



Schlussbericht zum Thema

**Zuchtmethoden, Leistungs- und
Adaptionsfähigkeit von Maispopulationen und
Erstellung einer diversen Ausgangspopulation
für Wissenschaft, Züchtung und Praxis**

**FKZ: 2815NA106; 2815NA169; 2815NA170;
2815NA171; 2815NA200**

**Projektnehmer: Landbauschule
Dottenfelderhof e.V.; Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft; Georg-August-Universität
Göttingen; Bundessortenamt; Universität Kassel**

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung
und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages im Rahmen des
Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere
Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische und nachhaltige Land- und Lebensmittelwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) finanziert und in der BÖLN-Geschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in Bonn in die Praxis umgesetzt. Das Programm untergliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder, den Forschungs- und den Informationsbereich.

Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter
www.bundesprogramm.de

Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel: 0228-6845-3280
E-Mail: boeln@ble.de

ZuchtMetPopMais

Schlussbericht

Zuchtmethoden, Leistungs- und Adaptionsefähigkeit von Maispopulationen und Erstellung einer diversen Ausgangspopulation für Wissenschaft, Züchtung und Praxis

01.04.2017-30.06.2022

FKZ 2815NA169



ZuchtMetPopMais**Zuchtmethoden, Leistungs- und Adaptionfähigkeit von
Maispopulationen und Erstellung einer diversen
Ausgangspopulation für Wissenschaft, Züchtung und Praxis**

01.04.2017-30.06.2022

Ausführende Stelle

2815NA169
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Dr. Barbara Eder
Am Gereuth 4, 85354 Freising
Barbara.Eder@Lfl.bayern.de

Zuwendungsempfänger

2815NA106
Forschung & Züchtung – Landbauschule
Dottenfelderhof e.V.
Dr. Carl Vollenweider, Kathrin Neubeck
Dottenfelder Hof 1, 61118 Bad Vilbel
Kathrin.Neubeck@dottenfelderhof.de

2815NA171
Bundessortenamt
Friedhilde Trautwein, Kerstin Diekmann
Osterfelddamm 80, 30627 Hannover
Friedhilde.Trautwein@bundessortenamt.de

2815NA170
Georg-August Universität Göttingen
Wilhelmsplatz 1, 37073 Göttingen

Universität Kassel (ab 2020)
Dr. Bernd Horneburg
Nordbahnhofstr. 1a
37213 Witzenhausen
Bernd.Horneburg@uni-kassel.de

Kooperationspartner

Naturland e.V.
Werner Vogt-Kaute
Eichethof 1, 86411 Hohenkammern
W.Vogt-Kaute@naturland-beratung.de

Kompetenzzentrum Ökolandbau
Ulrich Ebert
Bahnhofsstr. 15, 27374 Visselhövede
U.Ebert@oeko-komp.de

Getreidezüchtung Peter Kunz
Catherine Cuendet
Gut Mönchhof 2, 37290 Meissner
office@gzpk.ch

Kurzfassung (DE)

Im Hinblick auf den Klimawandel und die zunehmend auftretenden Wetterextreme könnten offen abblühende heterogene Maispopulationen speziell im ökologischen Landbau Vorteile aufweisen. Die züchterische und wissenschaftliche Bearbeitung dieses Sortentyps findet seit der zweiten Hälfte des 20. Jh. kaum mehr statt. Im Vorhaben wurde in fünf Teilprojekten Leistungspotenzial, Robustheit und Anpassungsfähigkeit von Maispopulationen sowie effiziente Zuchtmethoden zu deren Verbesserung untersucht. Die Versuche wurden von 2017-22 an ökologisch und konventionell bewirtschafteten Standorten in Deutschland durchgeführt. Für Forschung, Züchtung und Wissenschaft wurde eine neue Ausgangspopulation erstellt:

- (1) Bei den Zuchtmethoden wurde der Einfluss des genetischen Hintergrundes der Ausgangspopulationen deutlich. Bei wenig bearbeitetem Material zeigte die Haploidenmethode die stärkste Wirkung, die rekurrente S1-Familien- und Vollgeschwisterselektion (mit Ertragserhebungen) scheinen für eine effiziente Verbesserung der Populationen dennoch das größte Potenzial aufzuweisen. Die einfache positive Masseauslese führte bei minimalem Aufwand zur Erhaltung der Populationen in deren Eigenschaften und ist in der Praxis zur eigenen Saatgutgewinnung oder Hofsortenentwicklung leicht einsetzbar.
- (2) Im Mittel erzielten die Populationen maximal 80 % des Kornertrags der Vergleichshybridisorten, nur an einzelnen Standorten und Jahren erreichten sie konkurrenzfähige Erträge. Im ökologischen Anbau zeigten alle Populationen eine höhere Leistungsfähigkeit, welche darauf hindeutet, dass in diesem Anbausystem die genetische Heterogenität besser genutzt werden konnte.
- (3) Die Anpassung an die Selektionsumwelt und Selektionsbedingungen wurde in kürzester Zeit ertragswirksam. Die Auswahl der Ausgangshybriden zeigte einen starken Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Populationen, eine höhere Anzahl an Genotypen in den Populationen verbesserte in der Tendenz deren Leistungsstabilität.
- (4) Eine neue Ausgangspopulation - nach den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen zusammengestellt - steht für Forschung und Praxis zur weiteren Verwendung zur Verfügung.
- (5) Ein intensiver Wissenstransfer hat mithilfe von Feldtagen, Workshops, Kurzfilmen und Veröffentlichungen in Fachzeitschriften stattgefunden.

Short Summary (E)

Regarding to climate change and the increasing number of extreme weather events, open-pollinated heterogeneous maize populations can have advantages, especially in organic farming. Breeding of this type of variety has hardly taken place since the second half of the 20th century. In this project yield performance, resilience and adaptability of maize populations as well as efficient breeding methods were examined in five work packages. The trials were carried out from 2017-2022 at organically and conventionally managed locations in Germany. A new test population has been established for research, breeding and agriculture.

- (1) In breeding methods, the influence of the genetic background of the original populations was evident. With material, which was hardly used for breeding (e. g. landraces) the haploid method showed the strongest effect, but recurrent S1 family and full sibling selection (with yield testing) seem to have the greatest potential for efficient population improvement. The simple positive mass selection led to preservation of the populations in their properties with minimal effort and is easy to use in practice for on farm seed production or variety development.
- (2) On average, the populations achieved a maximum of 80 % of the grain yield compared to hybrid varieties; they only achieved competitive yields at individual locations and years. In organic farming, all populations showed higher productivity, indicating that genetic heterogeneity could be better utilized in this farming system.
- (3) The adaptation to the selection environment and selection conditions became profitable in a very short time. The selection of the initial showed a strong influence on the performance of the populations, a higher number of genotypes in the populations tended to improve their performance stability.
- (4) A new test population – compiled according to the latest scientific knowledge – is available for research and agriculture for further use.
- (5) An intensive transfer of knowledge has taken place with the help of field days, workshops, short films and publications in scientific and agricultural journals.

Autor*innen

Teilprojekt 1: Carl Vollenweider, Kathrin Neubeck

Teilprojekt 2: Barbara Eder

Teilprojekt 3: Barbara Eder, Tobias Flakus, Carl Vollenweider

Teilprojekt 4: Barbara Eder

Teilprojekt 5: W. Vogt-Kaute, Ulrich Ebert, Kathrin Neubeck

Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei allen Projektpartner*innen, Landwirt*innen und Praktiker*innen für die Mitwirkung und Teilnahme am Projekt.

Besonderer Dank gilt der Bundesanstalt für Landwirtschaft für die Förderung des Projekts im Rahmen des BÖLN und explizit bei Frau Bettina Lüdtké für ihre Betreuung und Unterstützung während der gesamten Projektlaufzeit.

Auch den Projektpartnern aus der Ökoberatung Ulrich Ebert (Kompetenzzentrum Niedersachsen) und Werner Vogt-Kaute (Naturland-Beratung) sei für ihre Unterstützung, das Thema in die Praxis zu bringen und den Wissenstransfer über viele sehr schöne Feldtage zu ermöglichen, gedankt.

Ohne die Bereitschaft des Bundessortenamts das Projekt mit weiteren drei konventionellen Versuchsstandorten zu unterstützen, wären die Ergebnisse nicht auf eine so breite Datenbasis gestützt.

Bernd Horneburg (Universität Göttingen, Universität Kassel), und allen anderen Versuchsansteller*innen, sei an dieser Stelle für die Durchführung der Exaktversuche und ihre Mitarbeit gedankt.

Im Laufe der Projektlaufzeit haben wir immer wieder positive Rückmeldung aus der Praxis erhalten, dass dieses Themenfeld ein wichtiges ist. Auch hierfür bedanken wir uns.

In jedem Ende liegt ein neuer Anfang.

Barbara Eder

Kathrin Neubeck

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	8
Begriffsbestimmungen.....	10
Tabellenverzeichnis.....	11
Abbildungsverzeichnis.....	13
1 Einführung.....	15
1.1 Gegenstand des Vorhabens	15
1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen.....	15
1.3 Planung und Ablauf des Projektes.....	15
2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	16
2.1 Hintergrund Maispopulationen	16
2.2 Zuchtmethodik – Verbesserung der Selektionseffizienz (TP1).....	17
2.3 Leistungs- und Adaptionfähigkeit, Materialentwicklung (TP2, TP3, TP4, TP5).....	18
3 Material und Methoden.....	20
3.1 Versuchsaufbau/Leistungsprüfungen aller Teilprojekte.....	20
3.2 Standorte.....	21
3.3 Prüfglieder (Maispopulationen und Vergleichshybride)	22
4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	23
4.1 Teilprojekt 1 – Zuchtmethodik, Verbesserung der Selektionseffizienz.....	23
4.1.1 Durchführung Teilprojekt 1	23
4.1.2 Ergebnisse Teilprojekt 1	26
4.1.3 Diskussion Teilprojekt 1	29
4.2 Teilprojekt 2 – Leistungsfähigkeit und Leistungsstabilität.....	31
4.2.1 Durchführung Teilprojekt 2	31
4.2.2 Ergebnisse Teilprojekt 2.....	32
4.2.3 Zusammenfassung und Diskussion.....	63
4.3 Teilprojekt 3 – Anpassungsfähigkeit	65
4.3.1 TP3.1 Prüfung der Anpassungsfähigkeit	65
4.3.2 TP3.2. Einfluss der Anzahl der Genotypen in einer Population auf Leistungsfähigkeit und –stabilität.....	72
4.4 Teilprojekt 4 – Erstellen einer neuen Ausgangspopulation.....	76
4.5 Teilprojekt 5 – Wissenstransfer.....	81
4.5.1 Praxisversuche	81
4.5.2 Veröffentlichungen	83
4.5.3 Fachtag Maispopulationen	84
4.5.4 Informationsfilme.....	85
4.5.5 Feldtage.....	86
4.5.6 Webseite Maispopulationen	87
5 Diskussion der Ergebnisse	87
5.1 Leistungsfähigkeit und Leistungsstabilität von Populationen.....	87

5.2	Einfluss der Zuchtmethodik.....	88
5.3	Einfluss der genetischen Breite und neue Ausgangspopulation.....	88
5.4	Verbindung von Forschung, Züchtung und Praxis	88
6	Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	89
7	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen	90
7.1	Teilprojekt 1.....	90
7.2	Teilprojekt 2.....	90
7.3	Teilprojekt 3.....	90
7.4	Teilprojekt 4.....	90
8	Zusammenfassung.....	91
9	Literaturverzeichnis	93
10	Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt.....	96
11	Anhang	97

Abkürzungsverzeichnis

BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BÖL/BÖLN	Bundesprogramm ökologischer Landbau
BSA	Bundessortenamt
DACHW	Standort Dachwig (betreut durch Bundessortenamt)
DH	Doppelhaploide Linien
DOFLD	Standort Limburg (betreut durch Dottenfelderhof)
DON	Deoxynivalenol
DSCHN.VRS	Durchschnitt der Verrechnungssorten
FRAD1	Standort Frankendorf (betreut durch LfL Bayern)
früh	Reifegruppe früh, bis K220
FZD	Forschung & Züchtung – Landbauschule Dottenfelderhof e.V.
GZPK	Getreidezüchtung Peter Kunz, CH
GAUGö	Georg-August-Universität Göttingen
HASL1	Standort Haßloch (betreut durch Bundessortenamt)
K	Körnerreifezahl
konv	unter konventionellen Anbaubedingungen
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
MAGBG	Standort Magdeburg (betreut durch Bundessortenamt)
mfrüh	Reifegruppe mittelfrüh, K230 bis K250
mspät	mittelspät bis spät, ab K260
MW	Mittelwert
NEIBE	Standort Neu-Eichenberg (betreut durch Universität Kassel)
NIEDS	Standort Niederschönenfeld (betreut durch LfL Bayern)
NIRS	Nahinfrarotspektrometer
öko	unter ökologischen Anbaubedingungen
Pflz	Pflanzen
REINS	Standort Reinshof (betreut durch Universität Göttingen)
rel	relativ zur Bezugsbasis
RP-Gehalt	Rohproteingehalt
S	Siloreifezahl
S1	Erste Generation nach der Selbstung
S2	Zweite Generation nach der Selbstung

STRAS	Standort Strassmoos (betreut durch LfL Bayern)
TKM	Tausendkornmasse
TM	Trockenmasse
TP	Teilprojekt
TS(-Gehalt)	Trockensubstanzgehalt
Weistep1	Weihenstephaner 1
Weihens2	Weihenstephaner 2
Weihens3	Weihenstephaner 3
ZEA	Zearalenon

Begriffsbestimmungen

- Populationen** Eine Population ist eine Gruppe von Individuen derselben Art, welche sich untereinander fortpflanzen, bei Nachbau bleiben sie genetisch stabil. Züchterisch entsteht eine Population einer fremdbefruchtenden Art durch gezieltes Kreuzen vieler verschiedener Genotypen und der Selektion bzw. dem Nachbau im offen abblühenden Bestand.
- Sortentyp** Die traditionelle Pflanzenzüchtung folgt einer Züchtungssystematik, die vier Sortentypen benennt: Liniensorten, Hybridsorten, Populationssorten und Klonsorten. Populationen passen nicht in diese Systematik, da sie keinem bestimmten Sortentyp entsprechen. Insofern ist es fachlich nicht richtig von einem Sortentyp Population oder Sortentyp offen abblühende Maissorte zu sprechen, da es weder ein Sortentyp noch eine Sorte im Sinne der Definition ist. Dennoch wird im vorliegenden Bericht der Begriff zur Unterscheidung zwischen den Hybridsorten und den Populationen genutzt, da er für das steht, was gemeint ist, in Kauf nehmend, dass es nicht ganz korrekt ist.
- Zulassung** Linien und Hybride können als Linien- und Hybridsorten zugelassen werden. Einheitliche Populationen, die sich in mindestens fünf Merkmalen, in denen sie homogen sein müssen, von anderen Sorten unterscheiden, können als Populationssorten zugelassen werden. Bei heterogenen Populationen ist die Zulassung als Sorte nicht möglich, da sie nicht anhand einzelner, einheitlicher Merkmale unterschieden werden können. Seit 01.01.2022 ist in der EU-Öko-Verordnung verankert, dass offen abblühenden Populationen als Ökologisches Heterogenes Material (ÖHM) notifiziert werden können.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Merkmalerfassung bei den Leistungsprüfungen	20
Tabelle 2 Standortbeschreibungen	22
Tabelle 3 Liste der Genotypen aufgeteilt nach Hybriden/Vergleichssorten und Populationen	22
Tabelle 4 Übersicht über die 12 Prüfglieder der Leistungsprüfungen 2018-2020 im Rahmen von TP1, Prüfgliednummern in Klammern („Original-Set“).	25
Tabelle 5 Die drei zusätzlichen Prüfglieder der erweiterten Leistungsprüfungen 2020-2021 im Rahmen von TP1, Prüfgliednummern in Klammern („Neues Set“).	26
Tabelle 6 Datum weibliche Blüte (25%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	34
Tabelle 7 Datum weibliche Blüte (75%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	34
Tabelle 8 Datum Fahnenblüte (25%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	35
Tabelle 9 Datum Fahnenblüte (75%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	35
Tabelle 10 Dauer der weiblichen Blüte in Tagen 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	36
Tabelle 11 Dauer der Fahnenblüte in Tagen 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	36
Tabelle 12 Datum weibliche Blüte (25%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	37
Tabelle 13 Datum weibliche Blüte (75%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	37
Tabelle 14 Datum Fahnenblüte (25%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	38
Tabelle 15 Datum Fahnenblüte (75%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	38
Tabelle 16 Dauer der weiblichen Blüte in Tagen 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	39
Tabelle 17 Dauer der Fahnenblüte in Tagen 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	39
Tabelle 18 Lager durch frühen Stängelbruch 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	40
Tabelle 19 Lager durch frühen Stängelbruch 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	40
Tabelle 20 Lager vor der Ernte 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	41
Tabelle 21 Lager vor der Ernte 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	41
Tabelle 22 Bestockungsneigung 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell) ...	42
Tabelle 23 Bestockungsneigung 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	43
Tabelle 24 Stängelfäule [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	44
Tabelle 25 Stängelfäule [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	44
Tabelle 26 Helminthosporium Befall [Bonitur 1-9] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	45
Tabelle 27 Helminthosporium Befall [Bonitur 1-9] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	45
Tabelle 28 Pflanzen mit Beulenbrand [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	46
Tabelle 29 Pflanzen mit Beulenbrand [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	46
Tabelle 30 Pflanzen mit Maiszünsler [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	47

Tabelle 31 Pflanzen mit Maiszünsler [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	48
Tabelle 32 Pflanzenlänge [cm] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	49
Tabelle 33 Pflanzenlänge [cm] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	50
Tabelle 34 Kornertrag (86%TS) [dt/ha] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	52
Tabelle 35 Kornertrag (86%TS) [dt/ha] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	52
Tabelle 36 Kornertrag (relativ) [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	53
Tabelle 37 Kornertrag (relativ) [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	53
Tabelle 38 Trockensubstanzgehalt [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	54
Tabelle 39 Trockensubstanzgehalt [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	54
Tabelle 40 Trockensubstanzgehalt relativ [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)	55
Tabelle 41 Trockensubstanzgehalt relativ [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)	55
Tabelle 42 Tausendkornmasse [g] 2017-2021 im Mittel über die Jahre (konventionell)	56
Tabelle 43 Tausendkornmasse [g] 2017-2021 im Mittel über die Jahre (ökologisch)	57
Tabelle 44 DON-Gehalte [$\mu\text{g}/\text{kg}$ TM] 2017-2021 an wechselnden Orten (Strassmoos, Frankendorf), ökologischer und konventioneller Anbau	60
Tabelle 45 Rohproteingehalte an wechselnden Orten (Strassmoos und Frankendorf), ökologischer und konventioneller Anbau	61
Tabelle 46 Übersicht über die Korrelation (nach Pearson) der Laboranalysen vs. alte Kalibrierung vs. neu erstellte Kalibrierung für Rohprotein- und Stärkegehalt an ganzen Maiskörnern	62
Tabelle 47 Zusammenfassende Übersicht über Ertrags-, Agronomische- und Qualitätseigenschaften von Maispopulationen	63
Tabelle 48: Grenzdifferenzen der Kornerträge [dt/ha] der verschiedenen Versuchsstandorte (2017-2021)	64
Tabelle 49 Ergebnisse aus TP3.1 für alle Standorte, ökologisch und konventionell, über alle Jahre gemittelt und Einzelwerte aller Prüffahre 2018-2021	70
Tabelle 50 Kornertrag (86 % TM) dt/ha der Populationen (POP) und Hybridsorten (H) (Mittelwerte 2018-2021, über n=3 Orte konv, n=2 Orte öko). Mittelwerte innerhalb einer Spalte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant nach dem LSD-Test ($\alpha = 0,05$). Die Buchstaben in der ersten Spalte bezeichnen die in den Populationen und Hybriden enthaltenen Genotypen. MW Mittelwert, TM: Trockenmasse	74
Tabelle 51 Leistungsstabilität der Populationen und ihrer Ausgangshybridsorten: Ertragsdifferenz zum Vorjahr in den Jahren 2019 bis 2021 und Umweltvarianz. In der ersten Spalte sind die absoluten (abs.) Kornerträge der Prüfglieder im Jahr 2018 angegeben. Die mit einem Stern (*) bezeichneten Werte in der letzten Spalte unterscheiden sich signifikant von der Umweltvarianz von der POP1234 (F-Test).	75
Tabelle 52 Auswahl und Herkunft der Sorten für die neue Ausgangspopulation	78
Tabelle 53 Kennzeichen der neuen Ausgangspopulation	81
Tabelle 54 Korn- und Kolbenparameter der neuen Ausgangspopulation von den beiden Standorten LfL und FZD	81
Tabelle 55 Übersicht Praxisversuche Süd	81
Tabelle 56 Übersicht Praxisversuche Nord	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Ertrag, TS-Gehalt und Pflanzenlänge der Population 6805 (FZD) in Abhängigkeit vom Anbausystem (konventionell, ökologisch), TP1	27
Abbildung 2 Ertrag und TS-Gehalt der Population Sankt Michaelis in Abhängigkeit vom Anbausystem (konventionell, ökologisch), TP1.....	27
Abbildung 3 Ertrag, TS-Gehalt, Bestockung und Lager bei Vollgeschwister und Massenselektion in Abhängigkeit vom Anbausystem (konventionell, ökologisch), TP1.....	28
Abbildung 4 Protein- und Stärkegehalte in Abhängigkeit der Selektionsmethoden, TP1.....	29
Abbildung 5 Pflanzenlänge in Abhängigkeit vom Anbausystem 2017-2022	49
Abbildung 6 Kornertrag relativ in % vom Mittelwert der Vergleichshybridsorten 2017-2021, 4-6 Standorte/Jahr konventionell, 2-3 Standorte/Jahr ökologisch	51
Abbildung 7 Tausendkornmasse [g] 2017-2021 unter konventionellen und ökologischen Anbaubedingungen	56
Abbildung 8 DON-Gehalte 2017-2021 in Abhängigkeit vom Anbausystem (6 Orte konventionell, 5 Orte ökologisch).....	58
Abbildung 9 Rohproteingehalt [%] aus nasschemischen Analysen von je zwei Standorten (ökologisch und konventionell) aus TP2 2017-2020	59
Abbildung 10 Stärkegehalt [%] aus nasschemischen Analysen von je zwei Standorten (ökologisch und konventionell) aus TP2 2017-2020	62
Abbildung 11 Kornerträge der Sorten über alle Versuchsjahre gemittelt. Dargestellt sind die Mittelwerte für Ertrag in dt/ha. Großbuchstaben geben signifikant unterschiedliche Werte auf dem Niveau $p \leq 0,05$ an. Die Fehlerbalken sind die Standardfehler der Mittelwerte.	66
Abbildung 12 Kornertrag der Genotypen in Abhängigkeit der Versuchsjahre. Signifikanzniveau $p \leq 0,05$	67
Abbildung 13 Kornerträge der Sorten in Abhängigkeit des Ortes. Dargestellt sind die MW für Ertrag [dt/ha]. Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant unterschiedliche Werte auf dem Niveau $p \leq 0,05$ an. Die Fehlerbalken sind die Standardfehler der Mittelwerte.	68
Abbildung 14 Dargestellt sind die MW der Ertragsdifferenzen [dt/ha] der Produktionssysteme konventionell und ökologisch. Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant unterschiedliche Werte auf dem Niveau $p \leq 0,05$ an. Die Fehlerbalken sind die Standardfehler.	68
Abbildung 15 MW der Kornerträge [dt/ha] in Abhängigkeit vom Produktionssystem (konventionell, ökologisch). Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant unterschiedliche Werte auf dem Niveau $p \leq 0,05$ an. Die Fehlerbalken sind die Standardfehler.	69
Abbildung 16 Kornerträge von Populationen, aus 2 oder 4 Hybriden entwickelt, im Vergleich zu den Ursprungshybridsorten (Mittelwerte 2018-2021, 3 Orte konv, 2 Orte öko).....	73
Abbildung 17 Zeitlicher Ablauf zur Entwicklung einer neuen Ausgangspopulation.....	77
Abbildung 18 Foto Zuchtgarten – Selbstungen oder Kreuzungen von Hybridsorten. Die Kolbenansätze werden mit Plastiktüten bedeckt und so vor Fremdbefruchtung geschützt. Der gewünschte Pollen wird in der Papiertüte eingesammelt und dann auf die Narbenfäden der gewünschten Mutter gebracht. Anschließend wird die braune Papiertüte übergestülpt und der Kolben wächst innerhalb der Tüte heran.	78
Abbildung 19 Ertragsabfall zwischen Hybridsorte und S1 Hybride in % (2019, 2 Orte).....	79
Abbildung 20 Verwandtschaftsanalyse von 92 verschiedenen Mais Hybridsorten	80
Abbildung 21 Auszug aus der Tabelle zur Auswahl der Hybridsorten für die neue Ausgangspopulation.....	80
Abbildung 22 Feldbesichtigung der Nachbausorten auf dem Betrieb Sanderling bei Diepholz (links) und sehr gut ausgebildete Maiskolben der Population 6805 auf dem Praxisbetrieb Röh in Badbergen (rechts).....	83
Abbildung 23: Titelblatt, Inhaltsverzeichnis Fachtag Maispopulationen.....	85

Abbildung 24 Stand Maispopulationen auf den DLG-Feldtagen 2022 (links) mit Schauparzellen (rechts).....	86
Abbildung 25 Eindrücke von den Öko-Feldtagen 2022: Saatgutproben von Landsorten zum Mitnehmen (links), Schauparzellen Tambudzai und rote Kolben alter Landsorten (Mitte) und Almito (rechts).....	87

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Das geplante Vorhaben bezieht sich auf die Bekanntmachung des BMEL vom 03. Juni 2015, Modul B. Es handelt sich um ein grundlagen- und entwicklungsorientiertes Forschungsprojekt von konkret praktischer Relevanz. Die aus den Ergebnissen abgeleiteten Empfehlungen und das erstellte Pflanzenmaterial sollen sowohl in der (Ökologischen) Pflanzenzüchtung als auch in der direkten Zusammenarbeit zwischen Züchtern und landwirtschaftlicher Praxis verfügbar gemacht werden und Anwendung finden.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen

Das übergeordnete Anliegen des Vorhabens ist es, das Leistungspotenzial des aktuellen Sortenspektrums und Zuchtmaterials sowie genetischer Ressourcen für die Maispopulationszüchtung zu erschließen und zu steigern. Es kann davon ausgegangen werden, dass Populationen nicht nur im Ökologischen Landbau eine Alternative zu Hybridsorten darstellen. Um ihr Potenzial optimal zu nutzen, müssen jedoch zunächst erhebliche Kenntnislücken geschlossen werden. Im dargestellten Vorhaben sollen deshalb:

1) Zuchtmethoden zur Verbesserung bestehender Maispopulationen unterschiedlicher Struktur und Leistungsfähigkeit hinsichtlich ihrer Effizienz und ihrer Eignung für die ökologische Pflanzenzüchtung und partizipative Züchtungsansätze zur Entwicklung standortangepasster, leistungsstarker und -stabiler Populationen verglichen werden (TP1).

