.	
Bij	B	AB	B	n.s.	AB	n.s.	n.s.	A	n.s.	n.s.	C	n.s.	n.s.	n.s.	A	A	n.s.	
Dsp	A	B	B	n.s.	B	n.s.	n.s.	AB	n.s.	n.s.	AB	n.s.	n.s.	n.s.	B	B	n.s.	
Kun	A	AB	AB	n.s.	AB	n.s.	n.s.	B	n.s.	n.s.	A	n.s.	n.s.	n.s.	AB	AB	n.s.	

Signifikant bessere Werte

Signifikant schlechtere Werte

n.s. = nicht signifikant

Generell fällt auf, dass nicht viele signifikante Resultate festgestellt wurden. Die züchterisch stärker bearbeiteten Sorten *Dsp* (Kontrollsorte) und *Kun* waren bei NEL- und Nicht-Faser-Kohlenstoffen (NFC) im Vorteil. Hier wurden sie signifikant besser bewertet als die Sorte *Bij*. Die Sorte *Kun* war hier auch besser als die Sorte *Ora* und zudem hat sie einen signifikant besseren NDF-Wert als *Bij*.

Demgegenüber scheinen die Landmaissorten eher bei den Mineralstoffen und beim Proteingehalt im Vorteil zu sein. So weist *Bij* einen signifikant höheren Magnesium- und Kaliumwert auf gegenüber der Kontrollsorte (*Dsp*). *Ora* hatte einen signifikant höheren Rohproteingehalt als *Dsp*. Auch die verfügbaren und abbaubaren Proteingehalte waren bei *Ora* signifikant höher als bei *Dsp*.

Die Resultate des Stärkegehalts zeigen Unterschiede zwischen *Dsp* und *Kun* einerseits, und *Ora* und *Bij* andererseits. Hier zeigen sich die Resultate der Anstrengungen der modernen Züchtung, einen möglichst hohen Stärkegehalt zu erreichen. Die Unterschiede sind jedoch im nichtparametrischen Testverfahren (Friedman und Wilcoxon) knapp als nicht signifikant ausgewiesen worden. Die Voraussetzung „Varianzgleichheit“ war bei der Wiederholung nicht gegeben.

4.4.2 vOS-Berechnung

Eine wichtige Kerngrösse einer Qualitätsanalyse ist die verdauliche Organische Substanz (vOS). Diese wurde anhand der Laborresultate berechnet.

In nebenstehender **Tabelle 17** werden die berechneten Werte der vOS dargestellt. Der Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test ergab bei der statistischen Auswertung keine signifikanten Unterschiede im Vergleich der Sorten (ANOVA mit einem Faktor und Blockdesign, $F=4.16$, $p=0.041834$).

Tabelle 17: Berechnung der vOS anhand der Werte RP, NDF und ADF, die mit der Laboranalyse untersucht wurden.

Berechnung der verdaulichen, organischen Substanz vOS

Sorte, Parz.	RP	NDF	ADF	vOS
	%	%	%	%
Ora1	8.4	54.8	34.0	74.696
Ora2	9.1	52.8	34.3	74.692
Ora3	8.8	57.5	33.6	74.795
Ora4	8.9	50.8	31.8	74.827
Bij1	6.8	60.8	37.8	74.404
Bij2	7.6	56.4	32.6	74.765
Bij3	8.0	55.2	35.5	74.566
Bij4	8.2	58.0	38.7	74.393
Dsp1	8.0	50.6	29.9	74.897
Dsp2	6.8	50.6	31.2	74.720
Dsp3	6.9	50.3	30.8	74.751
Dsp4	7.5	50.8	31.7	74.736
Kun1	7.8	50.6	30.4	74.847
Kun2	7.9	50.4	31.9	74.743
Kun3	8.2	50.1	31.6	74.781
Kun4	7.3	48.5	30.5	74.772

Berechnungsformel:

$$vOS = 75.7 + 0.0701 \text{ RP(OS)} + 0.0156 \text{ NDF(OS)} - 0.0720 \text{ ADF(OS)}$$

4.5 Zusammengefasste Resultate jeder Sorte

Als abschliessendes Teilkapitel werden die Ergebnisse der Feldversuche 2013 (Meyer, 2103) und 2014 je Sorte aufgeführt. Die Resultate der Sorten Dsp und Kun werden nicht zusammengefasst, da es sich hierbei nicht um Landmaissorten handelt.

4.5.1 Bijeli Crveni (Bij)

Vegetationsverlauf (2013)

Es musste zweimal gesät werden, da zu wenig Pflanzen aufliefen. Dadurch betrug die Keimrate nur 72%. Es ist anzunehmen, dass das verwendete Saatgut bereits einige Jahre alt war.

Ansonsten verlief der gesamte Vegetationsverlauf problemlos und der Bestand entwickelte sich sehr schön. Die Pflanzen waren mit durchschnittlich 274 cm Höhe sehr hoch und auch das Ertragspotential wird aufgrund der 1.74 Kolben pro Pflanze und den zum Teil sehr schönen, grossen Kolben als sehr gut eingeschätzt (**Abbildung 26**). Ebenfalls die Biomasseproduktion dürfte aufgrund der Pflanzenhöhe und dem Stängeldurchmesser von 2 cm als hoch einzustufen sein. Die Sorte benötigte total 1751 Gradtagen von Saat bis Ernte. Davon entfielen 1138 Gradtagen auf das Erreichen der Blüte. Im Vergleich mit den anderen Sorten brauchte sie eher lange zum Blühen und Reifen.

Die Jugendentwicklung absolvierte *Bij* sehr gut. Bei der Bodenbedeckung war sie stets die drittbeste und auch bezüglich Pflanzenhöhe entwickelte sie sich hinter den Moradosorten besser als alle anderen. Obwohl das Wachstum ansonsten sehr homogen verlief, sind die Kolbenformen und Körnerfarben heterogen. Es gibt viele einheitlich rot oder gelb gefärbte Kolben, was dem erhaltenen Saatgut entspricht. Es traten aber auch andersfarbige Kolben auf, was auf eine frühere Einkreuzung hindeutet.

Insgesamt handelt es sich um eine gesunde Sorte ohne beobachtete Anfälligkeit auf Krankheiten und Schädlinge. Die Pflanzen nicht zum Bestocken, ausser bei Verletzungen der Sprossachse. Aufgrund der Kälte hatten drei Pflanzen im Frühling einen Phosphormangel. Die Standfestigkeit war einwandfrei.

Krankheiten und Standfestigkeit (2014)

Die Standfestigkeit der Sorte *Bij* könnte züchterisch verbessert werden. Über 40% der Pflanzen standen nach einem Sturm schief. Das würde eine maschinelle Ernte erschweren. Hier erreichte die Sorte ein signifikant schlechteres Ergebnis im Vergleich zur Hybridsorte (Kontrollsorte). Zu erwähnen ist, dass viele Pflanzen zwar schief standen, aber nicht umfielen.

Betreffend Krankheitsanfälligkeit konnte *Bij* mit der Kontrollsorte mithalten. Der erfasste Helminthoporumbefall war nicht signifikant unterschiedlich. Wie bei den anderen Sorten war auch bei *Bij* kaum Beulenbrand beobachtet worden. Fusarien wurden gar keine entdeckt.



Abbildung 26: *Bijeli Crveni* produziert grosse uni rot oder gelb gefärbte Kolben, die zu einem kleinen Teil auch andersartige und andersfarbige Körner eingestreut haben.

Ertragsmessungen (2014)

Bij war die mit Abstand ertragreichste Sorte im vorliegenden Feldversuch. Ganzpflanzen- und Restpflanzenertrag lagen signifikant höher als bei allen anderen Sorten. Die höheren Ertragsmessungen zogen sich über alle Wiederholungen hinweg. Zu erwähnen ist, dass *Bij* etwas später abreifte und somit der TS-Gehalt der Kolben deutlich tiefer lag als bei den übrigen Sorten. Eine züchterische Bearbeitung könnte hier ansetzen, um eine Reifedauer zu erreichen, die für die meisten Gebiete der Schweiz möglich ist. Der Kolbenertrag war statistisch nicht unterschiedlich zur Kontrollsorte – somit war er weder höher noch tiefer. Einzig der Kolbenanteil war signifikant geringer als bei der Kontrollsorte.

Qualitätsanalyse (2014)

Die Laborresultate der Sorte *Bij* fielen erwartungsgemäss etwas schlechter aus als bei der Kontrollsorte. Da die Sorte etwas später abreifte, waren NEL-Gehalt und NFC-Wert (Nicht-Fiber-Kohlenhydrate) signifikant tiefer als bei der Kontrollsorte. Der Stärkegehalt war ebenfalls tiefer, ohne jedoch signifikant unterschiedlich zur Kontrollsorte zu sein. Demgegenüber lag der Magnesium- und Kaliumgehalt signifikant höher als bei der Kontrollsorte. Die Sorte *Kun* schnitt zudem bei den Werten NEL, NDF und NFC signifikant besser ab als *Bij*.

Fazit

Im Vergleich zu den anderen Sorten zeigte sich *Bij* als wüchsige und gesund aussehende Sorte mit sehr gutem Ertrag. Die Parameter für die Jugendentwicklung sind ausgesprochen gut. *Bij* reifte allerdings etwas spät ab. Mit dieser Sorte konnte eine besonders ertragreiche Landmaissorte gefunden werden. Mit entsprechender züchterischer Bearbeitung könnte daraus eine moderne Biohochertragssorte gezüchtet werden. Dazu müsste sie noch etwas frühereifer und standfester werden. In einem nächsten Feldversuch dürfte für *Bij* eine etwas tiefere Bestandesdichte hilfreich sein.

4.5.2 Oaxacan Green (*Oax*)

Vegetationsverlauf (2013)

Oax zeigte sich als wüchsige und robuste Sorte. Die Keimrate betrug 100%. Im Frühling zeigte sie weder Kältestress- noch Mangelsymptome. Die Pflanzen sind mit durchschnittlich 246 cm ansprechend hoch. Sie haben durchschnittlich 1.91 Kolben angesetzt. Auch die Biomasseproduktion ist aufgrund der Pflanzenhöhe und dem Stängeldurchmesser von 183 cm als hoch einzustufen.

Die Jugendentwicklung absolvierte *Oax* sehr gut. Bei ihr und bei *Morado* entwickelte sich die Bodenbedeckung am schnellsten im Vergleich der 14 Sorten. Die Pflanzenhöhe hat sich im Frühling durchschnittlich gut entwickelt. Ausgesprochen typisch für die Sorte ist die Bestockung der Pflanzen. Hat sie Raum, so entwickeln sich bis zu drei Triebe pro Pflanze, die auch einen Kolbenertrag ablieferten. Insgesamt bildeten sich neun solcher Triebe bei insgesamt 32 Pflanzen. Die Homogenität der Kolben ist durchschnittlich bis gut. So gibt es verschieden geformte Kolben und auch Körner, die nicht ausschliesslich grün gefärbt sind. Ansonsten zeigt die Sorte aber ein homogenes Wachstum und eine einheitliche Blüte sowie Abreife. Die Körner zeigen meist die typische Eindellung des Zahnmais' (**Abbildung 27**).

Die Sorte benötigte nur 1548 Gradtagen von der Saat bis zur Ernte. Davon entfielen 956 Gradtagen auf die vegetative Phase bis zum Erreichen der Blüte. Damit ist *Oax* eine der frühereifsten Sorten im Vergleich. Es fehlten nennenswerte Krankheiten und Schädlinge. Ebenfalls Mangelsymptome, wie sie im Frühling aufgrund der Kälte auftreten, fehlten gänzlich. Auch gab es keine Probleme mit der Standfestigkeit.

Krankheiten und Standfestigkeit (2014)

Die Standfestigkeit der Sorte Oax war in diesem schwierigen Anbaujahr tief und sollte züchterisch oder anbautechnisch verbessert werden. Über 70% der Pflanzen standen nach einem Sturm gar nicht mehr und das hatte Vogel- und Schneckenfrass zur Folge, der die Kolbenmasse stark verringerte. Zudem können Pflanzen, die stark zu Boden gedrückt werden, keine Photosynthese mehr betreiben und die maschinelle Ernte wird stark erschwert bis verunmöglichst.