2) die Leistungsfähigkeit von zu Projektbeginn im Rahmen des zeitlich befristeten Experiments zugelassenen und weiteren verfügbaren Maispopulationen sowohl unter konventionellen als auch ökologischen Anbaubedingungen in klimatisch unterschiedlichen Regionen Deutschlands erfasst und damit eine solide Datengrundlage für Wissenschaft, Züchtung, Behörden und Praxis geschaffen werden (TP2).

3) die Anpassungsfähigkeit von Maispopulationen an unterschiedliche Standorte in Abhängigkeit von ihrer genetischen Breite ermittelt werden (TP3).

4) eine genetisch breite, den aktuellen Zuchtfortschritt beinhaltende Ausgangspopulation zur weiteren Verwendung in Züchtungsforschung und Praxis erstellt werden, die die besonderen Vorteile von Populationen optimal zur Geltung bringt (TP4).

5) der Wissenstransfer in die Praxis und die Vermittlung der notwendigen Kenntnisse zur betriebsspezifischen Hofsortenentwicklung stattfinden (TP5).

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Alle Teilprojekte wurden gemäß dem Antrag und den verschiedenen Ergänzungsanträgen durchgeführt und bearbeitet. In den ersten drei Versuchsjahren wurden die Parzellenversuche an den verschiedenen Standorten durchgeführt. Dabei wurde meist im Februar-März mit der detaillierten Versuchsplanung begonnen und es endete mit der Ernte und der Probenvorbereitung für entsprechende Laboranalysen. In den Wintermonaten erfolgten in der Regel die Untersuchungen in den verschiedenen Laboren, die Auswertung der Ergebnisse und Verrechnung der Daten sowie die Vorausplanung der neuen Vegetationsperiode.

Deutliche Änderungen der Aufgabenstellungen im Projektablauf waren keine nötig, es konnten, wie im Antrag beschrieben, alle Teilprojekte realisiert werden.

Erwartungsgemäß wurden im Projektverlauf allerdings Änderungen und Anpassungen im Arbeitsablauf in den Teilprojekten notwendig. Bei der Erstellung einer neuen Ausgangspopulation (TP4) ergaben sich Änderungen hinsichtlich der Erstellung der S1-Linien. Die Nutzung eines Winterzuchtgartens wurde verworfen. Dadurch kam es zu einer zeitlichen Verschiebung bei der Erstellung der neuen Population.

Außerdem wurde eine Projektverlängerung um zwei Jahre beantragt (2020-2022). Alle Versuchsjahre und insbesondere 2018 und 2019 waren durch extreme Witterungsbedingungen gekennzeichnet (ausgeprägte Frühjahrestrockenheit 2017, langanhaltende Sommertrockenheit 2018 und 2019) und es erschien deshalb eine Wiederholung der Versuche in zwei weiteren Vegetationsperioden angezeigt.

In der Projektverlängerung schied die Universität Göttingen aus und die Universität Kassel übernahm den Versuchsbereich. Glücklicherweise wechselte der dafür zuständige Projektbearbeiter ebenso zur Universität Kassel, sodass nahtlos angeschlossen werden konnte.

Trotz COVID-Pandemie (2019 bis heute andauernd) mussten keine gravierenden Änderungen vorgenommen werden. Allerdings zeigte sich in den ersten Jahren der Pandemie eine deutliche Zurückhaltung beim Besuch der Veranstaltungen, außerdem gab es deutliche Einschränkungen bei der Durchführung von Präsenzveranstaltungen. Deshalb wurde ein Aufstockungsantrag (März 2021) gestellt, mit dem Ziel über das Medium Kurzfilm, die Reichweite des Wissenstransfers zu erhöhen. Die wesentlichen Inhalte des Projekts sollten prägnant im Film festgehalten und Praktiker*innen und weiteren Interessierten deutschlandweit zugänglich gemacht werden. Es wurden drei Kurzfilme zu den folgenden Themen angefertigt:

- Film 1: Allgemeine Einführung und Konzept von Maispopulationen (Warum sind Populationen interessant? Vor- und Nachteile von Populationen. Wichtige Eigenschaften. Projektergebnisse zur Leistungsfähigkeit sowie erste Praxiserfahrungen).
- Film 2: Anbau und Saatgutgewinnung von Populationen – Leitfaden für Praktiker*innen (Ziele und Besonderheiten beim Anbau. Eigenes Saatgut gewinnen: Technische Anforderungen und Praxisempfehlungen. Erfahrungsberichte von Landwirt*innen und Vermehrer*innen).
- Film 3: Fokus Züchtung: wie werden Maispopulationen entwickelt, welche Selektionsmethoden werden verwendet, Unterschiede zu Hybriden, wie begründet sich ihre höhere Adaptionfähigkeit, prägnante Darstellung der wichtigsten Ergebnisse des Vorhabens und Perspektiven.

Zusätzlich und nicht im ursprünglichen Antrag enthalten, wurde am Ende der Projektlaufzeit ein Online Workshop mit ca. 60 Teilnehmern zu Maispopulationen abgehalten. Und die Teilnahme an den DLG- und Ökofeldtagen bildeten einen gelungen Projektabschluss.

Alle Informationen und Erkenntnisse, die Kurzfilme, der Tagungsband aus dem Projekt finden sich nun auf der Homepage www.maispopulationen.org öffentlich zugänglich.

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

2.1 Hintergrund Maispopulationen

Mais ist weltweit eine der wichtigsten Feldfrüchte. Mit der Entdeckung des Hybrideffektes änderte sich das Sortenangebot für Fremdbefruchter rapide. Ab ca. 1935 in Amerika und ab ca. 1958 werden in Deutschland und Europa für Mais fast ausschließlich Hybridsorten angeboten (Reif et al. 2005). Diese Entwicklung zeigt sich bei allen Fremdbefruchtern. Auch

für Sonnenblume und Zuckerrübe sind keine offen abblühenden Sorten mehr zugelassen. Nur bei Roggen ist das Verhältnis zwischen Populations- und Hybridsorten noch ausgewogen (vergleiche Beschreibende Sortenliste Bundessortenamt 1976 und 2016). Der Saatgutmarkt wird dominiert von wenigen homogenen Allroundsorten, die speziell für konventionelle Anbausysteme entwickelt wurden (Wolfe et al. 2008, Pixley 2006). Bei über 5000 in der EU zugelassenen Maissorten ist das Angebot an verschiedenen Sorten ausgesprochen groß. Das Fehlen von Populationssorten engt jedoch möglicherweise die genetische Basis der landwirtschaftlichen Produktion ein und begünstigt den fortschreitenden Verlust an Biodiversität (Gauffaux et al. 2011, IÖW 2004).

Die beeindruckenden Steigerungen des Leistungspotenzials des Zucht- und Sortenmaterials aus der konventionellen Maiszüchtung brachten gleichzeitig einen ständig steigenden Bedarf an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln mit sich (Pixley 2006, Kutka 2011).

Ökologische Anbauverfahren und Low-Input-Systeme sind auf Sorten angewiesen, die ohne die Zugabe von externen Hilfsstoffen stabile und hohe Erträge liefern, über eine hohe Adaptionsfähigkeit an sich ändernde Umweltfaktoren (v. a. Wasser und Temperatur) verfügen und robust gegenüber Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen sind. Der Klimawandel fordert zusätzliche Anstrengungen, resiliente Sorten zu entwickeln. Aufgrund eingeschränkter Möglichkeiten, Standortmängel durch Bewirtschaftungsmaßnahmen auszugleichen, ist die Entwicklung von Sorten mit spezifischer Anpassung an Betriebsweise und Standortgegebenheiten für den Ökologischen Landbau und andere extensivierte Landbausysteme besonders wichtig. Nachbaufähige Populationen, die zur Entwicklung von lokal angepassten Sorten herangezogen werden können, fehlen jedoch weitgehend. Hinzu kommt, dass hierzulande das Wissen über die Selektion von „Hofsorten“ bei den Landwirten verloren gegangen ist und eine wissenschaftliche Begleitung bislang kaum stattgefunden hat.

2.2 Zuchtmethodik – Verbesserung der Selektionseffizienz (TP1)

Seit der Einführung der Hybriden in Deutschland unterblieb die Weiterbearbeitung von Populationssorten (Kutka 2005, 2011 Smith et al. 2003) und die Aktivitäten privatunternehmerischer und öffentlicher Züchtungsforschung konzentrierten sich nahezu ausschließlich auf diesen Sortentyp. Hinzu kommt, dass die züchterische Bearbeitung von lokal angepassten Sorten für Züchtungsunternehmen, die sich durch Lizenzeinnahmen aus dem Saatgutverkauf finanzieren müssen, aufgrund der geringen Nachfrage nicht attraktiv (Urbatzka 2011, Roeckl und Reuter 2006, Lammerts van Bueren und Osman 2005, Müller 2004) ist.

Die Entwicklung von Methoden zur Erstellung und züchterischen Weiterbearbeitung von standortangepassten leistungsstarken und -stabilen Maispopulationen steht also vor einem Neuanfang. Die Nutzung und Integration der Erkenntnisse der modernen Züchtungsforschung stellt dabei eine aktuelle Herausforderung in der ökologischen Pflanzenzüchtung dar (Messmer 2012).

Der Einsatz doppelhaploider (DH) Linien, die mittels in vivo Induktion haploider Pflanzen und anschließender künstlicher Chromosomen-Aufdoppelung erzeugt werden, ist aufgrund zahlreicher Vorteile gegenüber der traditionellen Linienentwicklung durch fortgesetzte Selbstungen zum Standard in der Mais-Hybridzüchtung geworden (Eder und Chalych 2002 und 2003, Geiger in Bennetzen and Hake (eds.) 2009, Geiger und Gordillo 2010). DH-Linien wären grundsätzlich auch für Selektionsprogramme zur Entwicklung von Populationssorten interessant. Der bislang bei der Linienherstellung notwendige Einsatz von Zellgiften ist in der ökologischen Pflanzenzüchtung jedoch verboten (Messmer 2012). Um die Vorteile dieser Selektionsmöglichkeiten dennoch für die ökologische Züchtung und speziell in der Populationssortenentwicklung nutzbar zu machen, stellten die Getreidezüchtung Peter Kunz, die Sativa Rheinau AG und andere in den vergangenen vier Jahren auf Anregung eines

erfahrenen Maiszüchters (Dr. W. Schmidt, mündliche Mitteilungen seit 2009) und in Anlehnung an Chalyk und Rotarenco (1999) eigene Versuche zum Einsatz der rekurrenten Haploidenselektion in ihren Zuchtpopulationen an. Dabei wurden in bestehenden Zuchtpopulationen mit Hilfe eines Induktors haploide Pflanzen erzeugt. Diese wurden mit Pollen der unmittelbar benachbart angebauten Ausgangspopulation bestäubt, woraus wiederum normal diploide Pflanzen resultierten, die dann die verbesserte Population stellen sollten. Resultat dieses Vorgehens soll eine sukzessive „Bereinigung“ der Population(en) von Lethal- und Defektfaktoren sein, da diese in den haploiden Pflanzen unmaskiert sind und in vollem Ausmaß zum Tragen kommen (Chang und Coe in A.L. Kriz, B.A. Larkins (eds) 2009). Aus Kapazitätsgründen mussten diese Versuche aber im kleinen Rahmen bleiben und hatten vorwiegend praktisch-experimentellen Charakter. Der Nachweis der Wirksamkeit der Methode und v. a. der direkte Vergleich mit anderen Selektionsverfahren hinsichtlich des Selektionsgewinns in praxisrelevanten Leistungsmerkmalen steht bislang aus.

Zur Verbesserung von Populationen fremdbestäubender Arten stehen lange bewährte direkte und indirekte Selektionsverfahren in verschiedenen Varianten zur Verfügung (Becker 1993). Eines dieser Verfahren ist die S1-Familien-Selektion, die u. a. in Hybridzuchtungsprogrammen im Hinblick auf die Steigerung der Testkreuzungsleistung von Zuchtpopulationen eingesetzt wird (Bordes et al. 2007, Wegenast et al. 2010) und aktuell in der Resistenzzüchtung in tropischen Maispopulationen Erfolge gezeigt hat (Kasozi et al. 2015, Mwimali et al. 2015).

Ein weiteres Verfahren, das sich auch für die direkte Anwendung in der bäuerlichen Saatgutarbeit anbietet (z. B. Moreira et al. 2008), ist die Massenauslese. Sie ist ein vergleichsweise schlichtes Verfahren, das nicht mit der optimalen Nutzung genetischer Variation oder hohen Heritabilitätswerten punkten kann, bietet gegenüber aufwändigeren Selektionsschemata aber den Vorteil, dass sich hohe Selektionsintensitäten und – selbst bei Nutzung einer Wintergeneration für die indirekten Verfahren – bei gleichem Zeitaufwand doppelt so viele Selektionszyklen wie in den indirekten Verfahren realisieren lassen. Eine Variante zur potenziellen Leistungssteigerung von Maispopulationen unter Massenselektion ist der Ausschluss von Selbstungen in der selektierten Fraktion durch Entfernen der männlichen Blüte vor der Pollenschüttung. Dieser Ansatz wurde bereits in einem Promotionsprojekt im Departement für Pflanzenzüchtung an der Georg-August-Universität Göttingen erprobt und erscheint in ersten Versuchen durchaus vielversprechend (M. Stever und H. Becker 2015, mündl. Mitteilung).

2.3 Leistungs- und Adaptionfähigkeit, Materialentwicklung (TP2, TP3, TP4, TP5)

Dass Hybriden eine höhere Leistung als Liniensorten (bei Selbstbefruchtern) oder Populationssorten (bei Fremdbefruchtern) erbringen, ist das vorherrschende Meinungsbild, das sich im Wesentlichen auf die Effekte der Heterosis stützt. Studien von Burger (2008) kommen zu dem Schluss, dass Hybriden grundsätzlich synthetischen Sorten oder Populationssorten überlegen sind, selbst wenn sie speziell unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus entwickelt wurden. Kutka (2011) zeigte allerdings in einer umfassenden Übersicht der Züchtungsaktivitäten in den USA, dass dies nicht zwingend so sein muss. Untersuchungen der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Bayern an verschiedenen Maispopulationen bestätigen dies. Bei ungünstigen Rahmenbedingungen und auf Grenzstandorten wurde der Vorteil von Populationssorten schon oft nachgewiesen (Becker 1993). Bei denjenigen Fremdbefruchterarten, bei denen noch Populationssorten zugelassen sind, zeigen die aktuellen Landessortenversuche, dass diese nicht ausschließlich den Hybriden unterlegen sind, vor allem dann nicht, wenn noch andere Eigenschaften als die Ertragsleistung in Betracht gezogen werden (Gruber et al. 2014).

Genetisch diversen Populationen werden hinsichtlich der weiter oben genannten Anforderungen an Sorten für ökologische und andere extensivierte Landbausysteme bedeutende Vorteile gegenüber homozygoten Linien bzw. heterozygoten aber homogenen

Hybriden zugesprochen. Oft wurde konstatiert, dass eine ausgeprägte genetische Heterogenität innerhalb der Pflanze und der Population u. a. Ursache ihrer Leistungsstabilität ist und eine hohe Adaptionfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen mit sich bringt (Pixley 2006, Ceccarelli 1994, Tiwari et al. 2009, Pimbert 2010, Reif et al. 2005, Kutka 2011, Arncken und Dierauer 2005, Emmanuel et al. 2014, Weltzien et al. 2003).

Alte Landsorten sind für die direkte Nutzung in der landwirtschaftlichen Produktion und zur züchterischen Weiterentwicklung per se jedoch nur bedingt geeignet. Untersuchungen an der LfL Bayern haben ergeben, dass der Zuchtfortschritt der letzten 60 Jahre, in denen die Landsorten in Genbanken verwahrt waren, auch durch Einkreuzung von aktuellem Elitematerial nicht aufgeholt werden kann (LfL Jahresbericht 2013). Bemühungen in der Schweiz und Österreich, altes Landsortenmaterial direkt züchterisch zu nutzen, brachten ähnliche Ergebnisse (Oppliger, Kunz mündl. Mitteilung). Der seit einigen Jahren sowohl von der LfL als auch der Getreidezüchtung Peter Kunz (GZPK) verfolgte Ansatz, zur Populationsentwicklung auf modernes Zuchtmaterial in Form aktueller Listensorten zuzugreifen (Müllner und Kunz 2015), zeigt hingegen bereits erste Erfolge. Auch bei der Forschung und Züchtung Landbauschule Dottenfelderhof e.V (FZD) wurden aktuelle Sorten in der Maispopulationszüchtung verwendet. Vielversprechende Anwärter stehen auch hier zur Verfügung. Die Datengrundlage für einen Vergleich zwischen Hybriden und Populationen bzw. Populationssorten bzw. zwischen Populationen untereinander ist insgesamt jedoch nur wenig belastbar.

Das Interesse an Maispopulationen stammt überwiegend aus dem Bereich der ökologischen Landwirtschaft, da dort eine betriebsspezifisch angepasste Sortenentwicklung helfen kann, die Nachteile der fehlenden Korrekturmaßnahmen zu kompensieren. Außerdem wird der Anbau von Hybriden von den verschiedenen Ökoverbänden unterschiedlich kritisch bewertet. Auch der Kreislaufgedanke, der in ökologisch wirtschaften Betrieben stärker im Vordergrund steht, ist oftmals ein Beweggrund für den Anbau von offen abblühenden Sorten. Trotz dieses Interesses fehlt mittlerweile das nötige Know-how zum Anbau und der Selektion von offen abblühenden Maissorten, zu den Unterschieden zwischen Hybriden, Populationssorten und Populationen, zur Hofsortenentwicklung und Saatgutherstellung.

Aus dem Stand des Wissens ergeben sich als neu zu bearbeitende Themenkomplexe:

1. Vergleich von Selektionsverfahren hinsichtlich Effizienz und Selektionsfortschritt in Abhängigkeit der Struktur der Ausgangspopulation (TP1)
2. Belastbare Überprüfung der Leistungsfähigkeit von Populationen in konventionellen und ökologischen Anbausystemen (TP2)
3. Überprüfung der Adaptionfähigkeit von Populationen in Abhängigkeit ihrer genetischen Breite (TP3)
4. Entwicklung einer Ausgangspopulation, die den aktuellen Zuchtfortschritt beinhaltet, als Basis für weitere Arbeiten (TP4)
5. Wissenstransfer und fachliche unterstützende Begleitung im Anbau von Maispopulationen, der betriebsspezifischen Hofsortenentwicklung und die Vermittlung der notwendigen Kenntnisse (TP5)

Vorarbeiten der Projektpartner LfL, GZPK, FZD und Universität Göttingen (GAUGö) ermöglichten es, auf eine Auswahl von genetisch unterschiedlichen Populationen, S1-Material, und unterschiedlich selektiertes Material sowie auf dem Standort Freising mehrjährig erhobene Ertragsdaten zurückzugreifen und darauf aufbauend die im Folgenden vorgeschlagenen Versuche durchzuführen.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsaufbau/Leistungsprüfungen aller Teilprojekte

Die Leistungsprüfungen der einzelnen Teilprojekte wurden in getrennten Versuchen, aber gemeinsam an den verschiedenen Standorten durchgeführt. Die Prüfungen erfolgten standardmäßig in 18 m² Parzellen. Der Mais wurde vierreihig (75 cm Abstand zwischen den Reihen), dreifach wiederholt, randomisiert ausgesät, und auf eine Bestandesdichte von 10 Pflz/m² vereinzelt. Sämtliche Behandlungen (Pflanzenschutz) erfolgten ortsüblich, die Düngung sollte ein Niveau von 170-190 kg N/ha nicht übersteigen.

Das Saatgut für den konventionellen Anbau wurde vorher gebeizt, das Saatgut für den ökologischen Anbau wurde unbehandelt ausgesät. Geerntet wurden die inneren beiden Reihen mit einem Versuchsdrescher. Eine Netto-Ernteparzelle umfasste demnach 9 m². Die Bonituren, Zählungen, Messungen und Wiegungen erfolgten ausschließlich in den beiden inneren Reihen, um Randeffekte auszuschließen. Aus dem Erntegut wurden das Frischmassegewicht und der Trockensubstanzgehalt bestimmt und Erntematerial wurde für die Laboranalysen bereitgestellt.

Saat- und Erntetermine wurden je nach Vorortbedingungen festgelegt und waren für alle Teilprojekte je Ort gleich. Die genaue Beschreibung der einzelnen Orte, Termine zur Saat, Ernte, Düngung, Vorfrucht, Behandlungen und Vegetationsverlauf finden sich in den einzelnen Jahresberichten des Bundessortenamts. Die darin enthaltenen Angaben gelten auch für die anderen Teilprojekte, da diese am selben Standort zur selben Zeit angelegt und geerntet wurden.

Durch die Verlängerung kam es bei ein paar Prüfgliedern zu Saatgutknappheit. Diese konnte dadurch ausgeglichen werden, dass entweder die Randreihen mit anderem Saatgut bestückt wurden oder vereinzelt Wiederholungen reduziert wurden.

Alle Prüfglieder (Populationen und Verrechnungssorten) wurden im Rahmen der Leistungsprüfungen an den verschiedenen Standorten auf agronomische und qualitative Eigenschaften untersucht.

Die Merkmalerfassung erfolgte in Anlehnung an die Merkmalerfassung eines Landessortenversuchs nach den Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen (Bundessortenamt 2008). Erhoben wurden nachfolgende Parameter (Tabelle 1):

Tabelle 1 Merkmalerfassung bei den Leistungsprüfungen

Merkmal	Bonitur 1-9 B Gemessen G Errechnet E Datum D	Teilprojekte Nummer, Alle
Aufgangsdatum [Datum]	D	Alle
Mängel nach Aufgang [Bonitur]	B	Alle
Datum der weiblichen Blüte 25 % [Datum]	D	2
Datum der weiblichen Blüte 75 % [Datum]	D	Alle
Datum der Fahnenblüte 25 % [Datum]	D	2
Datum der Fahnenblüte 75 % [Datum]	D	Alle
Dauer der weiblichen Blüte [n Tage]	E	2
Dauer der männlichen Blüte [n Tage]	E	2
Pflanzen mit Fritfliege [%]	G	Alle
Mängel nach Abschluss der weiblichen Blüte [Bonitur]	B	Alle

Pflanzenlänge [cm]	G	Alle
Bestandeshöhe [cm]	G	2
Bestockung [%]	G	Alle
Stängelfäule [%]	G	Alle
Pflanzen mit Beulenbrand [%]	G	Alle
Pflanzen mit Maiszünsler [%]	G	Alle
Lager durch frühen Stängelbruch [%]	G	Alle
Lager vor der Ernte [Bonitur]	B	Alle
Lagerpflanzen vor Ernte [%]	G	Alle
Kornertrag (86%TS) [dt/ha]	G	Alle
Kornertrag rel. [%]	E	2
Trockensubstanz [%]	G	Alle
Trockensubstanz rel. [%]	E	2
Tausendkornmasse [g]	G	2
DON-Gehalt [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	G	2
RP-Gehalt [%]	G	2
Stärke-Gehalt [%]	G	2

Die Merkmale Datum weibliche Blüte, wenn 25 % der Pflanzen Narbenfäden zeigen und Datum männliche Blüte, wenn 25 % der Rispen sichtbar sind, wurden zusätzlich aufgenommen, um zu erfassen, ob sich bei Populationen ein anderes, weiteres Blühfenster ergibt.

Außerdem wurden bei einigen Versuchen die Pflanzenhöhe von 10 aufeinanderfolgenden Randpflanzen erfasst, um zu sehen, ob eine heterogene Population im Mittel mit der Bestandeshöhe beschrieben werden kann oder die Höhe von 10 Pflanzen (oder mehr) erfasst werden müssen.

Zusätzlich wurden die Qualitätsparameter DON-Gehalt, Stärke- und Rohproteingehalt von zwei Standorten pro Jahr erfasst.

3.2 Standorte

Die verschiedenen Versuchsstandorte stellten die Projektpartner: LfL, Bundessortenamt, FZD und GAUGö bzw. UNI Kassel. Für FZD führte ein externer Dienstleister (Agrartest/Eurofins GmbH) die Versuche im Auftrag durch.

Die Exaktversuche liefen bis zu 5 Jahre (2017-2021) an 5 bzw. 6 konventionellen und 4 ökologisch bewirtschafteten Standorten (Tabelle 2). Das Übergewicht an konventionellen Orten ergab sich durch die Beteiligung des Bundessortenamts mit zusätzlichen 3 Orten, da sie im Projektzeitraum im Rahmen des „EU-Experiments zu heterogenen Populationen“ Daten zu Populationen erfassen sollten. Das Bundessortenamt verfügt nur über konventionell bewirtschaftete Versuchsstandorte.

Tabelle 2 Standortbeschreibungen

Ort	Anbau	Höhe (m) über NN	Nschl mm LJ-MI	Temp °C LJ-MI	Ackerzahl	Bodenart	Zeitraum
DOFLD	konv	170-205	574-650	8,8-9,9	65-85	Schluffiger Lehm	2017-2021
HASL1	konv	105-110	510-519	11,0-11,3	80-88	Sandiger-Schluffiger Lehm	2017-2021
STRAS	konv	390	627-670	8,3-8,7	38-64	Lehmiger Sand-Toniger Lehm	2017-2021
MAGBG	konv	79	509	8,7	90	Lehm	2017-2021
DACHW	konv	170	517	9,2	74	Lehmiger Schluff	2017-2021
FRAD1	konv	450	850	7,8	80	Sandiger Lehm	2018-2019
REINS	öko	171	645	8,7		Schluffiger Lehm	2017-2019
DOFLD	öko	170-180	574-650	8,8-9,9	55-65	Schluffiger Lehm-Lehmiger Schluff	2017-2021
NIEDS	öko	670	755	8,5	72	Sandiger Lehm	2017
STRAS	öko	390-400	627-700	8,3-8,7	58-70	Sandiger Lehm	2018-2021
NEIBE	öko	223	676	10,0	76	Toniger Schluff	2020-2021

3.3 Prüfglieder (Maispopulationen und Vergleichshybride)

Eine Beschreibung der verwendeten Populationen, ihre Herkunft und in welchen Teilprojekten sie geprüft wurden, findet sich in der nachfolgenden Tabelle.