Bei der statistischen Auswertung der Standfestigkeit erreichte die Sorte das signifikant schlechtere Ergebnis im Vergleich mit der Hybridsorte (Kontrollsorte). Die mangelnde Standfestigkeit der Sorte im Anbau 2014 war der Grund, weshalb bei Oax in der Folge weder eine Ertragsberechnung noch eine Qualitätsanalyse durchgeführt wurde.

Betreffend Krankheitsanfälligkeit konnte Oax mit der Kontrollsorte gut mithalten. Der erfasste *Helminthosporium*-Befall war nicht signifikant unterschiedlich zur Kontrollsorte. Bei der letzten Bonitur am 3. August 2014 hatte Oax gar den tiefsten Befallsmittelwert und war hier als einzige Sorte signifikant besser als die andere Landmaissorte Ora. Wie bei den anderen Sorten war auch bei Oax kaum Beulenbrand beobachtet worden. Fusarien wurden gar keine entdeckt.

Ertragsmessungen und Qualitätsanalyse (2014)

Die Ertragsmessungen (kg FS) wurden normal durchgeführt. Da aber auf den vier Parzellen nur noch wenige Pflanzen standen, wurde entschieden, keine Ertragsberechnungen (kg TS) und Auswertungen für Oax durchzuführen.

Fazit

Im Vergleich zu den anderen Sorten zeigte sich Oax als robust wachsende, frühreife Sorte, die einen ansprechenden Körner- und Biomasseertrag liefern konnte. Die Parameter für die Jugendentwicklung waren vielversprechend. Sie zeigte keine Probleme mit der kalten Witterung sowie mit Krankheiten und Schädlingen.

Auch die Beobachtungen im Jahr 2014 lassen vermuten, dass Oax im Hinblick auf den Ertrag gut mit Hybridmais mithalten, oder ihn sogar übertreffen könnte. Bewiesen werden konnte diese Annahme vorerst nicht, da Mitte August ein Sturm die Pflanzen umriss und eine Ertragsauswertung nicht mehr sinnvoll war. Trotzdem war der Restpflanzertrag (kg FS) nicht tiefer als bei der Kontrollsorte, obwohl alle Pflanzen zu diesem Zeitpunkt bereits seit einem Monat am Boden lagen.

Es ist unbedingt zu empfehlen, weitere Ertragserhebungen mit Oax durchzuführen, um dieses hohe Ertragspotential womöglich bestätigen zu können. Ebenfalls sollten Anstrengungen unternommen werden, um die Standfestigkeit weiter zu verbessern. In einem nächsten Feldversuch dürfte für Oax eine etwas tiefere Bestandesdichte hilfreich sein.



Abbildung 27: Oaxacan Green produziert grün-farbene Kolben mit zahnmaisförmigen Körnern. Vereinzelt sind andersfarbige Körner eingestreut.

4.5.3 Oranger Tessinermais (*Ora*)

Vegetationsverlauf (2013)

Es musste zweimal gesät werden, da zu wenig Pflanzen aufliefen. Die Keimrate lag bei nur 82%. Es ist anzunehmen, dass das verwendete Saatgut bereits einige Jahre alt war.

Die Sorte *Ora* zeigte sich als problemlos wachsende und robuste Sorte. Es wurden im Frühling an wenigen Pflanzen Mängelsymptome für Phosphor und Magnesium festgestellt. Sonstige Kältesymptome traten jedoch keine auf. Die Pflanzen waren mit durchschnittlich 205 cm nicht allzu hoch und jede Pflanze hatte 1.09 Kolben angesetzt. Die Biomasseproduktion ist aufgrund der eher geringen Pflanzenhöhe und des Stängeldurchmessers von 1.36 cm als mittelgross einzustufen.

Die Jugendentwicklung absolvierte die Sorte gut. Die Entwicklung der Bodenbedeckung verlief anfangs etwas schwach. Bei der Pflanzenhöhe hatte sie sich im Frühling aber durchschnittlich gut entwickelt. Die Homogenität der Kolben war hoch. Sie bildete meist einheitlich orange-rot gefärbte, grosse Kolben aus (**Abbildung 28**). Die Erscheinung der Pflanzen zeigte einige Variabilität bezüglich Pflanzenhöhe, aber ansonsten war die Wuchsform einheitlich und es wurde eine einheitliche Blüte und Abreife beobachtet. Die Sorte benötigte insgesamt lediglich 1569 Gradtagen von der Saat bis zur Ernte. Davon entfielen 984 auf die vegetative Phase bis zum Erreichen der Blüte. Von den angebauten Sorten ist *Ora* eine der früh reifsten Sorten. Insgesamt wuchsen die Pflanzen gesund und ohne nennenswerte Krankheiten und Schädlinge auf. Während einiger Tage trockener und heißer Witterung rollten zwei Pflanzen die Blätter etwas ein. Punkto Standfestigkeit wurden keine Probleme beobachtet.

Krankheiten und Standfestigkeit (2014)

Die Standfestigkeit der Sorte *Ora* war von allen Landmaissorten am besten. Die Sorte war nicht signifikant schlechter als die Kontrollsorte. Auch nach dem grossen Sturm und dem schwierigen Wetter im Sommer 2014 wurden nur knapp 4% umgefallene Pflanzen gezählt.

Betreffend Krankheitsanfälligkeit konnte *Ora* nicht ganz mit den besten mithalten, ohne aber signifikant schlechter abzuschneiden als die Kontrollsorte. Bei der ersten *Helminthosporium*-Bonitur war sie signifikant schlechter als *Kun*, bei der zweiten Bonitur signifikant schlechter als *Oax*. Wie bei den anderen Sorten konnte auch bei *Ora* kaum Beulenbrand beobachtet werden. Fusarien wurden gar keine entdeckt.

Ertragsmessungen (2014)

Ora schnitt im vorliegenden Feldversuch mit einem sehr guten Ertrag ab. Ganzpflanzen- und Restpflanzen ertrag waren lediglich signifikant tiefer als bei *Bij*. Der Mittelwert lag tendenziell höher als bei der Kontrollsorte, aber statistisch konnte keine Signifikanz gefunden werden. Dagegen lag der Ganzpflanzen- und Restpflanzen ertrag signifikant höher als bei *Kun*.