Tabelle 3 Liste der Genotypen aufgeteilt nach Hybriden/Vergleichssorten und Populationen

Hybriden / Vergleichssorten				
Bezeichnung	Züchter	Reife	Beschreibung	Teilprojekt
P 8589	Pioneer	K250	Vergleichshybride	2
ES Metronom	Lidea	K240	Vergleichshybride	2
LG 30258	Limagrain	K240	Vergleichshybride	2
NK Falkone	Syngenta	K210	Ausgangshybride 1	3
PR39F58	Pioneer	K250	Ausgangshybride 2	3
Amanatidis	Agromais	K220	Ausgangshybride 3	3
DKC 2960	Monsanto	K240	Ausgangshybride 4	3
Populationen				
Bezeichnung	Züchter		Beschreibung	Teilprojekt
Almito	FZD	mspät	Population aus 10 Genotypen (5 Hybriden) mit rascher Jugendentwicklung und hohem Ertragspotenzial und stabilen Erträgen sowie guter Standfestigkeit und Kolbengesundheit	1+2
Bogdan	FZD	mspät	Population aus 3 Hybride und 2 Landsorten, wüchsiger Pflanzentyp	1+2
Evolino	GZPK	spät	robuste und wüchsige, aber standfeste Futtermaispopulation zur Nutzung als Grün-, Silo- oder Körnermais	2
Gabriel	FZD	mspät	Population aus verschiedenem Landsortenmaterial zusammengestellt	2

Roter Columbus	FZD	m spät	Landsorte/ Population mit dunkelroten bis violetten Körnern, Herkunft: Slowenien	2
Sankt Michaelis	FZD	spät	Landsorte/ Population in langjähriger züchterischer Bearbeitung, frohwüchsiger Typ, Herkunft: Italien	1
Weihenstephaner 1/ WEISTEP1	LfL Bayern	mfrüh	breit aufgestellte Population aus 20 Genotypen (10 Hybriden), überwiegend hartmaisähnlich oder Zwischentyp, seit 2016 erhältlich	2+3
Weihenstephaner 2/ WEIHENS2	LfL Bayern	m spät	breit aufgestellte Population aus 16 Genotypen (8 Hybriden), überwiegend zahnmaisähnlich, oder Zwischentyp, seit 2016 erhältlich	2
Weihenstephaner 3/ WEIHENS3	LfL Bayern	mfrüh	Population aus 8 Genotypen (4 Hybriden), hartmais- und zahnmaisähnlich, seit 2016 erhältlich	2
6801-2016	LfL Bayern	mfrüh	Population (HYB 1x2)	3
6802-2016	LfL Bayern	mfrüh	Test-Population (HYB 3x4)	2+3
6803-2016	LfL Bayern	mfrüh	Test-Population	2
6805_Ausgang	LfL Bayern		Weihenstephaner 1 Ausgangspopulation (Jahr2015)	1 + 3
6805_LfL	LfL Bayern		Weihenstephaner 1 an der LfL weiter selektiert (Jahr 2017)	3
6805_FZD	LfL/FZD		Weihenstephaner 1 an der FZD weiter selektiert (Jahr 2017)	3

Die statistische Auswertung erfolgte mittels Varianzanalyse (ANOVA) und dem LSD-Test (Least significant difference) mit $\alpha=0,05$. Teilprojekt 2 wurde vom Bundessortenamt verrechnet und ausgewertet. Eine detaillierte Beschreibung zur Auswertung findet sich am Anfang jedes Jahresberichts.

4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Teilprojekt 1 – Zuchtmethodik, Verbesserung der Selektionseffizienz

4.1.1 Durchführung Teilprojekt 1

4.1.1.1 Populationen

Für den Vergleich von Selektionsmethoden zur Verbesserung offen abblühender Maispopulationen wurden 6805-FZD (eine Selektion der FZD aus Weihenstephaner 1 der LfL) und Sankt Michaelis (eine Weiterentwicklung einer italienischen Landsorte durch die FZD) als Ausgangspopulationen verwendet. D. h. an diesen beiden Populationen wurden die Selektionsmethoden angewendet. Die Populationen Almito und Bogdan dienten als Check- oder Vergleichspopulationen in den Leistungsprüfungen von TP1.

4.1.1.2 Züchtungsmethoden

Der Methodenvergleich umfasste vier Selektionsmethoden (M1-4). Mit den Methoden wurden die beiden Ausgangspopulationen (6805-FZD und Sankt Michaelis) bereits vor Projektbeginn im Zeitraum von 2014-2016 wie im Folgenden beschrieben züchterisch bearbeitet:

M1 Positive Massenauslese Variante A

In Variante A erfolgte die Bestandsführung ohne jegliche Bestäubungslenkung als offen abblühende Population.

M2 Positive Massenauslese Variante B: Mit Entfahnen

In Variante B wurden die Rispen (Fahnen) der mit der Methode bearbeiteten Teilpopulationen vor dem Pollenschütten entfernt und damit sichergestellt, dass sämtliche selektierten Pflanzen fremdbestäubt wurden. Der Pollen stammte jeweils von den Variante A-Teilpopulationen, die abwechselnd in Reihen nebeneinander angebaut wurden. Mit der Variante B soll es möglich werden, den Effekt des Selbstungsausschlusses (während des Selektionsprozesses) auf die Leistungsfähigkeit der Populationen zu bestimmen.

Bei beiden Varianten M1 und M2 wurde ein zweistufiges Verfahren der positiven Massenauslese angewendet, welches die Handselektion von Kolben aus dem Feldbestand und anschließend die Selektion der Kolben nach ihrem Trockengewicht umfasst. Im Jahr 2014 wurden für die beiden Ausgangspopulationen jeweils aus ca. 3.000 Einzelpflanzen zum Zeitpunkt der Kolbenreife 500 Kolben per Handauslese selektiert. Als Selektionskriterien wurden insbesondere auf die Standfestigkeit, Abreife (nicht zu spät) und Gesundheit der Pflanzen sowie die Kolbenbesetzung, -gesundheit und -größe geachtet. Aus den 500 Kolben wurde nach dem Trockengewicht ca. 115 und anschließend nach visueller Begutachtung 100 Kolben ausgelesen. In den Jahren 2015 und 2016 wurden die Populationen nach diesem Verfahren erneut selektiert, jedoch mit erhöhter Selektionsintensität (im Feld): Die 500 Kolben wurden aus 9.000 Einzelpflanzen ausgelesen. Insgesamt wurden für die Varianten M1 und M2 drei Selektionszyklen durchgeführt.

M3 S1-Familien-Selektion

Im Sommer 2014 wurden für die beiden Ausgangspopulationen jeweils ca. 200 vorselektierte Einzelpflanzen geselbstet. 146 Selbstungsnachkommenschaften (S1-Familien) pro Ausgangspopulation wurden 2015 zweiortig (am Dottenfelderhof, Bad Vilbel, ökologisch und am Reinshof, Göttingen, konventionell) geprüft. Anhand von Boniturergebnissen (insbesondere einer Selektionsnote des Gesamteindrucks der Parzellen, ergänzt durch Zählungen der Anzahl Pflanzen mit Chlorophylldefekten/Sichelwuchs/vertrockneten Blättern/Lager und Pflanzen insgesamt in der Parzelle) wurden 20 S1-Familien pro Population selektiert. Dies entspricht einer Selektionsintensität von 14 %. Aus Rückstellsaatgut der 20-Familien wurden die verbesserten Populationen erstellt, mit gleichen Anteilen (Anzahl Körner) von allen Familien.

M4 Haploidenselektion

Zufallsstichproben von 250 Körnern je Ausgangspopulation wurden im Jahr 2014 in Isolierparzellen der Kleinwanzlebner Saatzucht (KWS) in Bernburg zur Induktionsbestäubung ausgesät. Die erzeugten haploiden Pflanzen wurden 2016 im Mantel ihrer jeweiligen Ausgangspopulation am Dottenfelderhof angebaut: Für die Population 6805-FZD waren 209 und für Sankt Michaelis 153 Nachkommenschaften (die jeweils auf ein in 2014 ausgesätes Korn zurückgingen) vorhanden. Nach dem Selektionskriterium Kolbengewicht (pro Pflanze) wurden 20 bzw. 27 Nachkommenschaften ausgelesen (dies entspricht einer Selektionsintensität von 13 %). Zur Erzeugung der verbesserten Populationen wurden alle Körner dieser Nachkommenschaften zusammengeführt.

4.1.1.3 Durchführung

Um den Einfluss von Saatguteffekten auf den Versuch auszuschließen, wurden die mit den Methoden M1-M4 selektierten Populationen und die Vergleichspopulationen (Checks) im ersten Jahr des Projekts (2017) an *einem* Standort (Versuchsfeld Obererlenbach des Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen) vermehrt. Dazu wurde für alle Populationen eine ausreichende Anzahl von Pflanzen in Reihen nebeneinander angebaut. Die Bestäubung erfolgte mittels händischer Durchkreuzung durch eine „Pollenwolke“ aus mehreren Väter-Pflanzen.

Anschließend wurden die insgesamt 12 Prüfglieder (s. Tabelle 4) Leistungsprüfungen an fünf Standorten (2x ökologisch, 3x konventionell) im Zeitraum von 2018-2020 unterzogen. An allen Standorten und in allen Jahren wurden die Parameter Kornertrag, Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt), Pflanzenlänge, Bestockung, Befall mit Beulenbrand und Lager erhoben. In einzelnen Umwelten wurden außerdem Bonituren für die Merkmale Mangel nach Feldaufgang, früher Stängelbruch, HTR, Maiszünslerbefall und Stängelfäule/Fusarium durchgeführt.

Tabelle 4 Übersicht über die 12 Prüfglieder der Leistungsprüfungen 2018-2020 im Rahmen von TP1, Prüfgliednummern in Klammern („Original-Set“).

Selektionsmethode	Prüfglieder (mit Ausgangs- population 6805-FZD)	Prüfglieder (mit Ausgangs- population Sankt Michaelis)	Checks
Ausgangspopulation	6805_Ausg (1)	StM_Ausg (6)	Almito (11) Bogdan (12)
M1 Massenselektion A	6805_M (2)	StM_M (7)	
M2 Massenselektion B	6805_E (3)	StM_E (8)	
M3 S1-Familien-Selektion	6805_S1 (4)	StM_S1 (9)	
M4 Haploidenselektion	6805_Hapl (5)	StM_Hapl (10)	

4.1.1.4 Erweiterung des Methodenvergleichs im Zeitraum 2020-2021

Während der Durchführung von TP1 wurde deutlich, dass eine vielversprechende Selektionsmethode der Populationsverbesserung nicht in den Methodenvergleich aufgenommen worden war: die Vollgeschwisterselektion. Die Projektverlängerung bis 2022 ermöglichte die Aufnahme der Methode in die Leistungsprüfungen von TP1 für den Zeitraum von 2020-2021.

M5 Vollgeschwisterselektion

Die Ausgangspopulation POP 6805-2016 wurde an der LfL parallel zu TP1 züchterisch weiter bearbeitet: Einmal durch positive Massenauslese (analog zur Methode M1 unter 4.1.1.2) und einmal durch die Vollgeschwisterselektion.

Dazu wurden in 2017 an der LfL Bayern 220 Vollgeschwisterkreuzungen angelegt. Die Vollgeschwister-Nachkommenschaften wurden 2018 in einer zweireihigen Versuchsanlage auf Kornertrag, TS-Gehalt und weitere agronomische Eigenschaften geprüft. Anhand der Prüfungsergebnisse wurden die 25 besten Nachkommenschaften selektiert und aus dem Rückstellsaatgut die verbesserte Population (POP 6805-25best) zusammengestellt.

Diese drei zusätzlichen Prüfglieder (s. Tabelle 5) wurden in die Leistungsprüfung in den Jahren 2020-21 aufgenommen. Das Saatgut der drei Populationen wurde nicht an einem Standort vermehrt. Die Überlagerung der Ergebnisse der Prüfungen für das „Neue Set“ durch Saatguteffekte kann folglich nicht ausgeschlossen werden.

Tabelle 5 Die drei zusätzlichen Prüfglieder der erweiterten Leistungsprüfungen 2020-2021 im Rahmen von TP1, Prüfgliednummern in Klammern („Neues Set“).

Selektionsmethode	Prüfglieder (mit Ausgangspopulation 6805-2016)
Ausgangspopulation	POP 6805-2016 (13)
M1 Massenauslese	POP 6805-2019 (14)
M5 Vollgeschwisterselektion	POP 6805-25best (15)

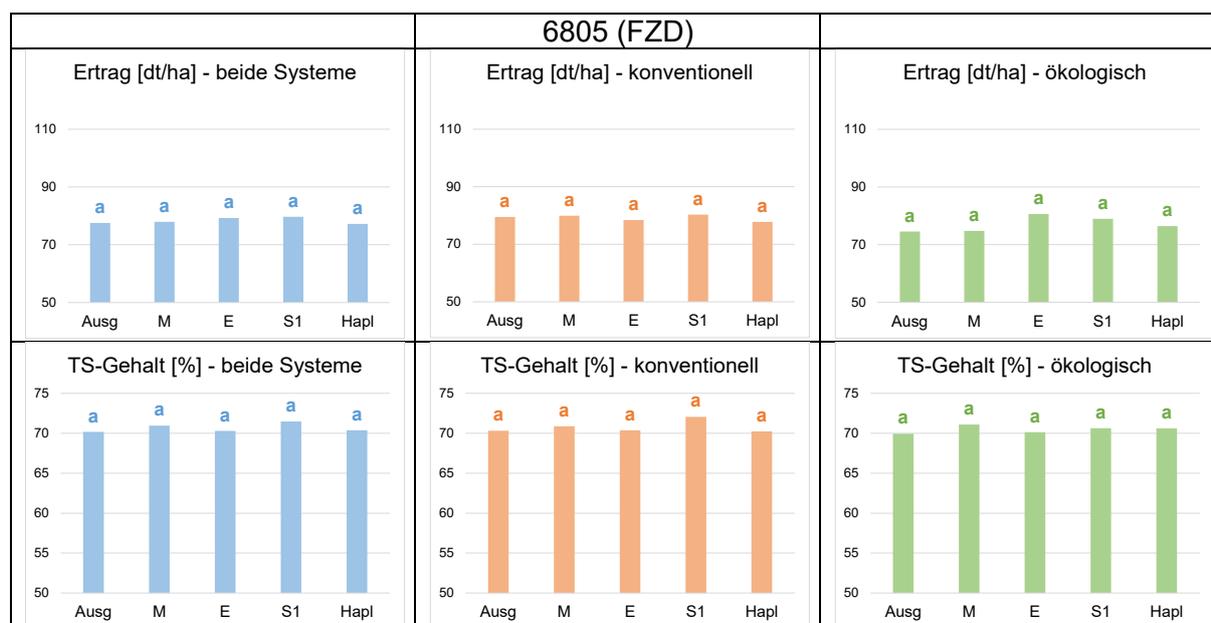
4.1.2 Ergebnisse Teilprojekt 1

Die Ergebnisse der Leistungsprüfung von TP1 sind im Anhang aufgeführt. Statistisch ausgewertet wurden die Daten für diejenigen Parameter, für welche Ergebnisse aus allen Umwelten vorlagen, d. h. also Ertrag, Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt), Pflanzenlänge, Bestockung, Befall mit Beulenbrand und Lager. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse vorgestellt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Varianzanalyse (ANOVA) und den LSD-Test (Least significant difference) mit $\alpha=0,05$ aus dem R-Paket „agricolae“.

4.1.2.1 Methodenvergleich „Original-Set“ 2018-2020

Für die Prüfglieder aus der Gruppe mit der Ausgangspopulation 6805-FZD (s. Tabelle 4) zeigte sich einzig für den Parameter Pflanzenlänge ein signifikanter Unterschied zwischen der mit der S1-Selektionsmethode bearbeiteten Population und der Ausgangspopulation (Ausc): Im Mittel über alle Standorte und die drei Versuchsjahre wurden signifikant, um 15,4 cm (oder rel. 6,5 %) kürzere Pflanzen in der mit der S1-Methode selektierten Population im Vergleich zu den Pflanzen der Ausgangspopulation gemessen. Die Unterschiede in der Pflanzenlänge konnten an den Standorten mit ökologischer, nicht aber an jenen mit konventioneller Bewirtschaftung statistisch abgesichert werden.

Für alle übrigen Parameter Ertrag und TS-Gehalt sowie die Parameter Bestockung, Beulenbrand und Lager (Ergebnisse nicht dargestellt) wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Prüfgliedern festgestellt.



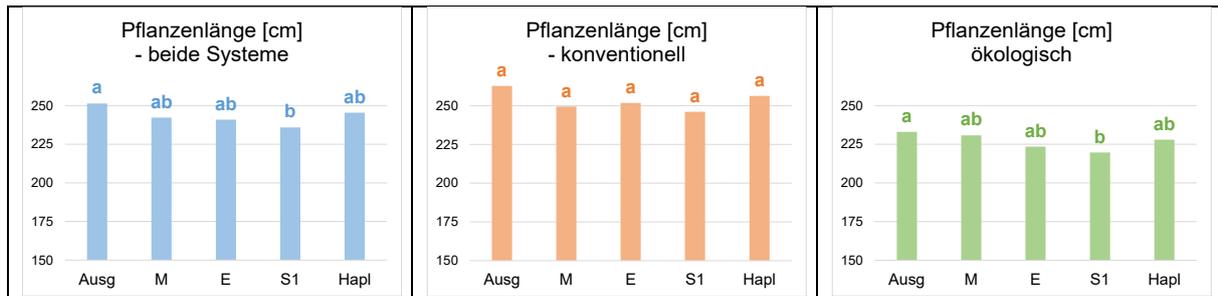


Abbildung 1 Ertrag, TS-Gehalt und Pflanzenlänge der Population 6805 (FZD) in Abhängigkeit vom Anbausystem (konventionell, ökologisch), TP1

Bei den Prüfgliedern aus der Gruppe mit der Ausgangspopulation Sankt Michaelis konnte ein um 8,15 dt/ha oder 10,4 % höherer Kornertrag von der mit der Haploidenselektion bearbeiteten Population im Vergleich zur Ausgangspopulation ermittelt werden (gemittelt über alle Standorte und Jahre). Dieser Ertragsunterschied war sowohl über alle Standorte („beide Systeme“) als auch an den Standorten mit konventioneller Bewirtschaftung statistisch signifikant. Für den Ertrag (über alle Standorte) konnte die folgende Rangfolge der Selektionsmethoden festgestellt werden: Massenselektion (M1) < Massenselektion mit Entfahnen (M2) < S1-Selektion (M3) < Haploidenselektion (M4). Bis auf die Haploidenselektion konnten die Selektionseffekte jedoch nicht statistisch abgesichert werden. Für alle weiteren Parameter wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Prüfgliedern ermittelt.

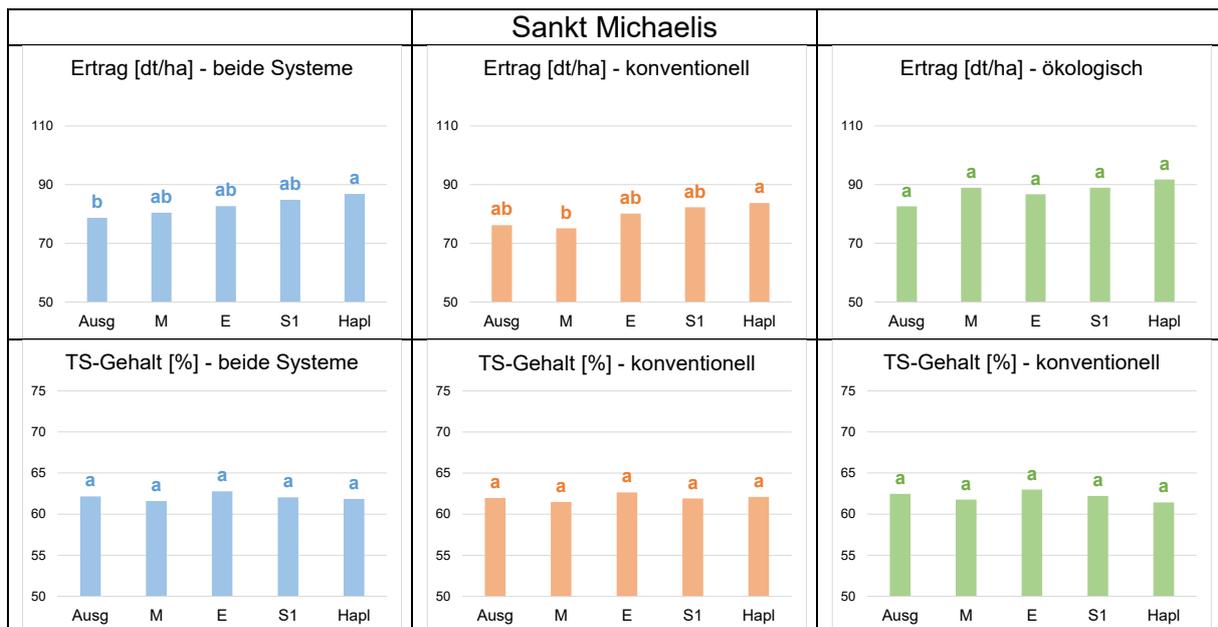


Abbildung 2 Ertrag und TS-Gehalt der Population Sankt Michaelis in Abhängigkeit vom Anbausystem (konventionell, ökologisch), TP1

4.1.2.2 Methodenvergleich „Neues Set“ 2020-2021

In den Leistungsprüfungen des „neuen Sets“ zeigten sich statistisch signifikante Selektionseffekte. Der Kornertrag der mit der Selektionsmethode Massenauslese verbesserten Population lag 10,5 dt/ha oder 11,4 % höher als jener der Ausgangspopulation (im Mittel über Standorte und Jahre). Dieser Selektionseffekt konnte an den Standorten mit ökologischer Bewirtschaftung wie auch über alle Standorte statistisch abgesichert werden. Der Mehrertrag der mit der Vollgeschwisterselektion bearbeiteten Population konnte konsistent an den Standorten mit ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung festgestellt, jedoch nicht statistisch abgesichert werden.

Beide Selektionsmethoden führten zu Populationen mit einer geringeren Bestockung der Pflanzen (an den ökologischen Standorten) und mit einer geringeren Lagerneigung (an den konventionellen Standorten), wobei der Unterschied für die letztere Eigenschaften nur für die Vollgeschwisterselektion statistisch signifikant ist.

Der Trockensubstanzgehalt für die mit der Vollgeschwisterselektion bearbeitete Population lag um absolut 0,86 % (oder rel. 1,19 %), statistisch signifikant unter dem Wert der Ausgangspopulation. Der Unterschied für die mit der Massenauslese verbesserte Population fiel geringer aus und war nicht statistisch signifikant. Der hohe Selektionseffekt der Massenauslese beim Kornertrag wurde folglich nicht auf Kosten einer späteren Abreife (geringerer TS-Gehalt) erzielt.

Für die Parameter Pflanzenlänge und Beulenbrand wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Prüfgliedern festgestellt.

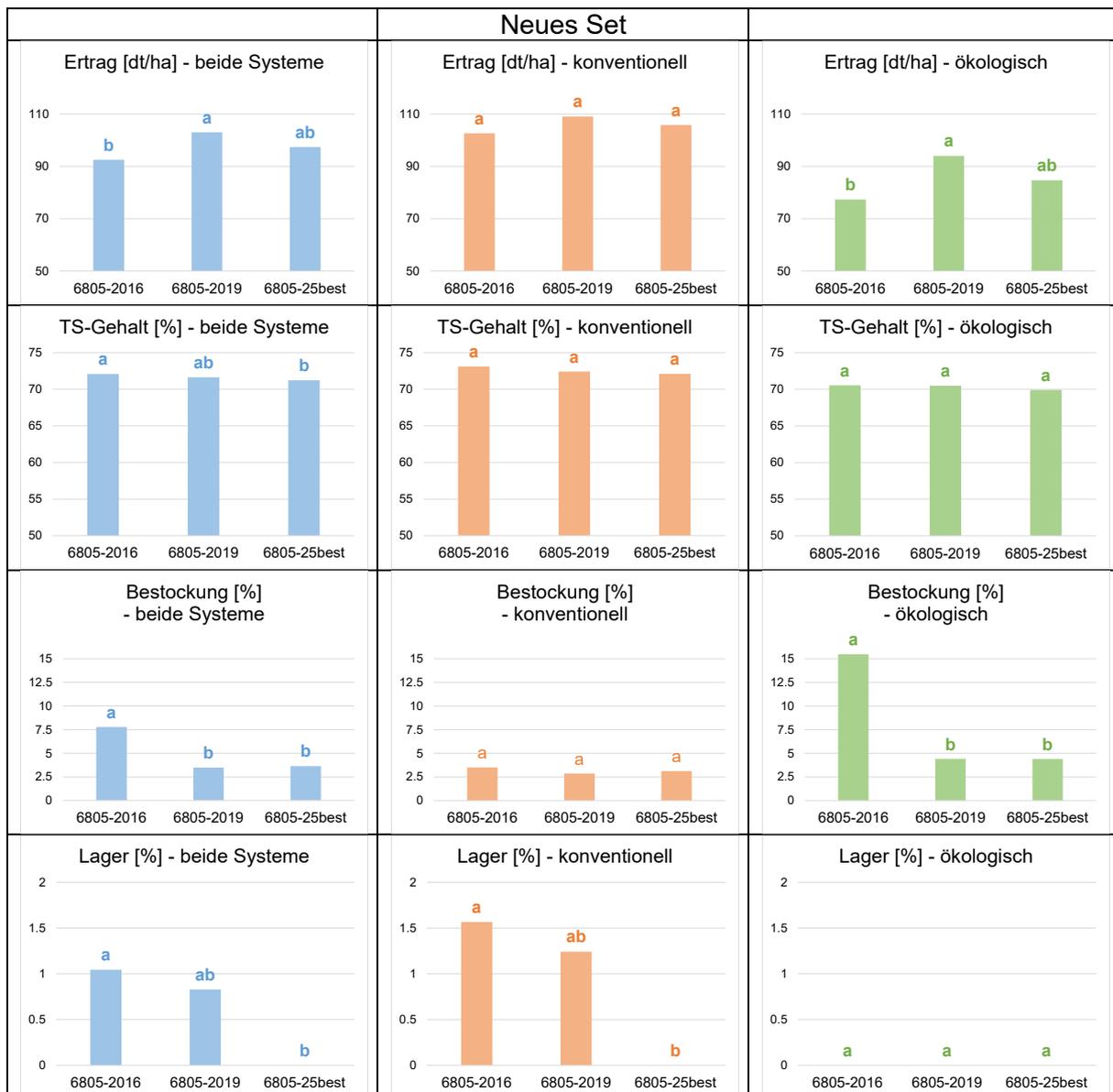


Abbildung 3 Ertrag, TS-Gehalt, Bestockung und Lager bei Vollgeschwister und Massenselektion in Abhängigkeit vom Anbausystem (konventionell, ökologisch), TP1

4.1.2.3 Protein- und Stärkegehalt

Der Protein- und Stärkegehalt wurde in TP1 von allen Prüfgliedern an allen Orten und Jahren mit der im Rahmen des Vorhabens neu erstellten NIRS-Kalibrierung (vgl. TP2) gemessen. Für

keine der drei Ausgangspopulationen wurden signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Prüfgliedern für Protein- und Stärkegehalt festgestellt, dies wurde auch bei getrennter Verrechnung der ökologischen und konventionellen Standorte bestätigt (Daten nicht dargestellt).