Der Kolbenertrag war statistisch nicht signifikant unterschiedlich zur Kontrollsorte. Auch beim Kolbanteil resultierte kein signifikant schlechteres Ergebnis, obwohl der Mittelwert tendenziell tiefer lag.



Abbildung 28: Oranger Tessinermais produziert unifarbane Kolben in einem breiten Farbspektrum. Die meisten waren orange bis rot gefärbt.

Qualitätsanalyse (2014)

Die Laborresultate der Sorte *Ora* waren sehr zufriedenstellend. In keinem Bereich hatte sie einen signifikant schlechteren Wert als die Kontrollsorte. Demgegenüber lagen der Rohproteingehalt und die Gehalte an verfügbaren und abbaubaren Proteinen signifikant höher als bei der Kontrollsorte.

Fazit

Im Vergleich zu den anderen Sorten war *Ora* eine gut wachsende, recht früh reife Sorte, die meist nur einen Kolben produzierte und trotzdem einen guten Ertrag lieferte. Das Ertragspotential scheint jedoch dadurch begrenzt, dass die Pflanzen selten mehr als einen Kolben ansetzen. Der Biomasseertrag dürfte kleiner sein als bei anderen getesteten Sorten. Die Parameter für die Jugendentwicklung waren in Ordnung. Bei sehr kalter Witterung war sie aber etwas empfindlicher als z. B. die Sorte *Oax*. Betreffend Krankheiten und Schädlingen zeigten sich keine Probleme.

In der Standfestigkeit war *Ora* 2014 die beste der untersuchten Landmaissorten und konnte mit der Hybridsorte (Kontrollsorte) gut mithalten. Dagegen schien sie etwas anfälliger auf *Helminthosporium*-befall zu sein.

Obwohl die Sorte meist nur einen Kolben produzierte, lag der Kolbenertrag nicht signifikant tiefer als bei der Kontrollsorte. Die Werte lagen beim Ganzpflanzen- und Restpflanzenwert deutlich höher als bei der Kontrollsorte, obwohl danach bei der NCSS-Analyse keine Signifikanz gefunden werden konnte. Beim Kolbenanteil schnitt *Ora* nicht signifikant schlechter ab als die Kontrollsorte.

Ora ist ein positives Beispiel für einen Landmais, der auch im Hinblick auf den Ertrag gut mit dem Hybridmais mithalten konnte. Insgesamt wurden kaum Schwächen beobachtet.

5 Diskussion

In diesem Kapitel werden die relevanten Ergebnisse der Arbeit genauer analysiert und diskutiert. Anfangs gibt **Tabelle 18** einen groben Überblick über die in diesem Kapitel diskutierten Resultate.

Tabelle 18: Zusammenstellung der Ergebnisse für die angebauten Sorten. Die Teilergebnisse in Bezug auf den Ertrag werden in Kapitel 5.1 diskutiert. Die restlichen Resultate folgen in Kapitel 5.2.

Ergebnisse des Ertragsversuchs					
Teilergebnisse	Bijeli Crveni	Oranger Tessinermais	Oaxacan Green	OPM12 Peter Kunz	Kontrolle Hybrid Fox
Ertrag	Ganzpflanzenertrag	sehr hoch	mittel-hoch	X	
	Restpflanzenertrag	sehr hoch	mittel-hoch	X	
	Kolbenertrag	hoch	mittel-hoch	X	
	Kolbenanteil	hoch	hoch-sehr hoch	X	
Restliche Resultate	Bestandesdichte	hoch	hoch	hoch	hoch
	Jugendentwicklung	hoch	mittel-hoch	sehr hoch	mittel
	Standfestigkeit	mittel	hoch	tief	hoch
	Helminthosporumanfälligkeit	mittel-hoch	mittel	hoch	mittel-hoch
	Fusarienanfälligkeit	hoch	hoch	hoch	hoch
	Beulenbrandanfälligkeit	hoch	hoch	hoch	hoch
	Qualitätsanalyse	mittel	hoch	X	
	vOS-Berechnung	hoch	hoch	X	

Zuerst werden in **Kapitel 5.1** die Resultate der Ertragserhebung diskutiert. Die restlichen Ergebnisse wie die Beobachtungen während der Vegetationsdauer und die Qualitätsanalyse werden in **Kapitel 5.2** behandelt. Mit den Schlussfolgerungen in **Kapitel 6** wird dieses Kapitel abgeschlossen.

5.1 Resultate Ertragserhebung

Wo bei den Beobachtungen der 14 Landmaissorten im vergangenen Jahr (Meyer, 2013) keine Vergleiche mit aktuellen Hybridsorten gemacht wurden, konnten in der vorliegenden Arbeit die Erträge von Landmaissorten mit einer aktuellen Hybridsorte verglichen werden. In diesem Kapitel werden nun die wichtigsten Resultate der Ertragserhebung (**Kapitel 4.3**) im vorliegenden Feldversuch diskutiert.

Die Auswertung der Ertragsresultate brachte Ergebnisse zum Vorschein, die so im Voraus nicht erwartet werden konnten. Die Fragestellung wurde im Vorfeld vorsichtig formuliert und lautete: *Wie nahe kommen die getesteten Landmaissorten an den Ertrag einer üblichen Hybridmaissorte heran?* Nach der Auswertung können wir nun festhalten: Es bestehen gute Indizien, dass einige Landmaissorten den Ertrag von Hybridsorten sogar übertreffen können.

5.1.1 Ganzpflanzen- und Restpflanzenertrag

Schon die Mittelwerte des Ganzpflanzenertrags ließen vermuten, dass die Sorte *Bij* deutlich besser abgeschnitten hatte als alle anderen Sorten. Dies bestätigte sich in einem deutlich signifikanten Ergebnis. Von den drei Landmaissorten hatte *Ora* im Vorfeld das tiefste beobachtete Ertragspotential.