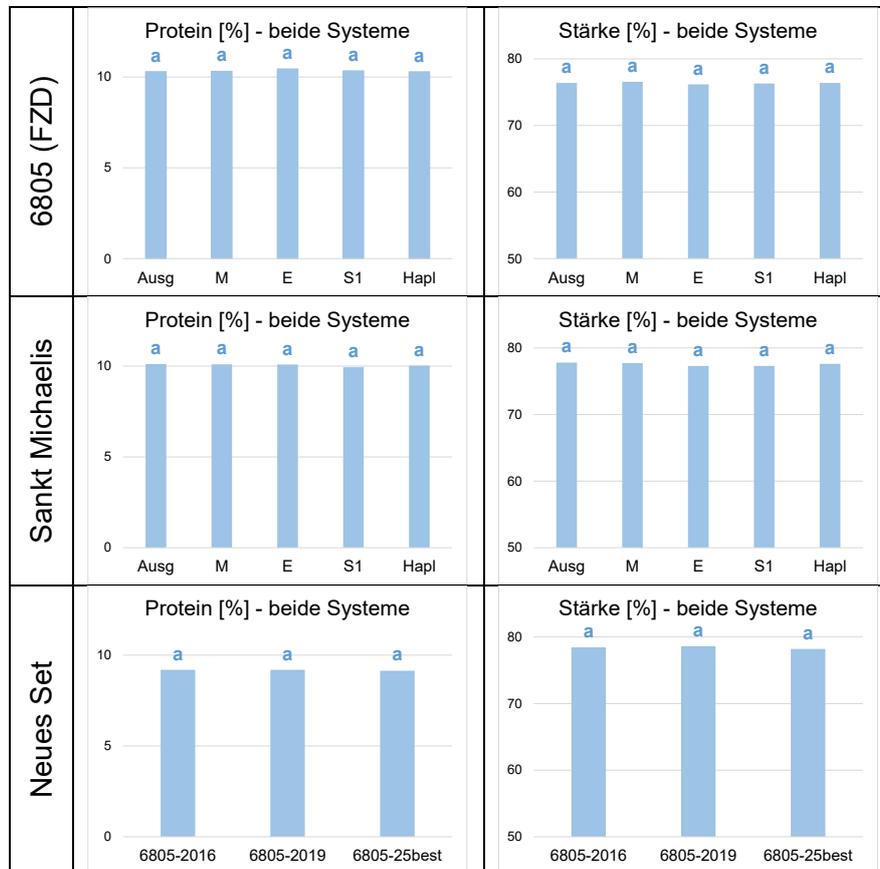


Abbildung 4 Protein- und Stärkegehalte in Abhängigkeit der Selektionsmethoden, TP1

4.1.3 Diskussion Teilprojekt 1

Absolute Höhe der Selektionseffekte und statistische Absicherung der Ergebnisse

In den Versuchen in TP1 konnten Ertragsunterschiede statistisch abgesichert werden, welche wie im Falle des Selektionseffekts der Haploidenselektion (M5) auf die Ausgangspopulation Sankt Michaelis oder der Massenauslese (M1) auf 6805-2016 („Neues Set“) bei relativ über 10 % oder absolut über 8 dt/ha lagen. Diese Selektionsgewinne sind als hoch einzustufen, besonders wenn berücksichtigt wird, dass die Selektionsmethoden nur für einen Selektionszyklus angewendet wurden (vgl. dazu die Ausführungen im Abschnitt „Rekurrente Selektion“). Es gilt auch zu beachten, dass die Selektionserfolge nicht auf Kosten eines geringeren Protein- oder Trockensubstanzgehalts oder anderer nachteiliger agronomischer Eigenschaften erreicht worden sind. Diese Ergebnisse bestätigen das Potential, welches die untersuchten Selektionsmethoden aufweisen. Im Falle des Selektionseffekts der Massenauslese (M1) im „Neuen Set“ kann der Einfluss von Saatguteffekten nicht ausgeschlossen werden.

Die hohe Umweltvarianz in den Versuchen für den Parameter Kornertrag scheint es nicht zu ermöglichen, dass geringere Ertragsunterschiede (von weniger als 10 % rel. zu den Ausgangspopulationen) statistisch abgesichert werden konnten.

Einfluss des genetischen Hintergrundes der Ausgangspopulationen

Beim Vergleich der Selektionseffekte der Methoden M1-M4 auf den Kornertrag zeigt sich ein Unterschied zwischen den beiden Ausgangspopulationen 6805-FZD und Sankt Michaelis. Eine mögliche Erklärung für den hohen Selektionserfolg insbesondere der Haploidenselektion (M4) nur bei der Population Sankt Michaelis liefert der unterschiedliche genetische Hintergrund der Populationen: Während 6805-FZD auf Hybridsorten zurückgeht, wurde Sankt Michaelis direkt (durch Massenauslese) aus einer Landsorte entwickelt. In der Hybridzüchtung wird durch die Erzeugung der Inzuchtlinien (über doppelhaploide Pflanzen) bereits intensiv gegen nachteilige rezessive Allele selektiert. Die S1- und die Haploidenselektion wirken auf ähnliche Weise. Es ist deshalb plausibel, dass der Selektionsgewinn dieser Methoden in der aus Hybriden zusammengestellten Population geringer ausfällt als in der aus Landsorten entwickelten Population. Dies entspricht dem beobachteten Ergebnis. Hinweise auf die Richtigkeit der Hypothese geben u. a. die geringere Erfolgsquote der Induktion haploider Pflanzen in der Population Sankt Michaelis im Vergleich zu 6805-FZD oder der Einfluss der S1-Familien-Selektion auf die Pflanzenlänge der Population 6805-FZD.

Weiter ist es möglich, dass die Population 6805-FZD auch aufgrund der intensiver betriebenen Selektion an der LfL über mehrere Jahre und einer geringeren genetischen Breite ein geringeres Potential für hohe Selektionseffekte als Sankt Michaelis aufweist.

Rekurrente Selektion

Bei den untersuchten Methoden M1-M5 handelt es sich um *rekurrente* Selektionsmethoden. Die Idee besteht darin, dass diese Methoden über mehrere Selektionszyklen wiederholt angewendet werden. Der Selektionsgewinn pro Zyklus fällt dabei im Allgemeinen relativ gering aus. Die Schwierigkeiten bei der statistischen Absicherung der Ergebnisse in TP1 kann teilweise dadurch erklärt werden, dass die Methoden nur für einen Selektionszyklus (S1-Familien-, Haploiden- und Vollgeschwisterselektion) bzw. drei Zyklen (Massenauslese im „Original-Set“) angewendet wurden.

In der Literatur werden unterschiedliche Werte für den zu erwartenden Selektionsgewinn der positiven Massenauslese über mehrere Zyklen auf quantitative Merkmale wie den Kornertrag angegeben, abhängig vom genetischen Hintergrund der Ausgangspopulation sowie anderer Einflüsse (vgl. dazu Aichholz et al. 2022). In einer Arbeit von Mulamba et al. (1983) wurde nach 14 Selektionszyklen in mehrtorigen Versuchen eine Ertragssteigerung von 7 % ermittelt, d. h. von 0,5 % pro Selektionszyklus. Für mehrstufige rekurrente Selektionsmethoden wie die S1-, Haploiden- oder Vollgeschwisterselektion wird in der Literatur die durchschnittlich realisierbare Ertragssteigerung pro Selektionszyklus mit 2-5 % angegeben (Hallauer und Carena 2009, Hallauer et al. 2010). Rodriguez und Hallauer (1988) bspw. ermittelten eine Steigerung des Kornertrags für die S1-, S2- und Halbgeschwister-Selektionsmethode von durchschnittlich 2,5 dt/ha (oder 5 %) pro Zyklus in einem Versuch mit verschiedenen Maispopulationen.

Die Ergebnisse in TP1 sind kompatibel mit diesen Werten, z. B. der Selektionseffekt der Massenauslese (M1) auf die Ausgangspopulation Sankt Michaelis lag bei 1,8 dt/ha oder 2 % für drei Selektionszyklen. Ertragssteigerungen von dieser Größenordnung lagen in den Versuchen in TP1 aber stets unter der statistischen Nachweisgrenze.

Selektionskriterien

Es ist wichtig *a priori* zu spezifizieren, auf die Verbesserung welcher Eigenschaften mit der Anwendung einer Selektionsmethode abgezielt wird. Mit den Methoden M1-M5 wurde die Verbesserung der Populationen im Kornertrag und (ggf.) in weiteren agronomischen Eigenschaften angestrebt. Eine Erhöhung z. B. des Protein- oder Stärkegehalts hingegen war

nicht das Ziel der Selektionsmethoden: Auf diese Eigenschaften wurde nicht selektiert und die Analyseergebnisse bestätigen, dass sich die Populationen in diesen Parametern nicht verändert haben.

Grundsätzlich ist vor allem dann die Verbesserung der Population in einer Eigenschaft (z. B. dem Kornertrag) zu erwarten, wenn mit der Selektionsmethode *direkt* auf diese Eigenschaft (z. B. durch Ertragserhebungen) selektiert werden kann. Ein Grund für die relativ geringe Effektivität der positiven Massenauslese zur Erhöhung des Kornertrags besteht genau darin, dass mit dieser Methode der Kornertrag nicht direkt ermittelt wird.

Es wurde erst im Projektverlauf deutlich, dass die im „ersten Set“ angewendeten Methoden (M1-M4) alle keine *direkten* Ertragserhebungen einschlossen. Im Falle der Massenauslese und der Haploidenselektion ist dies nicht möglich, im Falle der S1-Selektion wurde die Methode nicht entsprechend umgesetzt. Die zitierten systematischen Selektionsgewinne von 2-5 % mit mehrstufigen Selektionsmethoden (Hallauer und Carena 2009, Hallauer et al. 2010) wurden alle mit zwischengeschalteten Ertragsprüfungen realisiert. Die Umsetzung der Selektionsmethoden mit solchen Prüfungen wird empfohlen.

Einfluss des Anbausystems

Grundsätzlich zeichneten sich zwischen den Versuchen in den beiden Anbausystemen (ökologisch und konventionell) ähnliche Tendenzen der Rangfolge der Prüfglieder ab. In den meisten Fällen konnten die Effekte jedoch nur in einem Anbausystem statistisch abgesichert werden.

Schlussfazit TP1

Insgesamt erscheint die „Massenauslese - ohne künstliche Bestäubungslenkung“ als Selektionsmethode besonders geeignet, mit der Maispopulationen nicht nur mit geringem Aufwand in ihren agronomischen Eigenschaften erhalten werden können, sondern die sich auch zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Praxisbetrieben, bspw. zur eigenen Saatgutgewinnung oder Hofsortenentwicklung durch Landwirt*innen praktikabel erweist. Für die effiziente züchterische Verbesserung offen abblühender Maispopulationen sollten hingegen Methoden wie die S1- oder Vollgeschwisterselektion verwendet werden, welche die *direkte* Selektion des Kornertrags und von Qualitätsparametern durch zwischengeschaltete Ertragsprüfungen oder Analysen ermöglichen und die wiederholt über mehrerer Selektionszyklen durchgeführt werden. Die Effizienz der Selektionsmethoden, und besonders der Haploidenselektion, scheint abhängig vom genetischen Hintergrund der Maispopulationen zu sein, vgl. dazu die Arbeit von Aichholz et al. (2022), in welcher bei einer aus 40 Hybriden zusammengestellten Population auch nach fünf Selektionszyklen keine signifikante Ertragssteigerung festgestellt werden konnte.

4.2 Teilprojekt 2 – Leistungsfähigkeit und Leistungsstabilität

4.2.1 Durchführung Teilprojekt 2

In diesem Teilprojekt sollte die Frage geklärt werden, wie leistungsfähig offen abblühende Maispopulationen sind. Da es nach dem zweiten Weltkrieg keine züchterische Weiterbearbeitung von offen abblühenden Sorten gab, liegen dementsprechend keine Untersuchungen vor (siehe auch Stand des Wissens). Erkenntnisse zum Ertragspotenzial und zu Eigenschaften von Populationen, die aus modernerem Zuchtmaterial entwickelt wurden, fehlten.

Daher wurden Exaktversuche mit 9 Maispopulationen (teilweise neu entwickelt) und drei Hybridsorten (als Verrechnungssorten) dreifach wiederholt über 5 Jahre (2017 - 2021) an 5 bzw. 6 konventionellen und 3 ökologisch bewirtschafteten Standorten pro Jahr angelegt. Im Projektzeitraum erfasste das Bundessortenamt Daten im Rahmen des zeitlich befristeten

Experiments zu Populationen (Entscheidung 2014/150/EU; PopulationenV). Aufgrund der Beteiligung des Bundessortenamts konnten die Versuche an bis zu 6 konventionellen Standorten stattfinden.

Die Standorte stellten die Projektpartner: LfL, Bundessortenamt, FZD und GAUGö bzw. UNIKassel. Für die FZD führte ein externer Dienstleister (Agrartest/Eurofins GmbH) die Versuche im Auftrag durch.

Die detaillierte Beschreibung der untersuchten Populationen, der erfassten Merkmale, der Standorte sind in Kapitel 3 beschrieben.

Die Populationen und Verrechnungssorten wurden auf agronomische und qualitative Eigenschaften untersucht. Die Ergebnisse wurden vom Projektpartner Bundessortenamt verrechnet und ausgewertet. Es liegen zu jedem Versuchsjahr getrennt die Ergebnisberichte in Abhängigkeit des Anbausystems (konventionell, ökologisch) vor. Diese Ergebnisse wurden mehrjährig verrechnet und diese wurden hier zusammenfassend dargestellt.

Die Jahreswerte gehen entsprechend der Anzahl vorhandener Ergebnisse gewichtet in den Gesamtmittelwert ein.

Es wurden zwei Mittelwertberechnungen durchgeführt: In die Mittelwertberechnung über 4 Jahre (2018-2021) wurden alle Prüfglieder einbezogen. Die Berechnung über 5 Jahre (2017-2021) erfolgte ohne die beiden Populationen Gabriel und 6802-2017, die erst 2018 in die Prüfung aufgenommen wurden.

Die Versuche zum Teilprojekt 2 wurden vom Projektpartner Bundessortenamt verrechnet und ausgewertet. Es liegen zu jedem Versuchsjahr getrennt die Berichte in Abhängigkeit des Anbausystems (konventionell, ökologisch) vor. Diese Ergebnisse wurden mehrjährig verrechnet und sind hier dargestellt.

4.2.2 Ergebnisse Teilprojekt 2

4.2.2.1 Blühdauer und Blühbeginn

Die Versuche im konventionellen Anbau zeigten einen früheren Blühbeginn als die Versuche im ökologischen Anbau. Die Blühtermine lagen um ca. 1 Woche auseinander (vgl. Tabellen 6-17).

Dies ist insofern erstaunlich, da alle Versuche mit Ausnahme 2020 (ökologisch) zum selben Zeitpunkt gesät wurden. Offensichtlich führt die bessere Nährstoff-Versorgung und der geringere Stress mit Konkurrenzpflanzen im konventionellen Anbau dazu, dass sich die Pflanzen im schneller entwickeln können und früher zur Blüte kommen.

In 2020 wurden die ökologischen Versuche ca. 13 bzw. 8 Tage später angelegt als die konventionellen. Die weibliche Blüte war somit auch später.

Der Blühbeginn einer Maissorte oder Population ist von ihrer Reifegruppe abhängig. Die Hybridsorten zeigten gemäß ihrer ReifeEinstufung einen Blühbeginn ab Mitte Juli. Die spätreifende Sorte P8589 (K260) begann auch am spätesten zu blühen (vgl. Tabelle 6 und Tabelle 12), und die beiden auf in K240 eingestuften Hybridsorten ES Metronom und LG30258 starteten die weibliche Blüte um ca.15. Juli (bzw. 21 Juli ökologisch).

Es erwiesen sich die Populationen der LfL als besonders frühreifend. Sie begannen die weibliche Blüte bereits am 11/12. Juli bzw. 17/18. Juli (ökologisch).

Ähnlich verhielt es sich mit dem Beginn der männlichen Blüte. Die Hybriden und Populationen reagierten gemäß ihrer ReifeEinstufung. Die Populationen lagen bei der Fahnenblüte ähnlich wie bei der weiblichen Blüte früher (LfL-Populationen), gleich oder später (GZPK, FZD Populationen, vgl. Tabelle 8 und Tabelle 14).

Klare Unterschiede ergaben sich in der Blühdauer, sowohl was die Art des Anbaus, ob konventionell oder ökologisch oder den Sortentyp (Hybridsorte oder Population) angeht.

Die Blühdauer der weiblichen wie auch der männlichen Blüte war unter konventionellen Anbaubedingungen kürzer als unter ökologischen, im Schnitt um ca. 1 Tag. Sie dauerte 3 und 2 Tage (weibliche und männliche Blüte) in den konventionellen Versuchen und 4 bzw. 3 Tage in den ökologisch geführten Parzellen (vgl. Tabelle 10, Tabelle 11, Tabelle 16 und Tabelle 17).

Auch der Sortentyp zeigte einen Einfluss, die Blühdauer der weiblichen Blüte bei den Populationen war um ca. 1 Tag länger als bei den Hybridsorten. Es zeigten sich allerdings deutliche Jahreseffekte. Zum Beispiel lag die Blühdauer bei Bogdan zwischen 2 und 7 Tagen je nach Jahr.

Die Blühdauer der männlichen Rispe lag bei den Hybridsorten bei ca. 2 bzw. 3 Tagen (ökologisch), bei den Populationen in der Regel zwischen 3 und 4 Tagen. Auffallend hoch war die Dauer der Rispenblüte bei Weihenstephaner 1 mit 6 Tagen (Tabelle 17).

Die Abstimmung der weiblichen und männlichen Blüte ist für den Ertrag von besonderer Bedeutung, denn ohne Bestäubung bildet sich kein Korn. Um Selbstbefruchtung zu minimieren, beginnt die Fahnenblüte in der Regel früher als die weibliche Blüte. Allerdings ist es für die Kornbildung unerheblich, von welcher Pflanze der Pollen stammt, auch eine Selbstbefruchtung ist möglich. Für Sorten, deren Erntegut nicht als Saatgut verwendet wird, ist die Selbstbefruchtung daher kein Problem. Bei den Hybridsorten ist diese zeitliche Anpassung mittlerweile gut gelungen. Auch in diesen Versuchen zeigte sich, dass die weiblichen wie männlichen Blühdaten nahezu identisch waren. Im konventionellen Anbau zeigte sich diese Angleichung deutlicher. Die Blühdaten der weiblichen und männlichen Blüte stimmen nahezu überein (z.B. P8589: 21.7 weibl. Blüte, 20.7. männl. Blüte).

Da die Blüte auch ein kritischer Zeitpunkt hinsichtlich der Ertragsentwicklung ist, kann es von Vorteil sein, die Blühdauer so kurz wie nötig zu halten, vorausgesetzt, es findet eine vollständige Bestäubung statt.

Bei den Populationen zeigten sich größere Unterschiede hinsichtlich der Blühtermine der weiblichen und männlichen Blüten. Die Termine unterschieden sich um 2-3 Tage im Vergleich von nur einem Tag bei den Hybriden. Verschiedene Blühtermine bei gleichzeitig längerer Blühdauer haben den Vorteil, dass Selbstbefruchtung verhindert wird, die Gene besser durchmischt werden und die Bestäubung gesichert ist.

Tabelle 6 Datum weibliche Blüte (25%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Datum der weiblichen Blüte 25 %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		5	6	6	5	5	22	27
1264	P8589	19.07	09.07	20.07	20.07	24.07	17.07	18.07
1337	ESMETRON	15.07	05.07	18.07	17.07	22.07	15.07	15.07
1420	LG30258	16.07	06.07	17.07	16.07	23.07	15.07	15.07
..	DSCHN.VRS	17.07	07.07	18.07	18.07	23.07		
1461	WEISTEP1	12.07	05.07	13.07	12.07	19.07	11.07	11.07
1512	EVOLINO	16.07	08.07	17.07	17.07	22.07	15.07	15.07
1512	ALMITO	15.07	06.07	19.07	16.07	22.07	15.07	15.07
1513	BOGDAN	16.07	09.07	20.07	19.07	22.07	17.07	17.07
1517	WEIHENS2	13.07	05.07	16.07	15.07	21.07	13.07	13.07
1517	WEIHENS3	13.07	05.07	14.07	13.07	20.07	12.07	12.07
1577	6803-201	13.07	04.07	14.07	14.07	20.07	12.07	12.07
1614	GABRIEL		10.07	21.07	18.07	24.07	18.07	
1615	6802-201		04.07	13.07	13.07	19.07	11.07	

Tabelle 7 Datum weibliche Blüte (75%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Datum der weiblichen Blüte 75%					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		5	6	6	5	5	22	27
1264	P8589	21.07	12.07	23.07	24.07	28.07	21.07	21.07
1337	ESMETRON	17.07	08.07	20.07	20.07	24.07	17.07	17.07
1420	LG30258	19.07	09.07	19.07	20.07	25.07	17.07	18.07
..	DSCHN.VRS	19.07	10.07	21.07	21.07	26.07		
1461	WEISTEP1	16.07	08.07	16.07	15.07	22.07	14.07	15.07
1512	EVOLINO	23.07	11.07	21.07	22.07	26.07	19.07	20.07
1512	ALMITO	18.07	10.07	22.07	20.07	25.07	18.07	18.07
1513	BOGDAN	22.07	12.07	22.07	23.07	26.07	20.07	20.07
1517	WEIHENS2	17.07	09.07	19.07	18.07	24.07	17.07	17.07
1517	WEIHENS3	17.07	08.07	17.07	16.07	22.07	15.07	15.07
1577	6803-201	17.07	07.07	18.07	17.07	23.07	15.07	16.07
1614	GABRIEL		13.07	25.07	23.07	27.07	21.07	
1615	6802-201		07.07	16.07	15.07	22.07	14.07	

Tabelle 8 Datum Fahnenblüte (25%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Datum der Fahnenblüte 25 %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		5	6	5	5	5	21	26
12643	P8589	18.07	08.07	21.07	21.07	24.07	18.07	18.07
13372	ESMETRON	16.07	05.07	18.07	17.07	22.07	15.07	15.07
14201	LG30258	16.07	05.07	17.07	17.07	22.07	14.07	15.07
..	DSCHN.VRS	17.07	06.07	19.07	18.07	23.07		
14614	WEISTEP1	11.07	02.07	10.07	10.07	17.07	09.07	09.07
15128	EVOLINO	14.07	04.07	16.07	17.07	20.07	13.07	13.07
15129	ALMITO	12.07	04.07	16.07	14.07	19.07	12.07	12.07
15130	BOGDAN	12.07	05.07	15.07	15.07	19.07	13.07	12.07
15170	WEIHENS2	11.07	03.07	12.07	12.07	18.07	10.07	10.07
15171	WEIHENS3	11.07	03.07	12.07	11.07	18.07	10.07	10.07
15771	6803-201	10.07	01.07	12.07	11.07	19.07	10.07	10.07
16149	GABRIEL		06.07	17.07	16.07	20.07	14.07	
16150	6802-201		01.07	10.07	10.07	17.07	09.07	

Tabelle 9 Datum Fahnenblüte (75%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Datum der Fahnenblüte 75 %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		4	6	5	5	5	21	25
1264	P8589	18.07	10.07	22.07	24.07	27.07	20.07	19.07
1337	ESMETRON	16.07	07.07	20.07	20.07	25.07	17.07	17.07
1420	LG30258	16.07	08.07	19.07	19.07	24.07	17.07	16.07
..	DSCHN.VRS	17.07	08.07	20.07	21.07	25.07		
1461	WEISTEP1	12.07	05.07	14.07	13.07	21.07	12.07	12.07
1512	EVOLINO	15.07	07.07	19.07	19.07	23.07	16.07	16.07
1512	ALMITO	13.07	06.07	19.07	17.07	22.07	15.07	15.07
1513	BOGDAN	13.07	08.07	19.07	19.07	23.07	16.07	16.07
1517	WEIHENS2	12.07	07.07	17.07	16.07	22.07	15.07	14.07
1517	WEIHENS3	12.07	05.07	17.07	15.07	21.07	14.07	13.07
1577	6803-201	12.07	04.07	16.07	14.07	22.07	13.07	13.07
1614	GABRIEL		10.07	21.07	20.07	23.07	18.07	
1615	6802-201		03.07	14.07	14.07	20.07	12.07	

Tabelle 10 Dauer der weiblichen Blüte in Tagen 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

		Tage der weiblichen Blüte 25 % bis 75 %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		5	6	6	5	5	22	27
Anzahl Ergebnisse								
12643	P8589	3	3	3	4	4	3	3
13372	ESMETRON	2	3	2	3	2	3	2
14201	LG30258	3	3	2	3	2	3	3
..	DSCHN.VRS	3	3	2	3	3		
14614	WEISTEP1	4	3	3	3	3	3	3
15128	EVOLINO	7	4	4	4	4	4	5
15129	ALMITO	3	3	3	3	3	3	3
15130	BOGDAN	6	3	2	4	5	3	4
15170	WEIHENS2	4	4	4	4	4	4	4
15171	WEIHENS3	4	3	3	3	2	3	3
15771	6803-201	4	3	4	3	3	3	3
16149	GABRIEL		2	4	5	3	3	
16150	6802-201		3	4	2	3	3	

Tabelle 11 Dauer der Fahnenblüte in Tagen 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

		Tage der Fahnenblüte 25 % bis 75 %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		4	6	5	5	5	21	25
Anzahl Ergebnisse								
12643	P8589	2	2	1	4	3	2	2
13372	ESMETRON	2	2	2	3	2	2	2
14201	LG30258	3	2	2	3	2	2	2
..	DSCHN.VRS	2	2	2	3	3		
14614	WEISTEP1	3	3	4	3	4	3	3
15128	EVOLINO	3	3	3	3	3	3	3
15129	ALMITO	3	2	3	3	3	3	3
15130	BOGDAN	3	3	4	5	4	4	4
15170	WEIHENS2	3	4	5	4	3	4	4
15171	WEIHENS3	3	3	5	4	3	4	4
15771	6803-201	3	3	5	3	3	3	3
16149	GABRIEL		5	4	4	3	4	
16150	6802-201		2	4	4	3	3	

Tabelle 12 Datum weibliche Blüte (25%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Datum der weiblichen Blüte 25 %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		2	3	3	3	2	11	13
12643	P8589	19.07	13.07	26.07	06.08	27.07	25.07	24.07
13372	ESMETRON	15.07	10.07	22.07	31.07	23.07	21.07	20.07
14201	LG30258	14.07	10.07	23.07	01.08	23.07	21.07	20.07
..	DSCHN.VRS	16.07	11.07	24.07	02.08	24.07		
14614	WEISTEP1	10.07	09.07	19.07	28.07	20.07	18.07	17.07
15128	EVOLINO	15.07	11.07	25.07	01.08	25.07	23.07	21.07
15129	ALMITO	15.07	12.07	24.07	31.07	24.07	22.07	21.07
15130	BOGDAN	15.07	12.07	24.07	02.08	27.07	23.07	22.07
15170	WEIHENS2	11.07	08.07	21.07	30.07	23.07	20.07	18.07
15171	WEIHENS3	10.07	09.07	21.07	01.08	21.07	20.07	19.07
15771	6803-201	11.07	09.07	19.07	31.07	21.07	19.07	18.07
16149	GABRIEL		16.07	27.07	03.08	28.07	26.07	
16150	6802-201		07.07	20.07	30.07	20.07	19.07	

Tabelle 13 Datum weibliche Blüte (75%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Datum der weiblichen Blüte 75%					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		3	3	3	3	2	11	14
1264	P8589	28.07	16.07	30.07	09.08	30.07	28.07	28.07
1337	ESMETRON	24.07	14.07	25.07	04.08	26.07	24.07	24.07
1420	LG30258	26.07	13.07	27.07	04.08	26.07	25.07	25.07
..	DSCHN.VRS	26.07	14.07	27.07	06.08	27.07		
1461	WEISTEP1	20.07	13.07	23.07	04.08	23.07	23.07	22.07
1512	EVOLINO	25.07	20.07	28.07	04.08	28.07	27.07	27.07
1512	ALMITO	26.07	20.07	30.07	04.08	27.07	28.07	27.07
1513	BOGDAN	25.07	19.07	29.07	05.08	28.07	28.07	27.07
1517	WEIHENS2	21.07	14.07	25.07	01.08	26.07	24.07	23.07
1517	WEIHENS3	21.07	17.07	26.07	04.08	24.07	25.07	24.07
1577	6803-201	20.07	14.07	22.07	03.08	26.07	23.07	23.07
1614	GABRIEL		23.07	01.08	08.08	31.07	31.07	
1615	6802-201		12.07	26.07	01.08	23.07	23.07	

Tabelle 14 Datum Fahnenblüte (25%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Datum der Fahnenblüte 25 %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		2	3	2	3	2	10	12
1264	P8589	19.07	13.07	28.07	02.08	27.07	24.07	23.07
1337	ESMETRON	15.07	11.07	24.07	01.08	21.07	21.07	20.07
1420	LG30258	13.07	09.07	24.07	01.08	21.07	21.07	19.07
..	DSCHN.VRS	16.07	11.07	25.07	01.08	23.07		
1461	WEISTEP1	09.07	05.07	22.07	27.07	12.07	16.07	15.07
1512	EVOLINO	14.07	06.07	25.07	30.07	20.07	19.07	18.07
1512	ALMITO	13.07	09.07	25.07	29.07	20.07	20.07	19.07
1513	BOGDAN	12.07	10.07	23.07	30.07	21.07	20.07	19.07
1517	WEIHENS2	09.07	06.07	23.07	30.07	20.07	19.07	17.07
1517	WEIHENS3	08.07	06.07	23.07	29.07	19.07	18.07	17.07
1577	6803-201	09.07	04.07	22.07	29.07	17.07	17.07	16.07
1614	GABRIEL		12.07	28.07	01.08	21.07	23.07	
1615	6802-201		02.07	22.07	29.07	19.07	17.07	

Tabelle 15 Datum Fahnenblüte (75%) 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Datum der Fahnenblüte 75 %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		1	3	2	3	2	10	11
1264	P8589	21.07	15.07	29.07	06.08	29.07	27.07	26.07
1337	ESMETRON	17.07	14.07	26.07	04.08	24.07	24.07	24.07
1420	LG30258	12.07	13.07	26.07	04.08	26.07	24.07	23.07
..	DSCHN.VRS	17.07	14.07	27.07	05.08	26.07		
1461	WEISTEP1	12.07	08.07	25.07	03.08	20.07	21.07	20.07
1512	EVOLINO	14.07	12.07	29.07	03.08	23.07	24.07	23.07
1512	ALMITO	13.07	13.07	28.07	01.08	23.07	23.07	22.07
1513	BOGDAN	13.07	14.07	30.07	02.08	24.07	24.07	23.07
1517	WEIHENS2	11.07	11.07	26.07	31.07	23.07	22.07	21.07
1517	WEIHENS3	10.07	11.07	28.07	01.08	22.07	22.07	21.07
1577	6803-201	12.07	08.07	25.07	31.07	20.07	20.07	19.07
1614	GABRIEL		19.07	02.08	05.08	26.07	28.07	
1615	6802-201		07.07	26.07	30.07	22.07	30.05	

Tabelle 16 Dauer der weiblichen Blüte in Tagen 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Tage der weiblichen Blüte 25 % bis 75 %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		2	3	3	3	2	11	13
1264	P8589	5	3	3	3	3	3	3
1337	ESMETRON	4	4	3	4	3	4	4
1420	LG30258	4	3	5	3	3	4	4
..	DSCHN.VRS	4	3	4	3	3		
1461	WEISTEP1	5	4	4	7	3	5	5
1512	EVOLINO	4	9	3	3	3	5	5
1512	ALMITO	5	8	6	4	3	5	5
1513	BOGDAN	4	7	5	3	2	4	4
1517	WEIHENS2	7	5	4	2	3	4	4
1517	WEIHENS3	6	8	5	3	3	5	5
1577	6803-201	4	5	3	3	5	4	4
1614	GABRIEL		6	5	4	3	5	
1615	6802-201		5	5	2	3	4	

Tabelle 17 Dauer der Fahnenblüte in Tagen 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Tage der Fahnenblüte 25 % bis 75 %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		1	3	2	3	2	10	11
1264	P8589	2	3	1	4	3	3	3
1337	ESMETRON	4	3	2	4	3	3	3
1420	LG30258	1	3	3	4	5	4	3
..	DSCHN.VRS	2	3	2	4	4		
1461	WEISTEP1	5	3	4	8	8	6	6
1512	EVOLINO	3	6	4	3	3	4	4
1512	ALMITO	3	4	3	2	3	3	3
1513	BOGDAN	3	4	7	3	3	4	4
1517	WEIHENS2	4	6	3	2	3	4	4
1517	WEIHENS3	4	5	5	3	3	4	4
1577	6803-201	4	4	3	2	3	3	3
1614	GABRIEL		6	5	4	5	5	
1615	6802-201		5	5	1	4	4	

4.2.2.2 Stängelbruch, Lager vor der Ernte

Früher Stängelbruch durch starken Wind trat während des Versuchszeitraums nur selten auf. Dort wo er auftrat, zeigte sich im Mittel der Orte und Jahre eine höhere Anfälligkeit bei Populationen (vgl. Tabelle 18, Tabelle 19), wobei besonders in den konventionellen Versuchen das Jahr 2019 das Ergebnis beeinflusste. Die Populationen Evolino und Bogdan zeigten hier extrem hohe Werte. In den anderen Jahren und den ökologischen Versuchen lagen die Werte zwischen 0 und 5 % (konventionell) und 1 und 7 % (ökologisch) Lager durch Stängelbruch (Tabelle 18, Tabelle 19).

Beim Merkmal „Lager vor der Ernte“ zeigte sich ein anderes Bild (Tabelle 20, Tabelle 21). Im konventionellen Anbau war die Anzahl Lagerpflanzen bei beiden Sortentypen deutlich höher als im ökologischen Anbau. Innerhalb der konventionellen Anbauversuche gab es allerdings keine eindeutige Differenzierung zwischen Hybridsorten und Populationen. Bei beiden traten hohe Pflanzenverluste auf. Allerdings zeigte die Population Bogdan mit 19 % die höchsten Lagerverluste.

Bei den ökologischen Versuchen zeigte sich eine Tendenz, dass Populationen auch hier anfälliger erschienen.

Tabelle 18 Lager durch frühen Stängelbruch 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Lager durch frühen Stängelbruch %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		2	0(1)	1	0	1	2	4
1264	P8589	0	0	0		0	0	0
1337	ESMETRON	0	0	0		0	0	0
1420	LG30258	0	0	3		0	2	1
..	DSCHN.VRS	0	0	1		0		
1461	WEISTEP1	2	2	6		3	5	3
1512	EVOLINO	0	1	34		1	18	9
1512	ALMITO	1	0	1		1	1	1
1513	BOGDAN	5	1	16		5	11	8
1517	WEIHENS2	1	0	4		1	3	2
1517	WEIHENS3	1	0	2		5	4	2
1577	6803-201	0	0	6		4	5	3
1614	GABRIEL		3	9		2	6	
1615	6802-201		0	6		3	5	

Tabelle 19 Lager durch frühen Stängelbruch 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Lager durch frühen Stängelbruch %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		2	2	0(1)	0	1	3	5
1264	P8589	2	0	0		1	0	1
1337	ESMETRON	2	0	0		3	1	1
1420	LG30258	1	1	0		1	1	1
..	DSCHN.VRS	2	1	0		2		
1461	WEISTEP1	3	3	0		4	3	3
1512	EVOLINO	2	1	0		2	1	2
1512	ALMITO	2	2	0		2	2	2
1513	BOGDAN	4	2	0		7	4	4
1517	WEIHENS2	3	1	0		2	1	2
1517	WEIHENS3	3	0	0		3	1	2
1577	6803-201	3	2	0		3	2	3
1614	GABRIEL		3	0		2	3	
1615	6802-201		3	0		5	4	

Tabelle 20 Lager vor der Ernte 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Lagerpflanzen vor Ernte %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		3	6	5	3	4	18	21
1264	P8589	7	15	10	2	22	13	12
1337	ESMETRON	5	4	2	1	6	3	4
1420	LG30258	8	16	8	4	27	14	13
..	DSCHN.VRS	7	12	6	2	18		
1461	WEISTEP1	8	6	5	5	13	7	7
1512	EVOLINO	7	6	6	6	22	10	9
1512	ALMITO	9	9	4	4	28	11	11
1513	BOGDAN	13	20	16	13	29	20	19
1517	WEIHENS2	7	11	7	6	26	12	12
1517	WEIHENS3	6	9	4	4	20	9	9
1577	6803-201	9	6	6	4	26	10	10
1614	GABRIEL		23	13	12	29	20	
1615	6802-201		14	5	6	22	12	

Tabelle 21 Lager vor der Ernte 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Lagerpflanzen vor Ernte %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		3	3	2	2	3	10	13
1264	P8589	7	2	1	5	6	4	4
1337	ESMETRON	4	1	1	3	5	3	3
1420	LG30258	5	2	3	5	12	6	6
..	DSCHN.VRS	5	2	2	4	7		
1461	WEISTEP1	4	3	3	5	15	7	6
1512	EVOLINO	5	11	1	11	11	9	8
1512	ALMITO	6	3	1	3	6	4	4
1513	BOGDAN	6	11	3	7	20	11	10
1517	WEIHENS2	6	3	2	8	7	5	5
1517	WEIHENS3	6	2	1	4	11	5	5
1577	6803-201	3	7	2	5	17	9	7
1614	GABRIEL		17	3	10	13	12	
1615	6802-201		5	1	6	12	7	

4.2.2.3 Bestockung

Die Entwicklung von Seitentrieben bei Mais ist grundsätzlich unerwünscht. Man will vielmehr, dass sämtliche Nährstoffe, Wasser und Energie dafür verwendet werden, den Haupttrieb mit einem, maximal zwei Kolben gut zu versorgen. Die Maispflanze, die zur Familie der Süßgräser (*Poaceae*) gehört, trägt allerdings diese Eigenschaft der Bestockung nach wie vor in ihren Genen, je nach Genotyp mehr oder weniger stark ausgeprägt, diese werden auch durch Umwelteffekte beeinflusst.

Auch bei der Bestockung ließ sich feststellen, dass es zu einer Verstärkung der Bestockungsneigung um ca. 1 % beim ökologischen Anbau kam, unabhängig vom Sortentyp (vgl. Tabelle 22, Tabelle 23). Unter Umständen lässt sich das damit erklären, dass die Bestockung nur dann von der Pflanze gemacht wird, wenn die Umweltbedingungen besonders förderlich oder aber besonders stressig sind. Beides ist im Öko-Anbau anzutreffen. Eine geringere Belastung durch chemischen Pflanzenschutz, bessere Bodenbedingungen, aber auch eine schlechtere Nährstoffversorgung und höherer Unkrautdruck könnten tendenziell die Bestockungsneigung fördern.

In den konventionellen Versuchen ließen sich keine eindeutigen Sortentypen einflüsse erkennen. Mit Ausnahme von Bogdan bewegen sich auch die Populationen im selben Bereich wie die Hybridsorten.

Viel eher ist die Bestockungsneigung aber jahresspezifisch zu sehen. Die Daten zeigten, dass in Abhängigkeit vom Jahr die Genotypen sehr unterschiedlich reagierten. Dabei war das Jahr 2021 das, in welchem alle Prüfglieder am stärksten mit Bestockung reagierten. Möglicherweise ist das damit zu erklären, dass 2021 mit extremen Witterungserscheinungen am deutlichsten auffiel.

Tabelle 22 Bestockungsneigung 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse	Bestockung %					Mittel	Mittel
	2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
	4	3	3	4	4	14	18
1264 P8589	3	0	4	2	2	2	2
1337 ESMETRON	3	0	2	2	5	2	3
1420 LG30258	2	0	2	1	1	1	1
.. DSCHN.VRS	2	0	2	1	3		
1461 WEISTEP1	2	0	2	1	2	1	1
1512 EVOLINO	3	0	3	2	3	2	2
1512 ALMITO	3	0	4	4	2	3	3
1513 BOGDAN	7	0	9	3	4	4	5
1517 WEIHENS2	2	0	1	2	3	2	2
1517 WEIHENS3	4	1	1	2	2	2	2
1577 6803-201	1	1	1	2	2	2	1
1614 GABRIEL		0	5	2	3	3	
1615 6802-201		1	3	2	2	2	

Tabelle 23 Bestockungsneigung 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Bestockung %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		2	3	2	0(3)	2	7	9
1264	P8589	6	1	4	2	2	2	3
1337	ESMETRON	2	3	3	0	7	4	4
1420	LG30258	3	0	7	0	8	4	4
..	DSCHN.VRS	3	1	5	1	6		
1461	WEISTEP1	2	1	3	0	3	2	2
1512	EVOLINO	4	0	8	1	8	5	4
1512	ALMITO	5	1	9	0	4	4	4
1513	BOGDAN	9	1	6	1	6	4	5
1517	WEIHENS2	4	2	3	1	3	3	3
1517	WEIHENS3	3	0	5	1	4	3	3
1577	6803-201	3	0	8	0	4	3	3
1614	GABRIEL		2	8	1	7	5	
1615	6802-201		2	8	1	5	5	

4.2.2.4 Stängelfäule

Als Erreger der Stängelfäule gelten *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium moniliforme*. Je nach Befallsgrad sterben die Pflanzen vorzeitig ab (Notreife) bzw. brechen oder knicken bei starkem Befall sogar um. Der Stängelbruch verläuft dabei durch das Nodium und das Internodium (Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen, Bundessortenamt 2008).

Sorten und Genotypen reagieren unterschiedlich anfällig. Auch in den vorliegenden Versuchen zeigte sich das. Am anfälligsten bei den Hybriden war die Sorte P8589, bei den Populationen Bogdan und Weihenstephaner 2 (vgl. Tabelle 24, Tabelle 25).

Im ökologischen Anbau scheint die Ausprägung des Merkmals geringer zu sein. Teilweise trat die Stängelfäule aber nur an einem Standort auf und der Befall war mit Ausnahme von 2017 geringer. Allerdings erwiesen sich die Populationen anfälliger als die Vergleichshybriden. Konventionell schwankten die Anfälligkeiten bei den Hybridsorten zwischen 6 und 16 % und bei den Populationen zwischen 17 und 20 %. Im ökologischen Anbau lagen sie zwischen 4 und 13 % bei den Hybridsorten im Vergleich zu 10 und 20 % bei den Populationen.

Tabelle 24 Stängelfäule [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Stängelfäule %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		2	4	4	3	3	14	16
1264	P8589	20	16	18	23	4	16	16
1337	ESMETRON	6	8	10	3	2	6	6
1420	LG30258	17	16	17	12	7	14	14
..	DSCHN.VRS	14	13	15	13	4		
1461	WEISTEP1	38	22	11	14	9	14	17
1512	EVOLINO	33	17	15	22	11	16	18
1512	ALMITO	41	21	13	22	11	17	20
1513	BOGDAN	39	21	12	28	9	17	20
1517	WEIHENS2	40	17	11	22	14	16	19
1517	WEIHENS3	35	15	14	20	11	15	17
1577	6803-201	32	8	9	23	23	15	17
1614	GABRIEL		14	10	24	12	15	
1615	6802-201		23	14	21	31	22	

Tabelle 25 Stängelfäule [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Stängelfäule %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		1	2	2	1	2	7	8
1264	P8589	52	15	6	5	2	7	13
1337	ESMETRON	8	2	5	2	3	3	4
1420	LG30258	3	1	8	2	3	4	4
..	DSCHN.VRS	21	6	6	3	3		
1461	WEISTEP1	48	4	4	2	6	4	10
1512	EVOLINO	68	8	7	5	12	8	16
1512	ALMITO	92	4	4	3	10	6	16
1513	BOGDAN	82	11	10	12	12	11	20
1517	WEIHENS2	93	10	8	7	13	10	20
1517	WEIHENS3	68	3	5	7	15	8	15
1577	6803-201	58	7	5	2	13	7	14
1614	GABRIEL		11	8	2	9	8	
1615	6802-201		20	14	17	16	17	

4.2.2.5 *Helminthosporium*

Blattflecken bei Mais treten in den letzten Jahren häufiger auf. Mais wird von einer Reihe an Blattfleckenerregern befallen. Es sind die *Helminthosporium* oder *Turcicum*-Blattfleckenerreger, die besonders Mais und Hirse befallen. Sauberes Unterpflügen des Reststrohs, weite Fruchtfolgen und Anbau von wenig anfälligen Sorten sind die wichtigsten Maßnahmen dagegen. Hier zeigte sich eine höhere Anfälligkeit für den Erreger im ökologischen Anbau (vgl. Tabelle 26, Tabelle 27).

Innerhalb des Anbausystems zeigten die Populationen eine leicht erhöhte Anfälligkeit: Liegen die Boniturwerte bei den Hybridsorten bei 2,4 so schwankten sie bei den Populationen zwischen 2,9 und 3,5 für die konventionellen Versuche. In den Ökoversuchen lagen die

Boniturwerte für die Hybridsorten bei ca. 2,9 und streuten bei den Populationen zwischen 3,0 und 3,7.

Tabelle 26 Helminthosporium Befall [Bonitur 1-9] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Helminthosporium					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		0(1)	2	2	2	2	8	9
1264	P8589	1,0	2,3	2,5	2,2	2,0	2,3	2,3
1337	ESMETRON	1,0	2,3	2,8	2,2	1,8	2,3	2,3
1420	LG30258	1,0	2,8	2,3	2,5	1,8	2,4	2,4
..	DSCHN.VRS	1,0	2,5	2,6	2,3	1,9		
1461	WEISTEP1	1,0	3,3	3,5	3,8	2,8	3,4	3,4
1512	EVOLINO	1,0	2,8	3,5	3,0	2,5	3,0	3,0
1512	ALMITO	1,0	3,7	2,8	3,2	2,3	3,0	3,0
1513	BOGDAN	1,0	3,3	4,3	3,8	2,5	3,5	3,5
1517	WEIHENS2	1,0	2,7	3,0	4,0	2,5	3,1	3,1
1517	WEIHENS3	1,0	2,8	3,3	3,5	2,7	3,1	3,1
1577	6803-201	1,0	2,7	3,2	3,5	2,0	2,9	2,9
1614	GABRIEL		3,0	2,7	3,2	2,5	2,9	
1615	6802-201		3,8	3,3	4,2	2,7	3,5	

Tabelle 27 Helminthosporium Befall [Bonitur 1-9] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Helminthosporium					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		2	1	2	2	2	7	9
1264	P8589	2,5	2,0	4,7	3,0	2,2	3,1	3,0
1337	ESMETRON	1,8	1,3	4,5	3,3	2,3	3,1	2,8
1420	LG30258	2,5	2,0	4,2	2,8	2,5	3,0	2,9
..	DSCHN.VRS	2,3	1,8	4,4	3,1	2,3		
1461	WEISTEP1	2,5	2,3	5,0	4,5	3,5	4,0	3,7
1512	EVOLINO	2,8	2,3	5,5	3,8	2,7	3,8	3,5
1512	ALMITO	2,3	2,0	4,2	3,5	2,7	3,3	3,0
1513	BOGDAN	2,2	2,0	5,2	4,3	3,3	3,9	3,6
1517	WEIHENS2	3,3	1,7	4,7	3,7	3,2	3,6	3,5
1517	WEIHENS3	2,7	2,0	4,8	4,0	3,5	3,8	3,6
1577	6803-201	2,5	1,3	5,0	4,0	3,7	3,8	3,5
1614	GABRIEL		2,0	4,0	3,3	2,3	3,0	
1615	6802-201		1,7	4,5	3,7	4,0	3,7	

4.2.2.6 Beulenbrand

Maispflanzen können in allen Entwicklungsstadien an Maisbeulenbrand erkranken, sofern der Erreger (*Ustilago maydis*) mit meristematischem Gewebe in Kontakt kommt. Die Primärinfektion im Frühjahr geht vom Boden aus. Wegbereiter können der Befall durch Fritfliege und Maiszünsler sowie auch Verletzungen durch mechanische Pflege oder Hagel sein (Bundessortenamt 2008).

Auch beim Beulenbrand zeigte sich ein ähnlicher Effekt wie bei der Stängelfäule und der Bestockung: Im ökologischen Anbau schien die Ausprägung des Merkmals geringer zu sein. Allerdings schienen auch hier die Populationen leicht anfälliger zu sein. Aber hier muss auch betont werden, dass die Anzahl der Standorte mit ökologischem Anbau geringer war im Vergleich zur Anzahl der konventionellen Standorte.

Konventionell schwankten die Anfälligkeiten bei den Hybridsorten zwischen 3 und 9 % und bei den Populationen zwischen 3 und 7 %. Im ökologischen Anbau lagen sie zwischen 2 und 4 % im Vergleich zu 1 und 6 % bei den Hybridsorten. Die höhere Anfälligkeit bei den Hybridsorten trat vor allem bei der Sorte P8589 auf (vgl. Tabelle 28, Tabelle 29).

Tabelle 28 Pflanzen mit Beulenbrand [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

	Pflanzen mit Beulenbrand %					Mittel	Mittel
	2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
	5	5	6	5	5	21	26
Anzahl Ergebnisse							
1264 P8589	8	12	12	4	8	9	9
1337 ESMETRON	3	5	2	3	2	3	3
1420 LG30258	9	1	1	1	1	1	3
.. DSCHN.VRS	7	6	5	2	4		
1461 WEISTEP1	3	6	7	3	5	5	5
1512 EVOLINO	2	8	4	4	7	6	5
1512 ALMITO	4	5	5	2	5	4	4
1513 BOGDAN	7	8	6	3	9	6	7
1517 WEIHENS2	4	6	4	4	6	5	5
1517 WEIHENS3	3	3	2	2	5	3	3
1577 6803-201	3	5	2	3	6	4	4
1614 GABRIEL		11	12	6	7	9	
1615 6802-201		3	4	2	4	3	

Tabelle 29 Pflanzen mit Beulenbrand [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

	Pflanzen mit Beulenbrand %					Mittel	Mittel
	2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
	3	3	3	3	2	11	14
Anzahl Ergebnisse							
1264 P8589	7	3	11	4	1	5	6
1337 ESMETRON	2	1	4	2	1	2	2
1420 LG30258	1	1	2	1	1	1	1
.. DSCHN.VRS	3	2	5	2	1		
1461 WEISTEP1	3	4	12	1	1	5	4
1512 EVOLINO	2	2	4	1	1	2	2
1512 ALMITO	4	3	5	1	1	3	3
1513 BOGDAN	4	5	5	2	3	4	4
1517 WEIHENS2	2	3	3	1	1	2	2
1517 WEIHENS3	2	2	2	1	1	2	2
1577 6803-201	3	2	4	0	1	2	2
1614 GABRIEL		5	16	3	3	7	
1615 6802-201		2	7	1	0	3	

4.2.2.7 Maiszünsler

Der Maiszünsler schädigt Mais durch den Bohrfraß seiner Raupe im Stängel und Kolben. Die Folge hiervon ist ein Umbrechen der männlichen Blütenstände und anderer Stängelteile infolge Schwächung durch die Bohrgänge, dies insbesondere bei Einwirkung stärkerer Winde. Der Befall ist somit zunächst an abgeknickten Rispen zu erkennen, die unterhalb der Bruchstelle Bohrlöcher mit Bohrmehl und Raupenkot aufweisen (Bundessortenamt 2008).