Doch auch deren Mittelwert lag nach der Messung deutlich über demjenigen der Hybridsorte. Auch wenn die Ertragsmessung bei *Oax* nicht durchgeführt werden konnte, scheint es auch bei dieser Sorte realistisch, dass das beobachtete Ertragspotential stimmt und ein möglicher Ertrag zwischen denjenigen von *Bij* und *Ora* liegen dürfte.

Bei den Werten des Restpflanzenenertrags wurden durchwegs ähnliche Resultate gemessen. Sie zeugen von einem hohen Biomasseertrag, den die getesteten Landmaissorten produzieren konnten.

Die Fragestellung kann betreffend Ganzpflanzen- und Restpflanzenenertrag also vollumfänglich positiv beantwortet werden. Der statistisch signifikante Mehrertrag von *Bij* geht noch darüber hinaus und gibt Indizien dafür, dass Landmaissorten sogar bessere Erträge liefern könnten als aktuelle Hybridmaissorten. Dies konnte in dieser Form überhaupt nicht erwartet werden und überrascht. Dass mit *Ora* eine zweite Sorte gut mit der Kontrollsorte mithalten konnte, bestätigt die Einschätzung des Ertragspotentials im letzten Jahr (Meyer, 2013). Es scheint zudem durchaus möglich, dass es doch häufiger als erwartet Landmaissorten mit sehr gutem Ertrag gibt.

Die Populationssorte *Kun* von Peter Kunz hatte einen etwas tieferen Mittelwert als die Hybridsorte, ohne signifikant schlechter zu sein. Peter Kunz hat sich für seine Populationssorte OMP12 (*Kun*) zum Ziel gesetzt, mindestens 85% des Ertrags einer vergleichbaren Hybridsorte zu erreichen (Kunz 2014, Interview). Im vorliegenden Versuch erreichte *Kun* 88.18% (Ganzpflanzenenertrag) und 84.79% (Restpflanzenenertrag) des Hybridertrags und entsprach damit der Zielsetzung. Für den Züchter interessant dürfte zudem die Tatsache sein, dass die Sorte vor allem durch die tiefere Bestandesdichte mit einem etwas schlechteren Mittelwert abschneidet als die Kontrollsorte. Dies wird weiter unten bei der Standfestigkeit noch abschliessend diskutiert.

5.1.2 Kolbenertrag und Kolbenanteil

Das Ergebnis beim Kolbenertrag ist ebenfalls unerwartet. Es wurde im Vorfeld damit gerechnet, dass die Hybridsorte dank jahrelanger Züchtung den höchsten Kolbenertrag produzieren würde. Die Mittelwerte von *Bij* und der Kontrollsorte sind jedoch praktisch identisch und nicht signifikant unterschiedlich. Dies, obwohl die Landmaissorte einen deutlich geringen TS-Gehalt aufwies (26.43% gegenüber 41.69%). Etwas später geerntet, hätte *Bij* wahrscheinlich einen höheren Kolbenertrag ausgewiesen. Interessant zu untersuchen wäre nun, wie hoch der Kolbenertrag von *Bij* wäre, wenn die Sorte optimal reif für eine Silage ist. Der deutlich höhere Ganzpflanzen- und Restpflanzenenertrag sowie der gleich hohe Kolbenertrag zeigen, dass *Bij* im vorliegenden Versuch die Hybridsorte im Hinblick auf den Ertrag deutlich übertroffen hat. Auf der anderen Seite ist ebenfalls bekannt, dass spät reife Sorten oft ertragreicher sind als frühreife. In diesem Feldversuch brauchten aber immerhin alle Sorten genau die gleiche Vegetationsdauer und *Bij* wusste offenbar die verfügbaren Nährstoffe und die vorhandene Sonnenenergie am besten umzusetzen.

Die Sorte *Ora* hatte den tiefsten Mittelwert im Kolbenertrag. Doch die Unterschiede sind gering und gelten als statistisch gleich hoch, wie bei der Kontrollsorte. Während *Ora* beim Ganzpflanzen- und Restpflanzenenertrag tendenziell besser abschneidet, ist sie punkto Kolbenertrag tendenziell schlechter als die Kontrollsorte. Es kann festgehalten werden, dass *Ora* im vorliegenden Versuch der Hybridsorte ebenbürtig war. Also kann auch hier die Fragestellung positiv beantwortet werden.

OMP12 von Peter Kunz (Kun) zeigt beim Kolbenertrag die grösste Streuung. Der Mittelwert erreicht 91.75% des Ertrags der Kontrollsorte. Kun hat also einen tendenziell tieferen Ganzpflanzen-, Restpflanzen- und Kollbenertrag als die Kontrollsorte. Statistisch gesehen war Kun der Kontrolle jedoch ebenbürtig. Diese Populationssorte ist also für diejenigen Landwirte eine Alternative, die auf 10-15% Ertrag verzichten wollen, um dafür keine Hybridsorte anzupflanzen zu müssen. Die Möglichkeit, dass eine solche Sorte höhere Erträge liefert als vergleichbare Hybridsorten, wird als eher unwahrscheinlich beurteilt, da die Genetik von Hybridsorten stammt.

Insgesamt zeigten die Populationssorten (Landmaissorten und die Sorte Kun) beim **Kolbenanteil** eine deutlich grössere Streuung als die Kontrollsorte. Erklärung hierfür dürfte die in **Kapitel 2.2** auf Seite 5 erwähnte höhere genetische Homogenität sein, die die Hybridsorte gegenüber einer Populationssorte charakterisiert. Bij hat hier einen signifikant tieferen Kolbenanteil als die Kontrollsorte und Kun. Der Kolbenanteil ist jedoch kein Ertragsparameter an sich. Er zeigt nur die prozentuale Aufteilung des Ertrags in Kolben und Restpflanzen auf. Da die höchsten Konzentrationen der Nährstoffe innerhalb des Kollbens liegen, bedeutete der niedrigere Kolbenanteil von Bij, dass bei einer Analyse tiefere Nährstoffwerte gefunden werden müssten. Dies traf im vorliegenden Fall tatsächlich zu. Wie in **Kapitel 4.4** beschrieben, fielen die Qualitätsanalysen von Bij tatsächlich etwas tiefer aus als die der Kontrollsorte.