Und auch beim Maiszünsler fanden wir den ähnlichen Effekt wie bei Beulenbrand, Stängelfäule und der Bestockung: Im ökologischen Anbau war die Ausprägung des Merkmals deutlich geringer. Allerdings schienen auch hier die Populationen anfälliger.

Konventionell schwankten die Anfälligkeiten bei den Hybridsorten zwischen 11 und 13 % und bei den Populationen zwischen 15-20 %. Im ökologischen Anbau lagen sie zwischen 6-10 % im Vergleich zu 5-7 % bei den Hybridsorten. Die höhere Anfälligkeit bei den Hybridsorten war vor allem durch die Sorte P8589 bedingt (vgl. Tabelle 30, Tabelle 31).

Tabelle 30 Pflanzen mit Maiszünsler [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse	Pflanzen mit Maiszünsler %					Mittel	Mittel	
	2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021	
	5	5	5	3	4	17	22	
1264	P8589	23	17	7	10	7	10	13
1337	ESMETRON	22	15	5	8	4	8	11
1420	LG30258	23	11	6	8	12	9	12
..	DSCHN.VRS	23	14	6	9	8		
1461	WEISTEP1	29	15	9	15	11	12	16
1512	EVOLINO	28	19	9	12	12	13	17
1512	ALMITO	30	20	8	12	12	13	17
1513	BOGDAN	32	21	11	14	17	16	20
1517	WEIHENS2	31	22	11	15	13	15	19
1517	WEIHENS3	26	15	7	13	12	12	15
1577	6803-201	27	16	7	10	14	12	15
1614	GABRIEL		21	13	11	12	15	
1615	6802-201		16	11	11	14	13	

Tabelle 31 Pflanzen mit Maiszünsler [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Pflanzen mit Maiszünsler %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		3	3	2	2	1	8	11
1264	P8589	4	1	9	21	0	8	7
1337	ESMETRON	4	0	7	13	0	5	5
1420	LG30258	3	1	10	12	0	6	5
..	DSCHN.VRS	4	1	9	16	0		
1461	WEISTEP1	8	1	9	15	5	7	7
1512	EVOLINO	4	1	6	20	2	7	6
1512	ALMITO	8	0	8	16	1	6	7
1513	BOGDAN	9	1	12	23	6	10	10
1517	WEIHENS2	8	4	10	23	2	10	9
1517	WEIHENS3	8	2	8	15	3	7	7
1577	6803-201	5	0	7	18	1	6	6
1614	GABRIEL		0	12	25	1	9	
1615	6802-201		4	10	17	0	8	

4.2.2.8 Pflanzenlänge

Die Maispflanzen erreichten zwischen 230 und 300 cm Länge (vgl. Tabelle 32, Tabelle 33). In den ökologischen Versuchen waren sie um ca. 20 cm niedriger als in den konventionellen Versuchen. Abbildung 5 visualisiert eine tendenziell niedrigere Pflanzenlänge bei den Populationen im Vergleich zu den Hybridsorten, der Effekt tritt auch in den ökologischen Versuchen auf. Die Pflanzenlänge hat allerdings eine deutliche Korrelation zur Reife des Genotyps, denn ab der Blüte wird das Längenwachstum eingestellt. Dementsprechend zeigen frühreifende Genotypen geringere Pflanzenlängen als spätreifende. Daher zeigen die frühreifenden Populationen Weistep1, Weihen2, Weihen3 und 6803-201 niedrigere Pflanzenlängen als die später reifenden Populationen Evolino, Bogdan, Almito und die Hybridsorten.

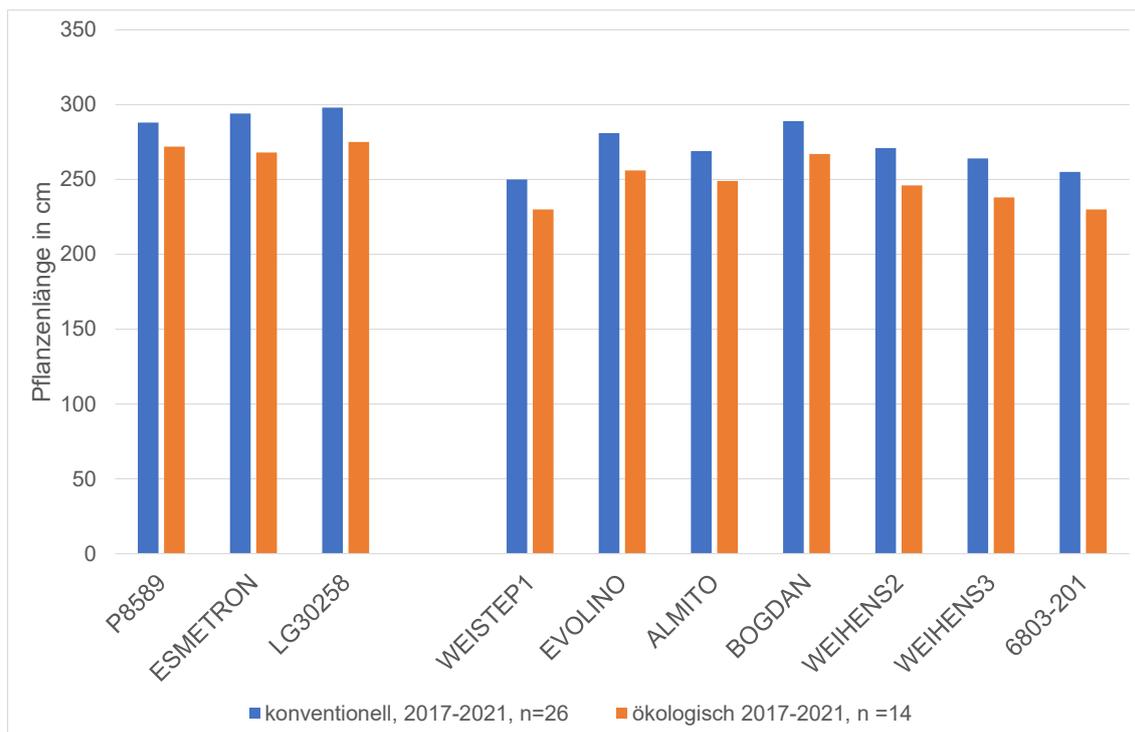


Abbildung 5 Pflanzenlänge in Abhängigkeit vom Anbausystem 2017-2022

Tabelle 32 Pflanzenlänge [cm] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

		Pflanzenlänge cm					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		4	6	6	5	5	22	26
1264	P8589	317	274	280	263	318	283	288
1337	ESMETRON	314	275	284	281	327	291	294
1420	LG30258	320	281	291	281	324	294	298
..	DSCHN.VRS	317	277	285	275	323		
1461	WEISTEP1	276	236	236	240	275	246	250
1512	EVOLINO	307	266	272	261	307	276	281
1512	ALMITO	293	249	255	256	304	265	269
1513	BOGDAN	313	271	281	273	317	285	289
1517	WEIHENS2	295	254	260	257	300	267	271
1517	WEIHENS3	283	251	250	253	293	261	264
1577	6803-201	276	240	242	242	287	252	255
1614	GABRIEL		274	277	273	319	285	
1615	6802-201		241	240	239	268	246	

Tabelle 33 Pflanzenlänge [cm] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Pflanzenlänge cm					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		2	3	3	3	3	12	14
1264	P8589	307	234	277	259	295	266	272
1337	ESMETRON	304	226	270	259	295	263	268
1420	LG30258	310	244	281	255	295	269	275
..	DSCHN.VRS	307	235	276	258	295		
1461	WEISTEP1	260	199	232	222	247	225	230
1512	EVOLINO	289	219	260	249	276	251	256
1512	ALMITO	290	214	245	236	274	242	249
1513	BOGDAN	309	237	267	250	288	261	267
1517	WEIHENS2	276	212	253	240	257	241	246
1517	WEIHENS3	260	205	242	238	251	234	238
1577	6803-201	260	202	227	223	248	225	230
1614	GABRIEL		238	273	260	290	265	
1615	6802-201		208	230	222	237	224	

4.2.2.9 Leistungsfähigkeit

Die absoluten Kornerträge der Populationen sind in Tabelle 34 für die konventionellen Versuche und Tabelle 35 für die Versuche unter ökologischen Anbaubedingungen dargestellt, die Relativerträge in Tabelle 36 und Tabelle 37. Die Anzahl der wertbaren Standorte lag bei den konventionellen Versuchen mit 4-6 Orten deutlich höher als bei den Ökoversuchen, bei denen nur 2-3 Standorte auswertbar waren. Insofern ist die Absicherung der Ergebnisse für den konventionellen Anbau höher als für die Aussage im ökologischen Anbau.

Die Kornerträge der Populationen aus konventionellem Anbau lagen zwischen ca. 67 dt/ha und 111 dt/ha, im ökologischen Anbau zwischen 60 dt/ha und 113 dt/ha. Im Vergleich dazu lagen die Erträge der drei Hybridsorten konventionell zwischen ca. 115-139 dt/ha und ökologisch zwischen 84-147 dt/ha, deutlich höher.

Erwähnenswert erscheint, dass im ökologischen Anbau die Populationen ihr Ertragspotential stabiler halten konnten im Vergleich zu den Hybridsorten. War der Ertrag bei den Hybridsorten im ökologischen Anbau um bis zu 12 % niedriger, lag dieser Wert bei den Populationen bei maximal 7 %.

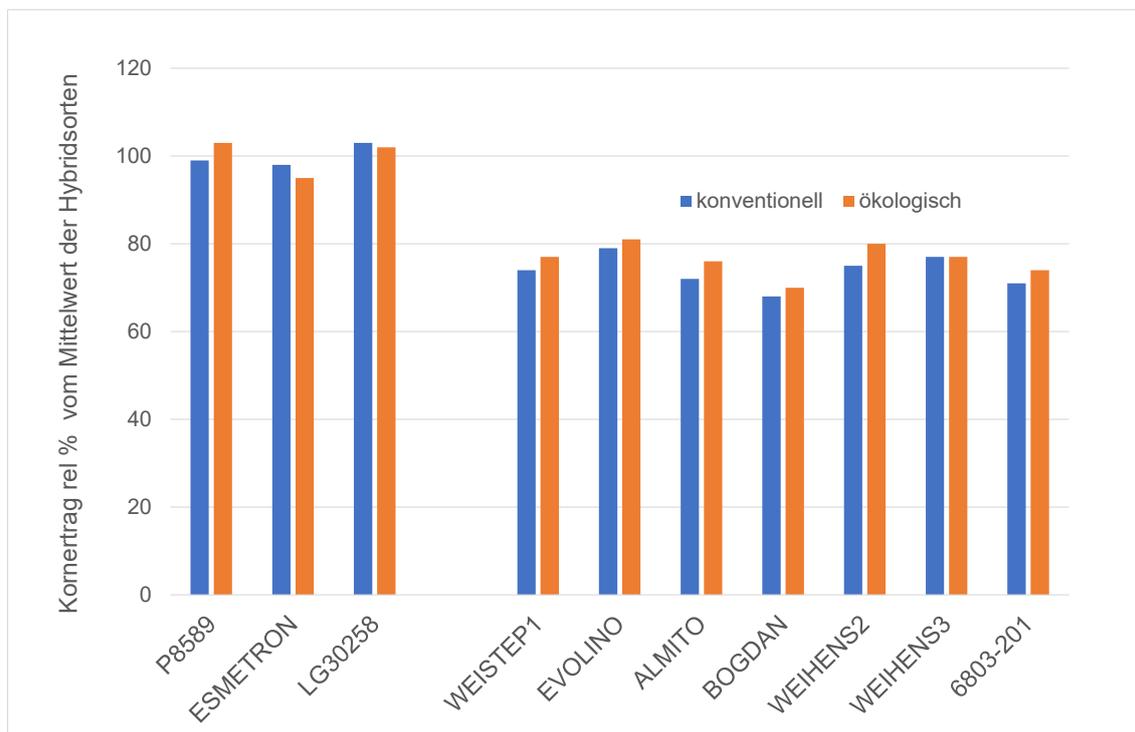


Abbildung 6 Kornertag relativ in % vom Mittelwert der Vergleichshybridsorten 2017-2021, 4-6 Standorte/Jahr konventionell, 2-3 Standorte/Jahr ökologisch

Die mittleren Relativerträge der einzelnen Populationen im Vergleich zum Mittelwert der Hybridsorten lagen über alle Jahre und Standorte hinweg zwischen 60 bis 80 % (konventionell) bzw. 69 bis 81 % (ökologisch).

In den einzelnen Jahren und an den jeweiligen Standorten erzielten die Populationen allerdings durchaus höhere Relativerträge. Wichtig ist festzuhalten, dass die einzelnen Populationen je nach Standort und Jahr vergleichbare (=100 %) und auch höhere Erträge (=113%) im Vergleich zu den Hybridsorten erreichten. Am häufigsten gut schnitten dabei die Populationen Evolino, Weihstep1 und 6803-201 ab.

Tabelle 34 Kornertag (86%TS) [dt/ha] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Kornertag (86%TS) dt/ha					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		5	4	6	5	5	20	25
1264	P8589	134,2	130,7	114,6	119,4	126,4	122,0	124,4
1337	ESMETRON	128,6	127,2	115,0	116,8	135,3	123,0	124,1
1420	LG30258	134,1	139,1	122,0	122,7	136,6	129,2	130,2
..	DSCHN.VRS	132,3	132,3	117,2	119,6	132,8		
1461	WEISTEP1	105,3	97,6	83,1	94,8	90,1	90,7	93,6
1512	EVOLINO	111,3	105,6	89,4	97,2	101,7	97,7	100,4
1512	ALMITO	99,1	95,4	80,7	88,2	92,6	88,5	90,6
1513	BOGDAN	96,4	91,2	74,0	79,4	92,9	83,5	86,1
1517	WEIHENS2	102,3	98,3	89,2	93,6	93,9	93,3	95,1
1517	WEIHENS3	102,4	104,1	85,8	99,4	95,3	95,2	96,7
1577	6803-201	95,1	96,1	76,9	89,6	93,8	88,1	89,5
1614	GABRIEL		81,8	67,2	73,9	79,2	74,8	
1615	6802-201		92,1	79,1	86,8	83,4	84,7	

Tabelle 35 Kornertag (86%TS) [dt/ha] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Kornertag (86%TS) dt/ha					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		3	3	2	2	2	9	12
1264	P8589	140,3	101,1	123,4	134,3	127,8	119,4	124,6
1337	ESMETRON	130,8	84,4	115,7	128,0	126,6	110,4	115,5
1420	LG30258	139,9	93,5	116,6	146,8	124,5	117,4	123,0
..	DSCHN.VRS	137,0	93,0	118,6	136,4	126,3		
1461	WEISTEP1	104,9	68,5	95,4	105,6	101,0	89,9	93,7
1512	EVOLINO	112,4	72,8	93,3	102,5	113,1	92,9	97,8
1512	ALMITO	99,1	79,0	85,2	94,2	99,3	88,3	91,0
1513	BOGDAN	95,9	65,8	80,0	101,2	81,5	80,3	84,2
1517	WEIHENS2	103,7	75,1	95,0	102,9	112,4	94,0	96,4
1517	WEIHENS3	100,9	71,5	86,2	108,5	101,3	89,6	92,4
1577	6803-201	97,4	66,8	76,4	106,5	109,7	87,3	89,8
1614	GABRIEL		59,8	76,0	91,7	107,9	81,2	
1615	6802-201		70,7	76,1	101,9	86,9	82,4	

Tabelle 36 Kornertag (relativ) [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Kornertag rel.					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		5	4	6	5	5	20	25
1264	P8589	101	99	98	100	95	98	99
1337	ESMETRON	97	96	98	98	102	99	98
1420	LG30258	101	105	104	103	103	104	103
..	DSCHN.VRS	132	132	117	120	133		
1461	WEISTEP1	80	74	71	79	68	73	74
1512	EVOLINO	84	80	76	81	77	78	79
1512	ALMITO	75	72	69	74	70	71	72
1513	BOGDAN	73	69	63	66	70	67	68
1517	WEIHENS2	77	74	76	78	71	75	75
1517	WEIHENS3	77	79	73	83	72	76	77
1577	6803-201	72	73	66	75	71	71	71
1614	GABRIEL		62	57	62	60	60	
1615	6802-201		70	68	73	63	68	

Tabelle 37 Kornertag (relativ) [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Kornertag rel.					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		3	3	2	2	2	9	12
1264	P8589	102	109	104	99	101	104	103
1337	ESMETRON	95	91	98	94	100	95	95
1420	LG30258	102	101	98	108	99	101	102
..	DSCHN.VRS	137	93	119	136	126		
1461	WEISTEP1	77	74	80	77	80	77	77
1512	EVOLINO	82	78	79	75	90	80	81
1512	ALMITO	72	85	72	69	79	77	76
1513	BOGDAN	70	71	67	74	65	69	70
1517	WEIHENS2	76	81	80	75	89	81	80
1517	WEIHENS3	74	77	73	80	80	77	77
1577	6803-201	71	72	64	78	87	75	74
1614	GABRIEL		64	64	67	85	69	
1615	6802-201		76	64	75	69	72	

4.2.2.10 Trockensubstanzgehalt

Der Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) wird maßgeblich vom Reifetyp, dem Saatzeitpunkt und den Vegetationsbedingungen beeinflusst.

Nach der Blüte steigt der TS-Gehalt im Kolben bzw. im Korn stetig an. Dementsprechend weisen Sorten mit früher Blüte höhere TS-Gehalte auf. Die Ergebnisse der Blühtermine ergaben eine frühere Blüte in den konventionellen Versuchen. Insofern ist es erwartungsgemäß, dass auch die TS-Gehalte höher sind im Vergleich zum ökologischen Anbau. Die Unterschiede im TS-Gehalt zwischen konventionellem und ökologischem Anbau lagen in der Größenordnung zwischen 3 und 5 %.

Dass Populationen im TS-Gehalt anders reagieren als die Vergleichshybriden, ließ sich nicht feststellen (vgl. Tabellen 38-41).

Tabelle 38 Trockensubstanzgehalt [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Trockensubstanz %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		5	5	6	5	5	21	26
1264	P8589	70,1	82,2	72,1	73,5	67,0	73,6	72,9
1337	ESMETRON	71,6	80,2	72,2	74,0	69,3	73,8	73,4
1420	LG30258	70,0	80,9	72,0	74,7	69,1	74,1	73,3
..	DSCHN.VRS	70,6	81,1	72,1	74,1	68,5		
1461	WEISTEP1	73,3	81,6	73,7	75,5	71,4	75,5	75,0
1512	EVOLINO	68,1	78,1	69,4	71,3	66,5	71,2	70,6
1512	ALMITO	69,7	77,8	69,3	71,6	68,8	71,8	71,4
1513	BOGDAN	67,3	76,1	68,4	70,6	67,1	70,4	69,8
1517	WEIHENS2	71,7	81,1	72,7	73,8	69,4	74,2	73,7
1517	WEIHENS3	74,0	82,0	73,7	75,3	71,3	75,5	75,2
1577	6803-201	73,3	81,9	73,3	75,1	71,9	75,4	75,0
1614	GABRIEL		73,3	64,2	67,5	64,4	67,2	
1615	6802-201		83,0	75,1	77,0	72,9	76,9	

Tabelle 39 Trockensubstanzgehalt [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Trockensubstanz %					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		3	3	1	2	2	8	11
1264	P8589	62,5	75,3	73,9	64,2	60,2	68,6	66,9
1337	ESMETRON	66,4	74,4	75,8	67,6	63,8	70,2	69,2
1420	LG30258	65,3	75,0	74,3	66,3	62,4	69,6	68,4
..	DSCHN.VRS	64,7	74,9	74,7	66,0	62,1		
1461	WEISTEP1	67,7	75,7	76,0	68,1	65,1	71,2	70,2
1512	EVOLINO	63,2	71,1	72,1	64,7	60,9	67,1	66,0
1512	ALMITO	65,1	71,8	71,8	65,9	61,6	67,8	67,0
1513	BOGDAN	63,2	69,2	70,7	64,6	61,4	66,3	65,4
1517	WEIHENS2	65,5	74,4	74,3	67,1	63,0	69,7	68,6
1517	WEIHENS3	67,7	76,3	76,2	68,4	64,5	71,4	70,4
1577	6803-201	68,3	76,0	75,1	69,0	64,9	71,4	70,5
1614	GABRIEL		65,4	67,2	62,3	60,3	63,6	
1615	6802-201		77,2	76,1	68,9	65,8	72,1	

Tabelle 40 Trockensubstanzgehalt relativ [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (konventionell)

Anzahl Ergebnisse		Trockensubstanz rel.					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		5	5	6	5	5	21	26
1264	P8589	99	101	100	99	98	100	99
1337	ESMETRON	101	99	100	100	101	100	100
1420	LG30258	99	100	100	101	101	100	100
..	DSCHN.VRS	71	81	72	74	68		
1461	WEISTEP1	104	101	102	102	104	102	103
1512	EVOLINO	96	96	96	96	97	96	96
1512	ALMITO	99	96	96	97	100	97	98
1513	BOGDAN	95	94	95	95	98	95	95
1517	WEIHENS2	102	100	101	100	101	101	101
1517	WEIHENS3	105	101	102	102	104	102	103
1577	6803-201	104	101	102	101	105	102	103
1614	GABRIEL		90	89	91	94	91	
1615	6802-201		102	104	104	106	104	

Tabelle 41 Trockensubstanzgehalt relativ [%] 2017-2021 und im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Trockensubstanz rel.					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		3	3	1	2	2	8	11
1264	P8589	97	101	99	97	97	99	98
1337	ESMETRON	103	99	102	102	103	101	102
1420	LG30258	101	100	99	100	100	100	100
..	DSCHN.VRS	65	75	75	66	62		
1461	WEISTEP1	105	101	102	103	105	103	103
1512	EVOLINO	98	95	97	98	98	97	97
1512	ALMITO	101	96	96	100	99	98	99
1513	BOGDAN	98	92	95	98	99	96	96
1517	WEIHENS2	101	99	99	102	101	100	100
1517	WEIHENS3	105	102	102	104	104	103	104
1577	6803-201	106	101	101	104	104	103	103
1614	GABRIEL	.	87	90	94	97	92	
1615	6802-201	.	103	102	104	106	104	

4.2.2.11 Tausendkornmasse

Die Tausendkornmasse (TKM) wird sowohl vom Genotyp als auch stark von der Umwelt beeinflusst. Ungünstige Wachstumsbedingungen wirken sich unmittelbar auf die Größe und Gewicht des einzelnen Maiskorns aus. Die TKM war unter ökologischen Anbaubedingungen niedriger als unter konventionellen. Der Verlust an TKM im ökologischen Anbau war bei den Hybridsorten viel ausgeprägter als bei den Populationen (Tabelle 42 und Tabelle 43). Die TKM streute bei den Populationen zwischen den Jahren weniger stark als bei den Hybriden, bei denen die Unterschiede zwischen den Jahren bis zu 52 und 58 g (konventionell-ökologisch) betrugen (vgl. Tabelle 42, Tabelle 43).

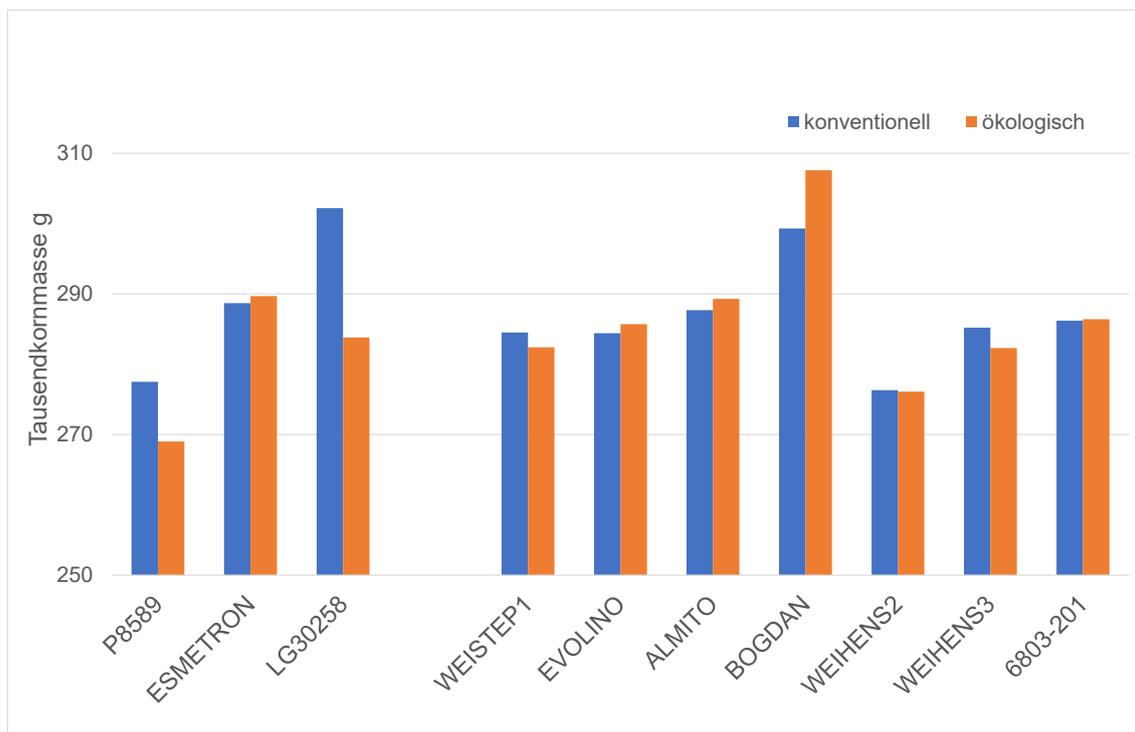


Abbildung 7 Tausend Kornmasse [g] 2017-2021 unter konventionellen und ökologischen Anbaubedingungen

Tabelle 42 Tausend Kornmasse [g] 2017-2021 im Mittel über die Jahre (konventionell)

	Tausend Kornmasse g					Mittel	Mittel
	2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
	3	6	6	5	5	22	25
Anzahl Ergebnisse	3	6	6	5	5	22	25
1264 P8589	304,7	259,5	264,1	279,0	297,5	273,8	277,5
1337 ESMETRON	333,9	263,5	284,8	282,5	302,5	282,5	288,7
1420 LG30258	318,4	277,7	301,0	303,4	322,3	300,0	302,2
.. DSCHN.VRS	319,0	266,9	283,3	288,3	307,4		
1461 WEISTEP1	294,4	262,1	285,6	286,0	302,4	283,1	284,5
1512 EVOLINO	304,3	262,9	275,4	288,2	305,3	281,7	284,4
1512 ALMITO	302,1	273,8	285,4	294,9	291,4	285,8	287,7
1513 BOGDAN	333,5	285,9	286,2	299,3	310,4	294,6	299,3
1517 WEIHENS2	294,3	257,1	274,9	278,5	288,2	273,9	276,3
1517 WEIHENS3	293,0	279,4	267,9	293,0	300,2	284,1	285,2
1577 6803-201	294,5	275,9	283,8	270,2	312,4	285,1	286,2
1614 GABRIEL		281,0	294,7	290,3	320,9	295,9	
1615 6802-201		258,9	271,1	282,0	282,5	272,8	

Tabelle 43 Tausendkornmasse [g] 2017-2021 im Mittel über die Jahre (ökologisch)

Anzahl Ergebnisse		Tausendkornmasse g					Mittel	Mittel
		2017	2018	2019	2020	2021	2018-2021	2017-2021
		1	3	2	2	2	9	10
1264	P8589	296,2	246,0	278,8	260,2	289,1	266,0	269,0
1337	ESMETRON	319,4	265,5	298,7	269,1	322,8	286,4	289,7
1420	LG30258	316,6	244,4	319,5	262,6	312,2	280,2	283,8
..	DSCHN.VRS	310,7	252,0	299,0	264,0	308,0		
1461	WEISTEP1	311,4	255,5	299,8	262,8	310,6	279,2	282,4
1512	EVOLINO	302,5	273,7	299,2	263,1	304,2	283,8	285,7
1512	ALMITO	302,0	265,4	320,8	276,2	300,5	287,9	289,3
1513	BOGDAN	323,8	301,1	322,1	281,6	320,9	305,8	307,6
1517	WEIHENS2	319,7	239,3	298,0	268,4	295,1	271,2	276,1
1517	WEIHENS3	316,1	257,4	291,5	271,0	305,0	278,6	282,3
1577	6803-201	299,7	262,9	303,3	263,6	320,7	284,9	286,4
1614	GABRIEL		266,2	323,9	280,9	308,1	291,6	
1615	6802-201		246,0	286,5	271,0	314,6	275,8	

4.2.2.12 Mykotoxine (DON-Gehalt)

Der Befall mit Mykotoxin bildenden phytopathogenen Pilzen spielt – ähnlich wie bei anderen Getreidearten – auch bei Körnermais eine große Rolle. Auf den Kolben und Körnern können unter ungünstigen Bedingungen eine ganze Reihe von Erregern meist aus der Gattung *Fusarium* identifiziert werden. Viele dieser Pilze bilden Mykotoxine als Stoffwechselprodukte. Im Körnermais wird vermehrt eine Belastung mit DON (Deoxynivalenol) festgestellt. Dieses Mykotoxin wird von *Fusarium graminearum* produziert. Die Gehalte sind sehr unterschiedlich in Abhängigkeit von Sorte und Standort und der Jahreswitterung. Die EU-Richtwerte für Futtermittel liegen für Mais als Ausgangserzeugnis zwischen 5.000 und 12.000 µg/kg und für Lebensmittel zwischen 750 und 1.750 µg/kg.

Bei der Verfütterung von Futtermitteln mit erhöhten Gehalten an Fusarientoxinen (Mykotoxinen) kommt es nachweislich zu Leistungseinbußen und Fruchtbarkeitsstörungen bei den Tieren. Zu den Leittoxinen zählen Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA). Deshalb wurden Orientierungswerte für Futtermittel erarbeitet. Bei DON ist der Orientierungswert von 1 mg/kg anzustreben, wenn das Erntegut für die Schweinefütterung bestimmt ist, 1,75 mg/kg gilt für Handelsware. Es ist zu beachten, dass diese Orientierungswerte für die Fütterung sich auf die Gehalte in der Gesamtration beziehen, die nicht ausschließlich aus Mais besteht.

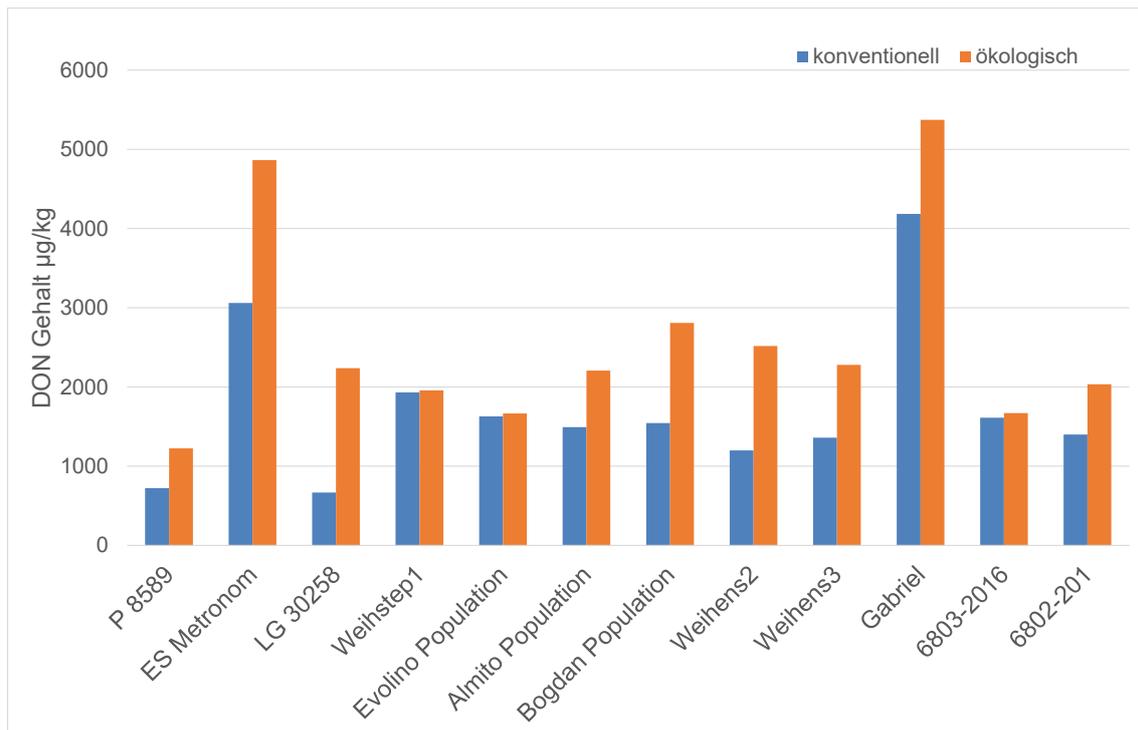


Abbildung 8 DON-Gehalte 2017-2021 in Abhängigkeit vom Anbausystem (6 Orte konventionell, 5 Orte ökologisch)

Da die DON-Gehalte sehr starken Jahres- und Ortseffekten unterliegen, wurde so vorgegangen, dass von allen Standorten der DON-Gehalt der anfälligen Hybridsorte ES Metronom voruntersucht wurde, um jene Standorte zu identifizieren, die auch wirklich eine Fusariumbelastung zeigen. Dies waren mit einer Ausnahme immer die bayerischen Versuchsstandorte.

Abbildung 8 zeigt die DON-Gehalte von den untersuchten Maispopulationen im Vergleich zu den drei Hybridsorten, wovon die Sorte ES Metronom als DON-anfällig galt.

Es war grundsätzlich ein deutlicher Unterschied zwischen konventionellem und ökologischem Anbau feststellbar. Im Schnitt über alle Jahre und Versuche waren die DON-Gehalte im ökologischen Anbau mit ca. 3.200 µg/kg TM fast doppelt so hoch im Vergleich zum konventionellen Anbau mit knapp 1.700 µg/kg (Tabelle 44).

Die Populationen verhielten sich unterschiedlich. Die höchsten Gehalte zeigten die Genotypen, die noch Landsortenmaterial in sich trugen (Gabriel und Roter Columbus). Mit Ausnahme dieser Genotypen lagen die DON-Gehalte der anderen Populationen zwischen den Minimum- und Maximum-Werten der Vergleichshybriden sowohl in den konventionell als auch in den ökologisch geführten Versuchen (Abbildung 8). Im Mittel erzielten die Populationen keine Werte unter 1.000 µg/kg.

Betrachtet man die einzelnen Jahre und Orte sieht die Situation jedoch anders aus (Tabelle 44). Da zeigte sich, dass besonders die Jahre 2017 und 2019 starke DON-Jahre waren. Interessanterweise mit umgekehrten Ergebnissen: 2019 waren die DON-Gehalte am ökologisch bewirtschafteten Standort höher als am konventionell bewirtschafteten Standort. 2019 lagen die Ergebnisse an denselben Standorten genau anders herum.

In den Jahren 2018, 2020 und 2021 zeigten auch verschiedene Maispopulationen an den Standorten niedrige Gehalte von deutlich unter 1.000 µg/kg. Betrachtet man die Unterschiede eines Genotyps zwischen den Jahren und Orten, so liegen die Populationen im selben Bereich der Vergleichshybriden mit Ausnahme der Populationen Gabriel und Roter Columbus

(vergleiche dazu Min-Max Delta in Tabelle 44). Im Mittel über alle Versuche ließ sich dennoch eine Tendenz zu höheren DON-Gehalten bei den Populationen feststellen.

4.2.2.13 Protein- und Stärkegehalt

Die Kornzusammensetzung spielt eine große Rolle für die Nutzung und Weiterverarbeitung von Körnermais. Für die Futtereignung ist der Proteingehalt ausschlaggebend. Im Rahmen des Vorhabens wurden jährliche Laboranalysen im hauseigenen Labor der LfL Bayern zu Rohprotein- und Stärkegehalt für jeweils zwei Standorte (1x öko, 1x konv) von TP2 durchgeführt.

Ergebnisse Rohproteingehalt

Der Rohproteingehalt in den verschiedenen Genotypen lag zwischen 7,3 und 11,3 %. Die Gehalte im ökologischen Anbau unterschieden sich nicht von den konventionellen Versuchen. Tendenziell erzielten die Populationen um ca. 1 % höhere Gehalte im Vergleich zu den Hybridsorten (vgl. dazu auch Tabelle 45 und Abbildung 9).

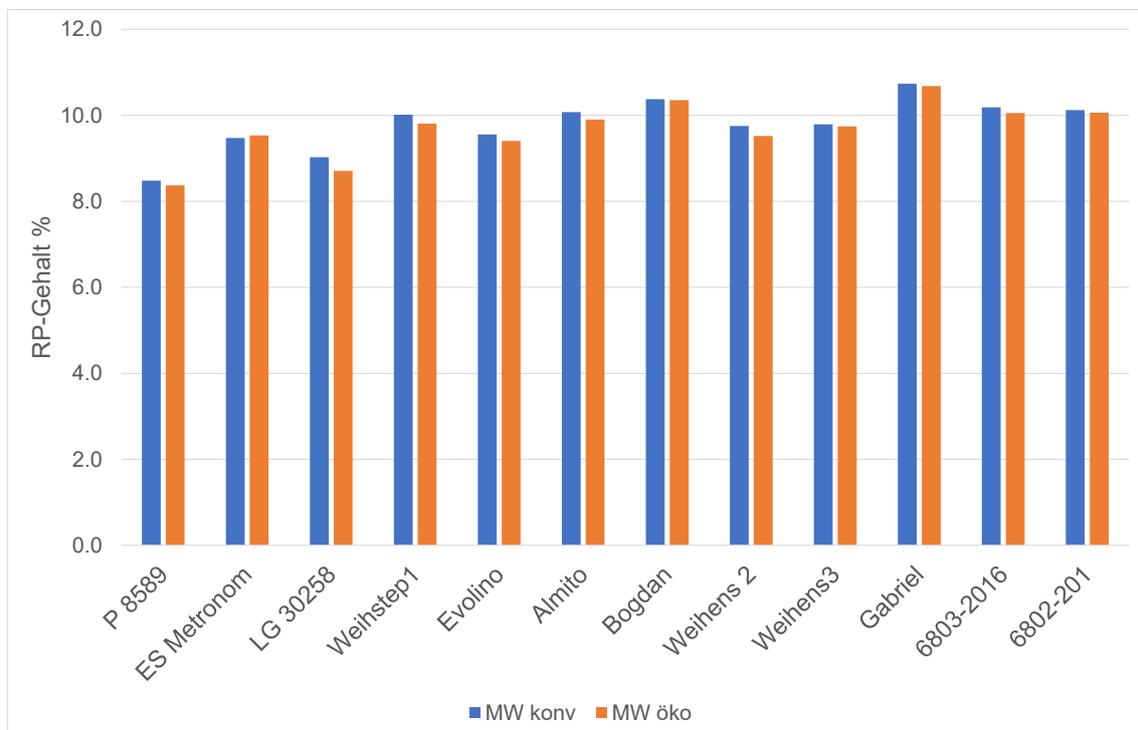


Abbildung 9 Rohproteingehalt [%] aus nasschemischen Analysen von je zwei Standorten (ökologisch und konventionell) aus TP2 2017-2020

Tabelle 44 DON-Gehalte [$\mu\text{g}/\text{kg TM}$] 2017-2021 an wechselnden Orten (Strassmoos, Frankendorf), ökologischer und konventioneller Anbau

	2017			2018			2019			2020			2021			MW			Min-Max
	konv	öko	MW	konv	konv	MW	konv	öko	MW	kon	öko	MW	konv	öko	MW	konv	öko	gesamt	
	Strass1	Strass2		Strass1	FD		Strass1	Strass2		Strass1	Strass2		Strass1	Strass2					
P 8589	2485	312	1399	636	14	325	1138	5262	3200	56	301	179	11	253	132	723	1226	874	5251
ES Metronom	9336	9492	9414	1101	604	852	3785	11039	7412	305	3030	1668	3234	755	1995	3061	4863	3641	10734
LG 30258	746	3506	2126	235	86	161	2401	7144	4773	80	257	169	455	277	366	667	2237	1306	7064
Weihstep1	5943	3180	4562	664	94	379	1973	5192	3582	437	962	700	2484	457	1471	1933	1958	1851	5849
Evolino	3974	2237	3106	720	187	454	3495	4500	3998	468	808	638	930	778	854	1629	1665	1681	4314
Almito	3424	1977	2701	425	677	551	3010	6750	4880	263	1670	967	1154	641	898	1492	2208	1816	6487
Bogdan	3732	3293	3513	1638	314	976	2880	8699	5789	315	1389	852	390	659	525	1545	2808	2039	8385
Weihens2	3189	3196	3193	287	426	357	2255	7172	4714	443	1805	1124	601	418	509	1200	2518	1717	6885
Weihens3	3848	2770	3309	408	134	271	2038	6535	4286	307	711	509	1423	1375	1399	1360	2278	1698	6401
Gabriel	18398	12402	15400	356	177	267	4582	13631	9107	205	252	229	1390	574	982	4185	5372	4145	18221
6803-2016	5277	2656	3967	1348	221	785	1870	4741	3306	249	516	383	699	433	566	1611	1669	1544	5056
6802-201	4000	4258	4129	536	131	334	1801	4385	3093	548	620	584	1383	907	1145	1400	2034	1602	4254
MW Gesamt	5363	4107	4735	696	255	476	2602	7087	4845	306	1027	667	1180	627	903	1734	2570	1993	6832

Tabelle 45 Rohproteingehalte an wechselnden Orten (Strassmoos und Frankendorf), ökologischer und konventioneller Anbau

RP-Gehalt %	2021			2020			2019			2018			2017			MW
	konv	öko	MW	konv	öko	MW	konv	öko	MW	konv	konv	MW	konv	öko	MW	gesamt
	Strass1	Strass2		Strass1	Strass2		Strass1	Strass2		Strass1	FD		Strass1	Strass2		
P 8589	7,8	7,6	7,7	9,6	8,4	9,0	9,0	9,3	9,2	7,2	9,2	8,2	8,0	8,2	8,1	8,4
ES Metronom	8,1	8,6	8,3	11,5	9,7	10,6	10,3	10,5	10,4	8,1	9,7	8,9	9,2	9,4	9,3	9,5
LG 30258	8,8	8,4	8,6	9,8	8,5	9,1	9,1	9,4	9,3	7,8	9,7	8,7	9,1	8,5	8,8	8,9
Weihstep1	8,9	9,5	9,2	10,9	9,7	10,3	10,9	10,2	10,6	9,1	10,7	9,9	9,6	9,8	9,7	9,9
Evolino	8,9	9,2	9,1	10,7	9,3	10,0	10,5	9,9	10,2	8,2	10,0	9,1	9,1	9,3	9,2	9,5
Almito	9,5	9,5	9,5	11,2	9,8	10,5	10,6	10,6	10,6	9,0	10,7	9,8	9,5	9,7	9,6	10,0
Bogdan	9,8	10,1	10,0	11,4	10,3	10,9	10,8	11,3	11,0	9,4	10,8	10,1	10,0	9,7	9,9	10,4
Weihens2	8,7	9,0	8,8	10,8	9,5	10,1	10,4	10,3	10,3	8,5	11,0	9,7	9,2	9,4	9,3	9,6
Weihens3	8,9	9,5	9,2	10,9	9,5	10,2	10,6	10,5	10,6	8,8	9,9	9,3	9,6	9,5	9,5	9,8
Gabriel	9,4	9,6	9,5	12,2	10,4	11,3	11,5	11,1	11,3	9,4	11,0	10,2	11,0	11,6	11,3	10,7
6803-2016	9,1	9,5	9,3	11,2	10,2	10,7	10,3	10,5	10,4	9,4	11,0	10,2	10,0	10,0	10,0	10,1
6802-201	9,3	9,8	9,5	11,0	9,9	10,4	10,9	10,8	10,8	9,2	10,7	9,9	9,8	9,7	9,7	10,1
MW Gesamt	8,9	9,2	9,1	10,9	9,6	10,3	10,4	10,4	10,4	8,7	10,4	9,5	9,5	9,6	9,5	9,7

Ergebnisse Stärkegehalt

Im Stärkegehalt zeigten sich keine Unterschiede, weder zwischen den Anbausystemen noch zwischen den Genotypen. Sie erzielten im Schnitt 75 % Stärke in der Trockenmasse.

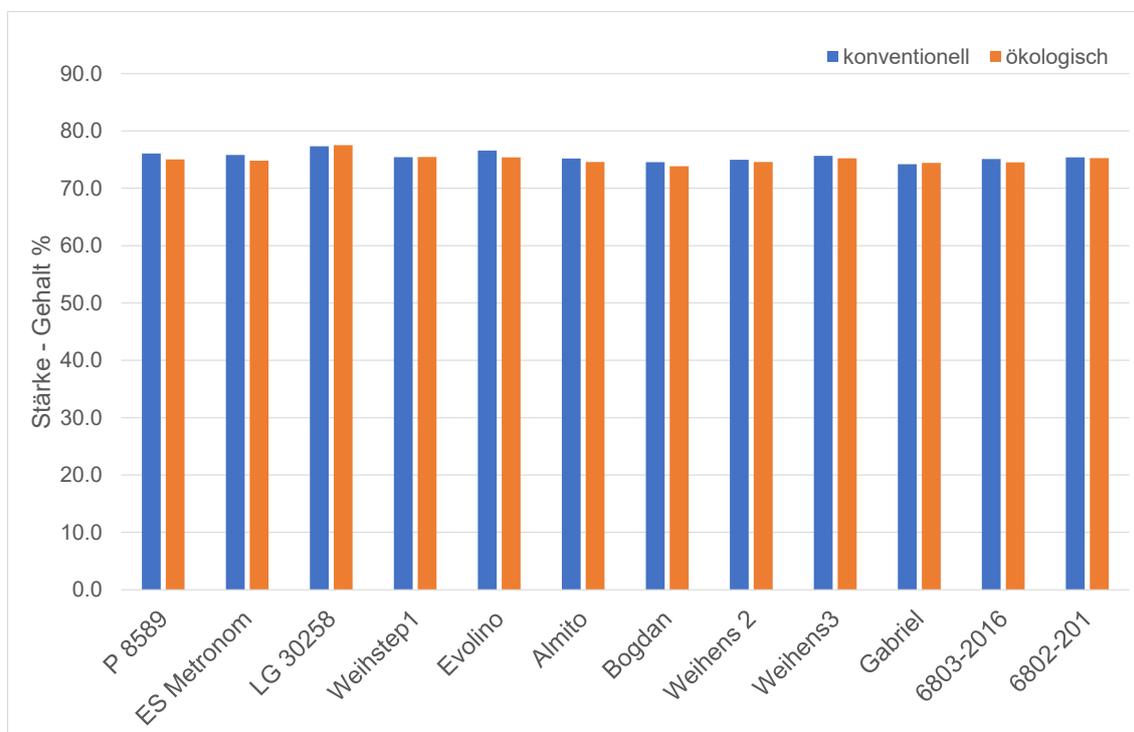


Abbildung 10 Stärkegehalt [%] aus nasschemischen Analysen von je zwei Standorten (ökologisch und konventionell) aus TP2 2017-2020

NIRS Kalibrierung

Zusätzlich zu den Laboranalysen sollte eine verbesserte Kalibrierung für das Nah-Infrarotspektrometer der FZD erstellt werden, um zukünftig den Rohprotein- und Stärkegehalt der Maispopulationen an ganzen Körnern messen zu können. Anhand der Laborergebnisse der LfL von 2017 wurde in Zusammenarbeit mit der Firma ZEISS eine neue Kalibrierung erstellt. Um die Belastbarkeit dieser neuen Kalibrierung zu prüfen, wurden die Korrelationen (nach Pearson) zwischen Laboranalysen und der neuen Kalibrierung erstellt (siehe Tabelle 46).

Tabelle 46 Übersicht über die Korrelation (nach Pearson) der Laboranalysen vs. alte Kalibrierung vs. neu erstellte Kalibrierung für Rohprotein- und Stärkegehalt an ganzen Maiskörnern

Vergleich	Pearson-Korrelation	
	Rohprotein	Stärke
Labor * alte Kalibrierung	0,68	0,35
Labor * neue Kalibrierung	0,85	0,42
Alte * neue Kalibrierung	0,82	0,87

Die Korrelationen zeigten eine deutliche Verbesserung der standardmäßigen Kalibrierung des Geräts von 0,17 für Rohprotein bzw. 0,07 für Stärke. Mit einer Korrelation von 0,85 konnte für Rohproteingehalt eine belastbare Kalibrierung erstellt werden, mit der weitergearbeitet werden konnte (vgl. TP1). Mit 0,42 ist die Kalibrierung für Stärkegehalt noch etwas zu schwach, diese wird weitere Daten aus Analysen benötigen, um weiter verbessert werden zu können.

4.2.3 Zusammenfassung und Diskussion

Die Untersuchungen der Maispopulationen zeigten, dass

- Die Populationen im Blühbeginn ähnlich reagierten wie die Vergleichshybriden, auch was den Abstand zwischen Beginn der Blüte und Erreichen der Vollblüte anging. Allerdings zeigte sich, dass die Populationen tendenziell eine längere Blühdauer sowohl bei der weiblichen als auch bei der männlichen Blüte aufwiesen. Zusätzlich war die Abstimmung der weiblichen und männlichen Vollblüte bei den Populationen z. T. deutlich weniger ausgeprägt als im Vergleich zu den Hybridsorten, welche nahezu zeitgleich blühten.
- Eine eindeutig höhere Robustheit gegenüber äußeren Einflüssen wie z.B. Witterungsextremen oder Schädlingen der Populationen aufgrund ihrer Heterogenität konnte in diesen Versuchen nicht festgestellt werden. Die Populationen zeigten im Vergleich zu den Hybridsorten generell ähnliche oder leicht höhere Anfälligkeiten.
- Grundsätzlich traten bestimmte Krankheiten oder Schädlinge im ökologischen Anbau weniger stark auf, wie beispielsweise Lager vor Ernte, Stängelfäule, Beulenbrand, Maiszünsler.
- Bei den DON-Gehalten zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Anbausystems. Im ökologischen Anbau waren die Werte nahezu doppelt so hoch. Tendenziell lagen die DON-Gehalte bei den Populationen höher im Vergleich zu den Hybridsorten, zeigten aber starke Abhängigkeiten vom Jahr und Ort.
- Der Ertrag der Populationen lag deutlich unterhalb dem der Vergleichssorten. Im Mittel erzielten die Populationen maximal 80 % der Vergleichshybridsorten. In Abhängigkeit vom Standort und Jahr erzielten sie vereinzelt auch konkurrenzfähige Erträge mit bis zu 100 % des Relativertrags.
- Der Rückgang des Ertrages im ökologischen Anbau war bei den Populationen geringer im Vergleich zu den Hybridsorten. Dasselbe ließ sich auch für die Tausendkornmasse feststellen, die im ökologischen Anbau bei den Populationen weniger stark sank. Dies deutet daraufhin, dass hier die Heterogenität eine Pufferfunktion übernehmen kann.
- Bei den Qualitätsmerkmalen Stärke und Rohprotein, zeigten die Stärkegehalte keinen Einfluss von Genotyp oder Anbausystem. Die RP-Gehalte lagen allerdings bei den Populationen um ca. 1 % höher, unabhängig vom Anbausystem.

Tabelle 47 Zusammenfassende Übersicht über Ertrags-, Agronomische- und Qualitätseigenschaften von Maispopulationen

	Unter konventionellen Anbaubedingungen haben Maispopulationen im Vergleich zu Hybridsorten	Unter ökologischen Anbaubedingungen haben Maispopulationen im Vergleich zu Hybridsorten
Blühbeginn	ähnlich	ähnlich
Dauer bis Vollreife	ähnlich	länger
Blühdauer	länger	noch länger
Zeitpunkt Abstimmung männlich/weibliche Blüte	unterschiedlich	unterschiedlich
Stängelbruch-Risiko?	höher	leicht erhöht
Risiko für Lager vor Ernte	ähnlich	geringer
Bestockungsneigung	ähnlich	stärker
Anfälligkeit für Stängelfäule	höher	geringer
Anfälligkeit für <i>Helminthosporium</i>	höher	höher
Anfälligkeit für Beulenbrand	ähnlich	geringer
Anfälligkeit für Maiszünsler	höher	geringer

Pflanzenlänge	oftmals kürzer	ähnlich
Kornertrag	geringer	stabiler
Trockensubstanzgehalt	vergleichbar	vergleichbar
Tausendkornmasse	ähnlich	vergleichbar/stabiler
DON-Gehalt	höher	noch höher
Stärke-Gehalt	vergleichbar	vergleichbar
Rohprotein-Gehalt	höher	höher

Es wurden agronomische und qualitative Merkmale und die Ertragsleistung von Maispopulationen in mehrjährigen umfangreichen Versuchen in Abhängigkeit vom Anbausystem geprüft. Es konnten Kenntnislücken zur Ertragsleistung und Robustheit von aktuellen, heterogenen Maispopulationen geschlossen werden.