Ora hat betreffend Kolbenanteil gut abgeschnitten. Dieses Resultat deutet darauf hin, dass Ora früher oft angebaut und deshalb auch züchterisch eher stark bearbeitet wurde. Wie sonst ist es zu erklären, dass die Sorte einen statistisch gleich hohen Kolbenanteil erreicht wie die Hybridsorte Dsp, die züchterisch stark bearbeitet wurde.

5.2 Restliche Resultate

5.2.1 Bestandesdichte, Standfestigkeit und Jugendentwicklung

Die Bestandesdichte war bei der Saat eher hoch gewählt. Die Unterschiede der ausgezählten Bestandesdichten sind klein. Interessant ist der Umstand, dass die Ertragsdifferenzen von Kun und Kontrollsorte vergrössert wurden, indem bei Kun die tiefsten und bei der Kontrollsorte die höchsten Bestandesdichten ausgezählt wurden. Kun wäre mit identischem Pflanzenbestand im Hinblick auf den Ertrag bis auf wenige Prozente an die Kontrollsorte herangekommen.

Bei Oax könnte die Bestandesdichte von schliesslich 10 Pflanzen pro m² ein Grund dafür sein, dass die Pflanzen Schwächen bei der Standfestigkeit zeigten. Bei einem weiteren Feldversuch sollte mit einer tieferen Dichte gesät werden, um das Lagerrisiko zu verkleinern. Aufgrund der beobachteten guten Standfestigkeit im Vorjahr (Meyer, 2013) scheint es möglich, dass damit der Anbau ohne Lagerprobleme gelingen könnte. 2013 standen 9 Pflanzen pro Quadratmeter und daraufhin wurden keine Probleme mit der Standfestigkeit beobachtet. Bij hatte ebenfalls grössere Probleme mit der Standfestigkeit. Auch hier wird vorgeschlagen, in einem nächsten Feldversuch eher mit tieferen Bestandesdichten zu säen, um das Umfallen der Pflanzen zu verhindern. Auch bei dieser Sorte deuteten alle bisherigen Beobachtungen auf eine grundsätzlich gute Standfestigkeit hin (Meyer, 2013).

Die Jugendentwicklung wurde über den Parameter Bodenbedeckung gemessen. Dabei zeigten sich die Landmaissorten als sehr wüchsig und konnten den Boden schnell abdecken. Dass Oax und Bij am 1. Juli 2014 eine tendenziell höhere Bodenbedeckung als die Kontrollsorte aufwiesen, bestätigt die guten

Resultate aus den Beobachtungen im Vorjahr (Meyer, 2013). Die hohe Bedeckung dürfte auch mit der Blattstellung dieser Sorten zu tun haben. In einem separaten Feldversuch könnte nun weiter untersucht werden, welche Vor- und Nachteile die andersartige Blattstellung für die Landmaissorten mit sich bringt. Ein tendenziell früheres Ausschatten des Bodens dürfte sich in einer schwächeren Verunkrautung äussern und für eine Biosorte ein interessantes Merkmal sein. Da die horizontale Blattstellung dem Wind wahrscheinlich mehr Angriffsfläche bietet, ist es ebenfalls möglich, dass die Standfestigkeit bei den Sorten *Oax* und *Bij* auch darum niedriger war.

5.2.2 Krankheitsresistenzen

Der Krankheitsdruck war generell tief. Von den im Feldversuch bonitierten Krankheiten gab es nur beim *Helminthosporium*-Befall signifikante Unterschiede. *Ora* scheint tendenziell etwas anfälliger auf diesen Pilz zu sein als die übrigen Sorten. Der Befall bewegte sich 2014 in einem sehr tiefen Bereich und trat erst spät in der Vegetation auf. In einem solchen Jahr ist es schwierig, ohne künstliche Inokulationen unterschiedliche Resistenzen und -Toleranzen gegenüber Krankheiten festzustellen. Die Anfälligkeit gegenüber *Helminthosporium* müsste in einem weiterführenden Feldversuch genauer untersucht werden, um weiterführende Aussagen zu den Unterschieden machen zu können.

5.2.3 Qualitätsanalyse

Die Qualität der Maishäcksel wird üblicherweise anhand der Werte NEL-Gehalt, Stärkegehalt, NDF und NFC bestimmt (Kunz, 2013, persönliche Mitteilung). In der Rindviehfütterung sucht man zudem eine tiefe Stärkeverdaulichkeit (ebd.). Wie zu erwarten war, sind die hochgezüchteten Sorten (Kun und Kontrollsorte) hier leicht im Vorteil. Dies ist jedoch nicht gegenüber jeder Landmaissorte der Fall. *Ora* kann in diesen Kerngrössen durchaus mithalten. Dass die Werte von *Bij* nicht unbedingt gut ausfallen würden, war bereits nach der Berechnung des Trockensubstanzgehaltes (TS) vermutet worden. Der TS-Gehalt der Kolbenstichprobe war deutlich tiefer als bei den übrigen Sorten, was an der späteren Reife liegen dürfte. Die Kornfüllung war zur Erntezeit scheinbar noch nicht abgeschlossen. Weitet man die Gruppe der qualitätsbestimmenden Werte aus, so sieht die Situation etwas anders aus. Betreffend Proteingehalt liegt *Ora* im Vorteil und *Bij* fällt gegenüber der Kontrollsorte nicht ab. Bei den Mineralstoffgehalten sind die Landmaissorten zudem tendenziell im Vorteil.

Mit den hier ermittelten Werten könnte aus der Kontrollsorte ein etwas energiereicheres (NEL) und tendenziell stärkehaltigeres Futter produziert werden als mit den Landmaissorten *Bij* und *Ora*. Dagegen müsste bei einer Silage aus *Ora* oder *Bij* eher weniger Proteinausgleichsfutter beigemischt werden, da die Differenz zwischen Energie- und Proteingehalt geringer ist.

Welche Sorte das qualitativ beste Futter ergibt, hängt davon ab, wie ein solches Futter definiert wird. Falls in Zukunft der Import von Proteinausgleichsfutter teurer würde oder nicht mehr erlaubt wäre, könnte es für die moderne Züchtung plötzlich von Interesse sein, eine ertragreiche Maissorte zu züchten, die zwar immer noch einen hohen NEL-Wert, jedoch einen erhöhten Proteingehalt aufweist.

6 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, mit einem Feldversuch aufzuzeigen, ob Landmaissorten im Hinblick auf den Ertrag mit einer üblichen Hybridsorte mithalten können. Es ging darum herauszufinden, ob sich eine züchterische Bearbeitung von Landmaissorten lohnen könnte.

Die in **Kapitel 4** dargestellten Ergebnisse sind vielversprechend: Die Sorte *Bij* hat, wie in **Tabelle 18** auf Seite 43 dargestellt, den höchsten Ertrag erreicht. Sie war den anderen Sorten im Hinblick auf den Ertrag überlegen. Die zweite Landmaissorte *Ora* war der Kontrollsorte im Hinblick auf den Ertrag ebenbürtig. Für die dritte Landmaissorte *Oax* konnte infolge Lager kein Ertrag ermittelt werden. Bei letztgenannter Sorte drängen sich weitere Ertragsversuche auf, da das Ertragspotential zwischen *Bij* und *Ora* liegen dürfte und *Oax* eine relativ fröhreife Sorte ist.

Eine Maissorte wird zu 95% anhand ihres Ertrags beurteilt (Hiltbrunner 2014, persönliche Mitteilung). Dieses gute Abschneiden liefert nun starke Argumente, um die Züchtung einer Biosorte auf Basis von Landmaissorten ins Auge zu fassen. Es wurden keine generellen Schwächen der Landmaissorten gefunden. Dies will heissen, dass bei jedem gemessenen oder beobachteten Parameter eine der drei Landmaissorten an die Resultate der Kontrollsorte herankommt. Dieses Potential sollte nun gezielt genutzt werden. Vermutlich gibt es weitere ertragsstarke Landmaissorten zu entdecken.

Ein gangbarer Weg scheint ebenfalls die Züchtung von Populationssorten wie der OPM12 von Peter Kunz (Kun). Diese dürften allerdings kaum höhere Erträge bringen als vergleichbare Hybridsorten. Dies deshalb, weil solche Sorten auf derselben Genetik basieren wie die Hybridsorten.

Jede Landmaissorte hat bei den meisten erhobenen Parametern gut abgeschnitten. Vorliegend konnte auch Verbesserungspotential aufgezeigt werden. *Ora* scheint etwas anfälliger auf *Helminthosporium* zu sein, *Bij* ist nicht sehr fröhreif und hatte, wie *Oax*, Probleme mit der Standfestigkeit. Die vielen positiven Ergebnisse sind jedoch Indiz dafür, dass sich die Investition in die Weiterverbesserung dieser Sorten lohnen könnte.

Mehrjährige Ertragsvergleiche an verschiedenen Standorten könnten die positiven Resultate aus diesem Versuch genauer untersuchen. Dabei wäre interessant, die Ertragswirkung der horizontalen Blattstellung oder verschiedener Saatdichten zu überprüfen. Ebenfalls steht die Frage im Raum, wie die unerwartet schlechte Standfestigkeit von *Bij* und *Oax* anbautechnisch oder züchterisch verbessert werden könnte. Weiterführende Studien könnten eine grössere Anzahl Landmaissorten im Hinblick auf den Ertrag beobachten und auswerten. Dadurch dürften weitere, vom Ertrag her interessante Sorten gefunden werden.

7 Literaturverzeichnis

agrometeo.ch, 2013. Meteorologie, abgerufen am 08.10.2013,
<http://www.agrometeo.ch/de/meteorology/charts/4>

Agroscope, ohne Datum. Silomaisreife online berechnen, abgerufen am 08.10.2013,
<http://www.agroscope.admin.ch/futtermittel/03795/03798/index.html?lang=de>

Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, ohne Datum. Historische Maissorten in Bayern.
Abgerufen am 10.07.2014, <http://www.lfl.bayern.de/ipz/mais/026662/>

Becker H, 2011. Pflanzenzüchtung (2. überarb. Aufl.). Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 368 S.

Biofarm, 2014. Körnermais – Viel Biodiversität und wenig Energie. Abgerufen am 10.07.2014,
<http://www.biofarm.ch/koernermais.html>

Calvert R, ohne Datum. The History of Hybrid Seed Corn. eHow, abgerufen am 04.10.2013,
http://www.ehow.com/about_6196835_history-hybrid-seed-corn.html

Camp K-H, 2013. Saatgutzüchter Delley Semences et Plantes SA (DSP). Telefon vom 05.07.2013.

Carraretto M, 2005. Histoires de Maïs – d'une divinité amérindienne à ses avatars transgéniques.
Comité des travaux historiques et scientifiques (CTHS), Paris, 227 S.

de Candolle A, 1984. Origine des plantes cultivées (réédition par Laffitte Reprint de l'édition de 1883).
Librairie Germer Baillièvre et Cie, Marseille, S. 313

de Sahagún B, 1577. Historia general de las cosas de Nueva España. De la Orden de los Frayles Menores
de la Observancia. Editorial Pedro Robredo, México, 324 S.

Denzler L, 2007. Schweizer Mais-Landsorten – interessant für die moderne Züchtung – Genbank in
Changins konserviert 150 alte Maissorten, 19.09.2007, abgerufen am 18.11.2014,
<http://www.nzz.ch/aktuell/startseite/schweizer-mais-landsorten-interessant-fuer-die-moderne-zuechtung-1.557270>

Freitag N, 2011. Abschlussbericht NAP 03-58 – Kombination aus ex-situ Erhaltung und on-farm
Management Schweizer Maislandsorten auf der Basis einer Kernkollektion. Institut für Pflanzen-
wissenschaften ETH, abgerufen am 28.11.2014, http://www.bdn.ch/media/files/pan_docs/03-58_2010_final.pdf

Gonzalo Fernandez de Oviedo y Valdés, 1535. Del pan de los indios llamado mahiz, é de cómo se
siembra y se coge, y otras cosas a esto concernientes. In: Fernandez de Oviedo y Valdés G (Hrsg.).
Historia general y natural de las Indias. Imprenta de la real academia de la historia, Madrid, S. 263-269

Gay J-P, 1984. Fabuleux maïs – histoire et avenir d'une plante. AGPM, Pau, 289 S.

Grausgruber H, 2014. Mais – Zuchtmethodik. Universität für Bodenkultur, Wien, abgerufen am
08.11.2014, http://plantbreeding.boku.ac.at/957307/07_Mais.pdf

Häfeli, M, 2013. Mais-Erhaltenszüchter in Vincelles (F). Gespräch vom 31.08.2013

Häfeli, M, 2011. Varietätenbeschreibungen und Hinweise zur Kultur. Anhalonium, abgerufen am
01.10.2012, http://www.anhalonium.com/d/pdf/vrlist_d.pdf

Hiltbrunner J, Buchmann U, Baux A, Collaud J-F, Bertossa M, 2013. Liste der empfohlenen Maissorten
für die Ernte 2013. Agroscope, abgerufen am 04.10.2013,
<http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?pubdownload=NHzLpZe g7tLnp6IoNTUo42l2Z6lmacy4Zn4Z2rZpnG3s2Rodeln6h1doN7gnuNn,aknp6V2tTljKbXoKimjZycnJmjKfo>

Hiltbrunner J, 2014. Leiter Sortenprüfung, Agroscope. Persönliche Mitteilung vom 12.02.2014

Keiser A, 2012. Spezielle Pflanzenzüchtung. Vorlesungsunterlagen, unveröffentlicht. Hochschule für
Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Zollikofen, 84 S.

Kunz P, 2014. Getreidezüchter. Interview vom 05.06.2014.

Kunz P, 2013. Dozent Tierernährung, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften
(HAFL). Persönliche Mitteilung.

- Messner H, 2012.** DMK-Pressedienst: Erfolgsprodukt Hybridmais. Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK), abgerufen am 01.07.2014,
https://maiskomitee.de/web/download.aspx?file=PD0112.zip&file_title=Pressedienst%20Januar%202012.zip&path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/07e0cca5-00b0-41c9-b46a-1d1700608f2d.zip&type=attachment&module=61
- Meyer P, 2013.** Landmais-Erhaltenszüchtung – Beobachtung und Auswahl von geeigneten Landmais- sorten für einen Ertragsvergleich mit Hybridmais. Semesterarbeit, unveröffentlicht. Hochschule für Landwirtschaft-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Zollikofen, 40 S.
- Münger A, 2014.** Mitarbeiter Agroscope. E-Mail vom 18.03.2014.
- Paredes López O, Guevara Lara F, Bello Pérez L-A, 2009.** La nixtamalización. Ciencias, 92, 60-70.
- Poma de Ayala F, 1615.** El primer nueva corónica y buen gobierno. Königliche Bibliothek, Kopenhagen, abgerufen am 27.11.2014, <http://www.kb.dk/permalink/2006/poma/info/es/frontpage.htm>
- Rebourg C, Chastanet M, Gouesnard B, Welcker C, Dubreuil P, Charcosset A, 2002.** Maize introduction into Europe: the history reviewed in the light of molecular data. Springer-Verlag, Berlin. 27.11.2002, abgerufen am 28.11.2014, <http://link.springer.com/article/10.1007/s00122-002-1140-9>
- Röbbelen G, 2008.** Die Entwicklung der Pflanzenzüchtung in Deutschland (1908-2008). Gesellschaft für Pflanzenzüchtung Göttingen (GFP e.V.), abgerufen am 04.10.2013, <http://www.unigoettingen.de/de/353055.html>
- Rösch D, 2010.** Das grosse Hungern. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, 08.02.2010, abgerufen am 10.07.2014, <http://www.spektrum.de/alias/dachzeile/das-grosse-hungern/1020057>
- Röser M, ohne Datum.** Die Maispflanze – Kulturgeschichte und Entstehung. Institut für Botanik und Botanischen Garten der Universität Wien, abgerufen am 05.10.2013, http://www.landesmuseum.at/pdf_frei_remote/KATOOENF_0061_0181-0188.pdf
- Roth M, 2011.** Sensibilité des variétés de lignée et des hybrides de maïs face à l'helminthosporiose (Setosphaeria turcica). Travail de semestre, inédit. Haute Ecole Suisse d'Agronomie HESA, Zollikofen, 38 S.
- Schilperoord P, 2012.** Beitrag zur Geschichte der Kulturpflanzen, 2. Mais – Schweiz, Nord- und Südtirol. Berggetreide .ch, 16.04.2012, abgerufen am 15.10.2013, http://www.berggetreide.ch/Geschichte_Kulturpflanzen/Kulturpflanzengeschichte_2_Mais.pdf
- Schleissing S, ohne Datum.** Hybridzüchtung – Mehr Ertrag bei den Nachkommen. Ludwig-Maximilians- University München, abgerufen am 04.10.2013, <http://www.pflanzen-forschung-ethik.de/verfahren/hybridzuechtung.html>
- Spuhler M, 2011.** Populationsmais kommt gut an. Schweizer Bauer, 27.08.2011, abgerufen am 10.07.2014, <http://www.getreidezuechtung.ch/service/in-der-presse/2011/schweizerbauer-270811-populationsmais-kommt-gut-an>
- Stamp P, 2005.** Adaptation schweizerischer Maislandsorten an marginale Regionen – Abschlussbericht 2005 für NAP-Projekte 02-33 und 02-201. Institut für Pflanzenwissenschaften ETH, abgerufen am 18.11.2014, http://www.bdn.ch/media/files/pan_docs/02-33_2005_final.pdf
- Tschumi S, 2011.** Anwendung und Evaluierung der Temperatursummenmethoden gemäss der Association générale des producteurs de maïs – Einfluss von Standort und Erntetermin auf die Silomaisqualität verschiedener Sorten. Semesterarbeit, unveröffentlicht. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen, 34S.

Anhang (auf elektronischem Datenträger)

- I. NCSS Protokolle**
- II. Qualitätsanalyse**
- III. Rohdaten Bodenbedeckung**
- IV. Versuchsaufbau und Projektplanung**
- V. Gradtagberechnung**
- VI. Formulare und Vegetationstagebuch**