Die Heterogenität in den untersuchten Populationen hatte keinen signifikanten positiven Effekt auf die Ertragsbildung, oder die Robustheit der Pflanzen. Die Ertragsstabilität bezogen auf den Kornertrag und das TKM war tendenziell höher, aber auf deutlich niedrigerem Niveau.

Es muss allerdings deutlich darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse in Bezug auf den ökologischen Anbau nur von maximal 3 Standorten generiert wurden, während die Ergebnisse aus dem konventionellen Anbau deutlich mehr Standorte (5 bzw. 6) beinhalten und daher besser abgesichert sind.

Hinzu kommt, dass generell die Streuungen und Abweichungen vom Mittelwert in den ökologischen Parzellen deutlich größer waren, als in den konventionell geführten Parzellen. Es ist also um einiges schwieriger, belastbare und reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, wenn die Versuche unter ökologischen Bedingungen durchgeführt werden.

Was bedeutet, dass die Anzahl der Versuche unter ökologischen Anbaubedingungen höher sein muss als unter konventionellen Bedingungen. In diesem Projekt war es genau andersherum. Dies lag daran, dass das BSA noch weitere Standorte bereitstellte. Ursprünglich wurde mit derselben Anzahl an ökologischen und konventionellen Standorten geplant.

Tabelle 48: Grenzdifferenzen der Kornerträge [dt/ha] der verschiedenen Versuchsstandorte (2017-2021)

	Ökologische Standorte				Konventionelle Standorte						
	FZD	GAUGö/ Kassel	LfL- Strass	MW öko	FZD	LfL- Strass	LfL- FD	Haß- loch	Magde- burg	Dach- wig	MW konv
2017	12	16	7	12	7	6		10	8	8	8
2018	18	15	18	17	29	13	6	7	10	30	16
2019	21	16	14	17	8	9	7	9	13	9	9
2020	18	21	7	15	7	16		5	9	7	9
2021	21	17	12	17	17	14		9	13	15	14
MW gesamt	18	17	12	16	14	12	7	8	11	14	11

Größere Streuungen zwischen den Einzelergebnissen bedeutet allerdings auch, dass Eigenschaften und Merkmale, die sich weniger stark unterscheiden, nicht signifikant messen lassen. So lassen sich einige unterschiedliche Eigenschaften bei den Populationen nur tendenziell absichern. Bei ähnlichen Fragestellungen sollte daher stärker auf die Anzahl und die Standortauswahl geachtet werden.

Die Züchtungsforschung zu offen abblühenden Maispopulationen ist relativ jung. Nur wenige Zuchtunternehmen und öffentliche Einrichtungen widmen sich diesem Thema. Die untersuchten Maispopulationen stammen alle aus den ersten Züchtungsaktivitäten der jeweiligen Einrichtungen. Somit ist nicht erstaunlich, dass das entstandene Material noch nicht konkurrenzfähig ist. Die Variation zwischen den verschiedenen Populationen zeigt jedoch, dass es Optimierungspotenzial gibt und Leistungssteigerungen in den nächsten Jahren möglich sind. Der zukünftige Forschungsfokus sollte auf die Erhöhung der Ertragsfähigkeit durch geeignete Auswahl der Genotypen gelegt werden.

4.3 Teilprojekt 3 – Anpassungsfähigkeit

4.3.1 TP3.1 Prüfung der Anpassungsfähigkeit

Genetisch diversen Populationen werden hinsichtlich der Anforderungen für ökologische und andere extensivierte Landbausysteme bedeutende Vorteile gegenüber homozygoten Linien bzw. heterozygoten aber homogenen Hybriden zugesprochen. Oft wurde konstatiert, dass eine ausgeprägte genetische Heterogenität innerhalb der Pflanze und der Population u. a. Ursache ihrer Leistungsstabilität ist und eine hohe Adaptionfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen mit sich bringt (Pixley 2006, Ceccarelli 1994, Tiwari et al. 2009, Pimbert 2010, Reif et al. 2005, Kutka, 2011, Arncken und Dierauer 2005, Emmanuel et al. 2014, Weltzien et al. 2003). Ob sich diese Anpassungsfähigkeit bei den aktuellen und noch sehr neuen Maispopulationen auch wiederfinden lässt, war die Frage in diesem Teilprojekt.

Dieses Teilprojekt wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit von Tobias Flakus ausgewertet und von Prof. Dr. Volker Mohler (TUM, LfL) begleitet. Die hier dargestellten Ergebnisse sind aus der Bachelorarbeit entnommen. Im Anhang findet sich der Link zur Arbeit.

Es wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Die Anpassung von Populationen an ihre Selektionsumwelt lässt sich im Ertragsverhalten messen. Populationen, welche an unterschiedliche Klimaräume bzw. Standorte angepasst wurden, unterscheiden sich im Ertrag signifikant voneinander und von der Ursprungspopulation.

Durch gemeinsame Vorarbeiten der LfL und FZD lag eine Population (Weihenstephaner 1) vor, die bereits mehrere Selektionszyklen sowohl an der LfL, Freising konventionell als auch am Dottenfelderhof ökologisch durchlaufen hatte. Diese beiden Varianten und die Ausgangspopulation wurden an den jeweiligen anderen Selektionsstandorten und vier weiteren Umwelten auf Ertrag geprüft.

4.3.1.1 Prüfglieder in Teilprojekt 3.1

Die Population Weihenstephaner 1 wurde an der LfL aus der Kreuzung von 10 verschiedenen Hybridsorten (20 Genotypen) entwickelt und über mehrere Jahre am Standort Freising in Isolierlage unter konventioneller Bewirtschaftung angebaut und selektiert. Seit 2014 ist sie als Erhaltungssorte zugelassen (Eder B. 2018, Bundessortenamt 2021).

Weihenstephaner 1-LfL (W1-LfL) ist die Population, welche seit 2015 für drei Selektionszyklen an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Freising unter konventioneller Bewirtschaftung angebaut wurde. Nach jedem Anbauzyklus wurde die Population auf gesunde und ertraglich beste Kolben per Hand selektiert, die für den nächsten Selektionszyklus verwendet wurden (positive Massenauslese).

Weihenstephaner 1-DOT (W1-Dot) ist die Population, welche seit 2015 für drei Selektionszyklen am Dottenfelderhof (Forschung & Züchtung Dottenfelderhof, FZD) in Bad Vilbel (Hessen) unter ökologischer Bewirtschaftung angebaut wurde. Am Dottenfelderhof erfolgte eine vergleichsweise „lockere“ Selektion der Population W1-Dot durch positive Massenauslese.

Als Vergleich dienten die Ausgangspopulation Weihenstephaner 1 vor der Teilung in 2015, nachfolgend als *W1-Ursprung* bezeichnet sowie zwei Hybridsorten als Vergleichssorten, die an beiden Selektionsstandorten gute Leistungen erzielten.

4.3.1.2 Versuchsaufbau Teilprojekt 3.1

Die fünf Prüfglieder (2 Hybridsorten, W1-Ursprung, W1-LfL, W1-DOT) wurden an drei Standorten unter konventionellen sowie ökologischen Anbaubedingungen von 2018 bis 2021 dreifach wiederholt, randomisiert im Block angebaut und anschließend auf Kornertragsleistung geprüft. Im Jahr 2020 konnten an allen Versuchsstandorten nur 2 statt 3 Wiederholungen ausgesät werden, da nicht ausreichend Saatgut zur Verfügung stand.

4.3.1.3 Ergebnisse Teilprojekt 3.1

Kornertrag der Prüfglieder – über alle Jahre, Orte und Produktionssysteme

Die Abbildung 11 zeigt die Kornerträge der Prüfglieder gemittelt über alle Jahre, Orte und Produktionssysteme. Es wurden statistisch signifikante Ertragsunterschiede festgestellt. Der durchschnittliche Kornertrag der Populationen lag zwischen 67 und 78 dt/ha. Die Vergleichshybriden erzielten mit ca. 99 dt/ha im Durchschnitt die höchsten Erträge und unterschieden sich signifikant von den Populationen. Die Ursprungspopulation und die Population W1-Dot erzielte mit ca. 67 dt/ha durchschnittlich den niedrigsten und die Population W1-LfL mit ca. 78 dt/ha den höchsten Kornertrag. Die Population W1-LfL unterschied sich signifikant von der Population W1-Dot.

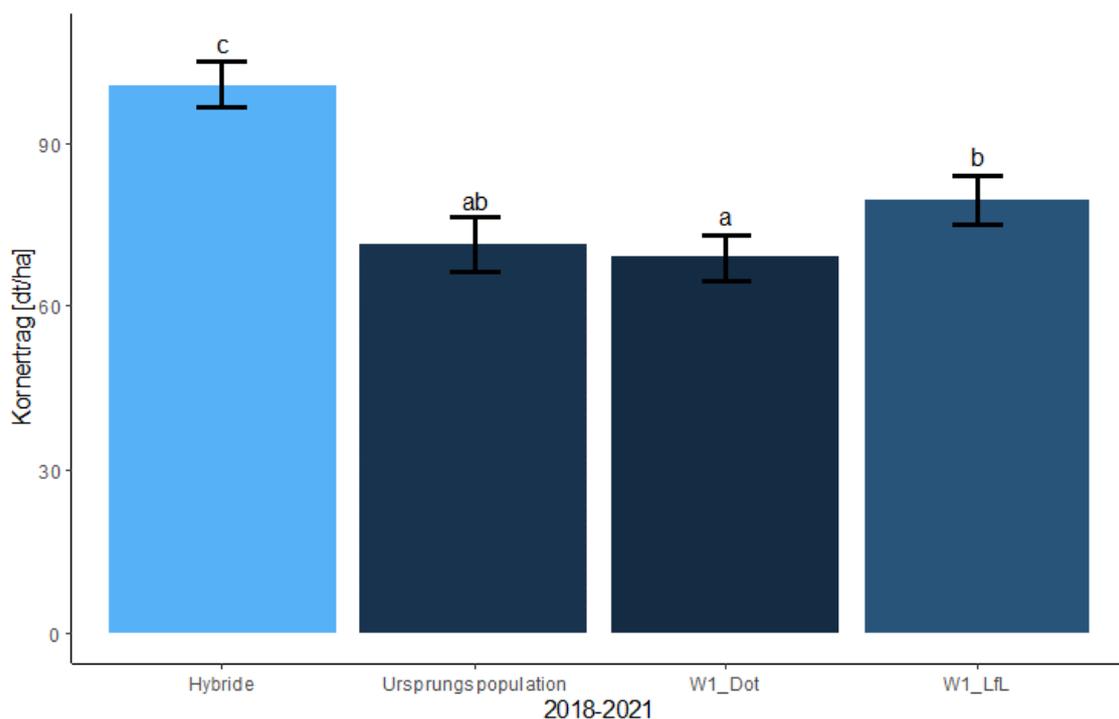


Abbildung 11 Kornerträge der Sorten über alle Versuchsjahre gemittelt. Dargestellt sind die Mittelwerte für Ertrag in dt/ha. Großbuchstaben geben signifikant unterschiedliche Werte auf dem Niveau $p \leq 0,05$ an. Die Fehlerbalken sind die Standardfehler der Mittelwerte.

Kornertrag der Prüfglieder – in Abhängigkeit der Jahre

Im Jahr 2019 wurden die höchsten Erträge mit ca. 87 dt/ha erzielt. Das Jahr 2018 war deutlich das schlechteste Anbaujahr. Mit ca. 63 dt/ha waren die Erträge um ca. 20 dt/ha geringer als in den weiteren Versuchsjahren. Die Jahre 2020 und 2021 verliefen mit Erträgen von ca. 79 und 82 dt/ha ähnlich (siehe

In den einzelnen Jahren zeigte sich dasselbe Bild wie in den Ergebnissen über alle Jahre: Die Hybriden lieferten den höchsten Ertrag, die Ursprungspopulation und die Selektion am Dottenfelderhof den niedrigsten Ertrag, W1-LfL lag immer dazwischen. 2018 und 2020 ließen sich diese Ergebnisse nicht absichern.

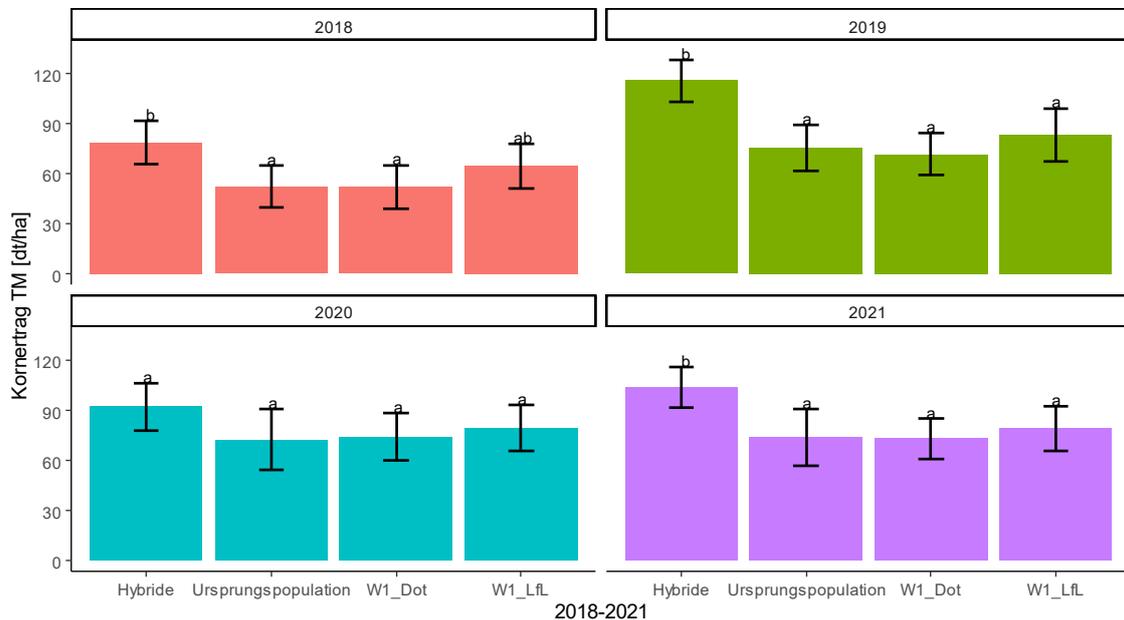


Abbildung 12 Kornertrag der Genotypen in Abhängigkeit der Versuchsjahre. Signifikanzniveau $p \leq 0,05$

Kornertrag in Abhängigkeit der Standorte

Der höchste Ertrag wurde im Durchschnitt aller Prüfglieder mit ca. 87 dt/ha in Strassmoos generiert, welcher sich nicht signifikant vom Standort Dottenfelderhof (ca. 86 dt/ha) unterschied (Tabelle 49). Am Standort Reinshof wurden mit ca. 63 dt/ha deutlich niedrigere Erträge gemessen.

An allen Standorten erzielte die Population W1-LfL tendenziell die höchsten Erträge unter den Populationen. W1-Ursprung und die Population W1-Dot unterschieden sich nicht im Ertrag und lieferten die niedrigsten Erträge durchweg (vgl. Abbildung 13).

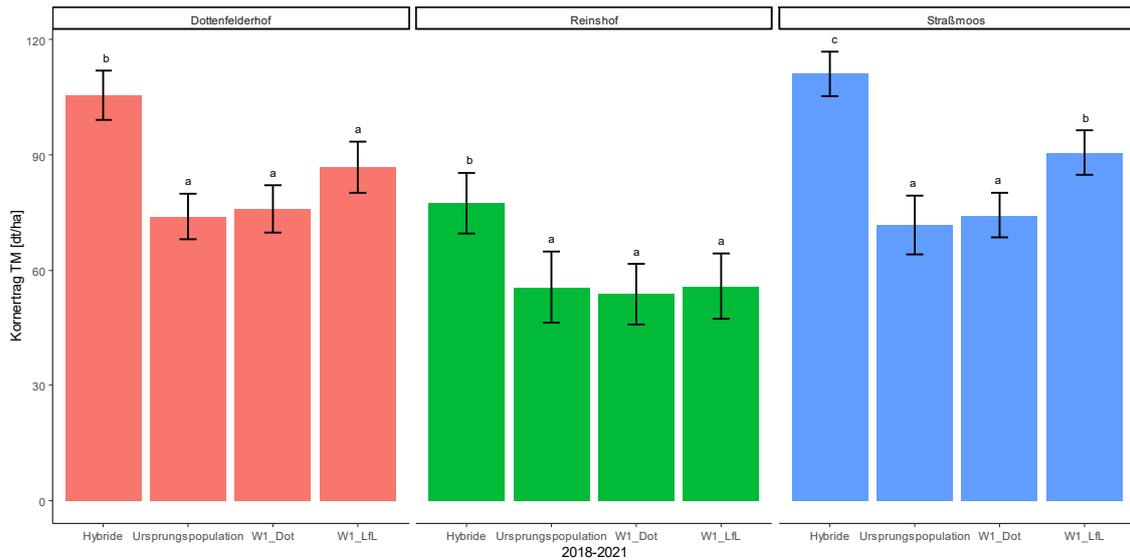


Abbildung 13 Kornerträge der Sorten in Abhängigkeit des Ortes. Dargestellt sind die MW für Ertrag [dt/ha]. Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant unterschiedliche Werte auf dem Niveau $p \leq 0,05$ an. Die Fehlerbalken sind die Standardfehler der Mittelwerte.

Kornertrag in Abhängigkeit der Produktionssysteme

Der Tabelle 49 ist zu entnehmen, dass die Kornerträge auf konventionellen Flächen (ca. 94 dt/ha) deutlich höher als die auf ökologischen Flächen (ca. 79 dt/ha) waren. Die ökologischen Flächen generierten durchschnittlich 85% des Kornertrages der konventionellen. Die Hybriden erzielten auf ökologisch bewirtschafteten Flächen einen um ca. 19 dt/ha niedrigeren Ertrag.

Auch in diesem Vergleich verhielten sich die Populationen ähnlich: In beiden Anbausystemen lieferten die niedrigsten Erträge die W1-Ursprung und die W1-Dot (vgl. Abbildung 14).

Der Ertragsunterschied zwischen den unterschiedlichen Anbausystemen (konventionell und ökologisch) in Abbildung 14 wurde als Delta TM-Ertrag dargestellt und stellt die Differenz zwischen den Erträgen unter konventionell und ökologisch bewirtschafteten Versuchsfeldern dar.

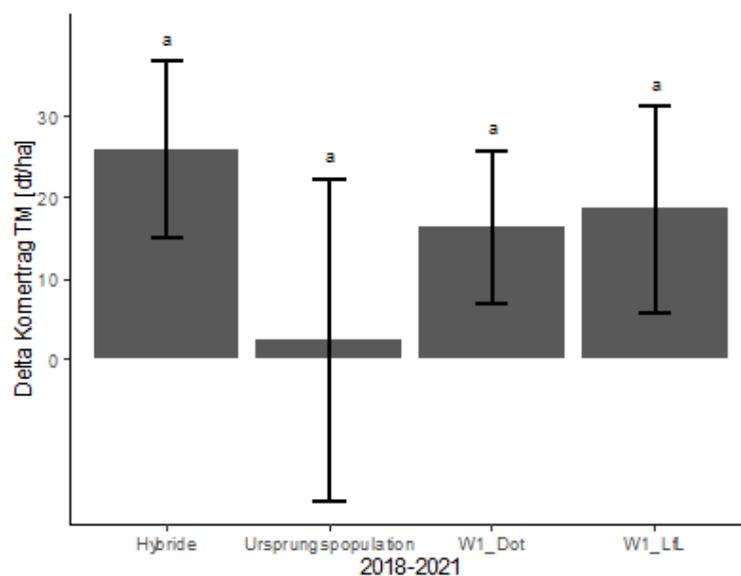


Abbildung 14 Dargestellt sind die MW der Ertragsdifferenzen [dt/ha] der Produktionssysteme konventionell und ökologisch. Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant unterschiedliche Werte auf dem Niveau $p \leq 0,05$ an. Die Fehlerbalken sind die Standardfehler.

Die Abbildung 15 macht deutlich, dass bei den untersuchten Populationen tendenziell geringere Ertragsdifferenzen zwischen konventionellen und ökologischen Flächen auftreten. Im Schnitt war der Unterschied zwischen den Anbausystemen bei den Populationen W1-LfL und W1-Dot um ca. 9 dt/ha niedriger im Vergleich zu den Hybridsorten. Die tendenziell geringste Ertragsdifferenz wurde bei der Ursprungspopulation mit ca. 2 dt/ha festgestellt.

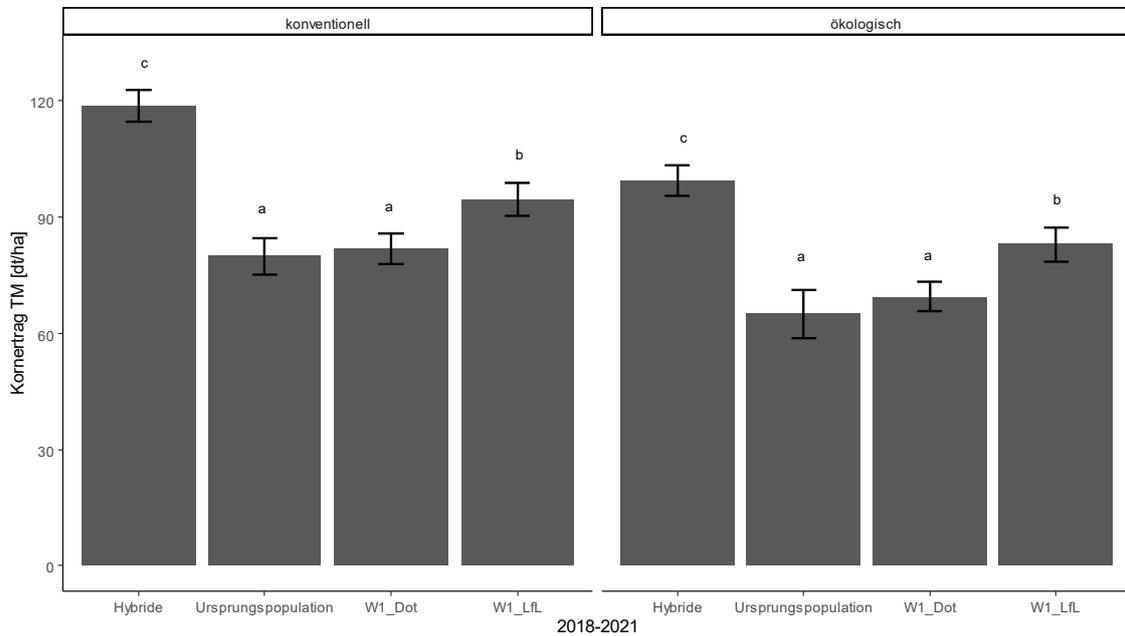


Abbildung 15 MW der Kornträge [dt/ha] in Abhängigkeit vom Produktionssystem (konventionell, ökologisch). Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant unterschiedliche Werte auf dem Niveau $p \leq 0,05$ an. Die Fehlerbalken sind die Standardfehler.

Tabelle 49 Ergebnisse aus TP3.1 für alle Standorte, ökologisch und konventionell, über alle Jahre gemittelt und Einzelwerte aller Prüflinge 2018-2021

Genotypen	Über alle J.		2018		2019		2020		2021	
MW	77,6		62,8 a		87,4 b		78,7 b		82,2 b	
Hybride	98,6 c		80,2 b		115,6 b		91,4 a		104,9 b	
Ursprungspop.	67,5 ab		51,9 a		75,4 a		71,1 a		70,7 a	
W1_Dot	66,8 a		52,7 a		71,8 a		73,2 a		74,5 a	
W1_LfL	77,5 b		66,5 ab		86,8 a		79,0 a		78,5 a	
Produktionssystem ohne Reinshof	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko
MW	93,5 b	79,0 a	82,6 b	57,6 a	99,2 b	77,0 a	90,3 a	91,8 a	102,1 b	89,7 a
Hybride	118,4 c	99,2 c	108,7 c	71,4 b	136,0 c	98,2 b	94,9 a	114,9 c	134,1 b	112,1 b
Ursprungspop.	79,7 a	64,9 a	64,1 a	45,7 a	80,5 a	65,0 a	92,5 a	72,3 a	81,9 a	76,5 a
W1_Dot	81,7 a	69,3 a	69,3 a	46,8 a	77,6 a	63,1 a	86,8 a	80,8 ab	93,0 a	86,5 a
W1_LfL	94,4 b	82,8 b	88,5 b	66,4 b	102,5 b	81,8 ab	87,2 a	99,2 bc	99,2 a	83,7 a

Genotypen	2018						2019					
	Str		Dot		Rei	Str		Dot		Rei		
Standorte	Str		Dot		Rei	Str		Dot		Rei		
MW	70,1 b		67,8 b		50,7 a	88,3 a		87,3 a		86,5 a		
Hybrid 2	91,3 b		84,8 b		64,5 a	120,4 c		115,2 b		111,2 b		
Ursprungspop.	54,6 a		55,9 a		45,3 a	71,7 ab		74,4 a		80,0 a		
W1_Dot	57,1 a		57,8 a		43,4 a	69,8 a		71,8 a		73,7 a		
W1_LfL	77,4 b		72,7 ab		49,5 a	91,4 b		88,0 a		81,0 a		
Produktionssystem ohne Reinshof	konv	öko	konv	öko	konv	konv	öko	konv	öko	konv		
Hybride	128,6 c	47,0 a	88,9 b	95,7 c	64,3 a	134,3 b	102,2 c	137,6 c	94,2 b	111,1 b		
Ursprungspop.	81,4 a	32,6 a	46,7 a	58,7 a	45,1 a	79,2 a	68,7 ab	81,8 ab	61,3 a	79,7 a		
W1_Dot	89,5 ab	28,5 a	49,1 a	65,1 ab	43,2 a	80,0 a	53,6 a	75,3 a	72,5 ab	73,6 a		
W1_LfL	111,7 bc	48,4 a	65,3 ab	84,4 bc	49,4 a	101,7 a	87,4 bc	103,3 b	76,1 ab	81,0 a		

Genotypen	2020						2021					
	Str		Dot		Rei	Str		Dot		Rei		
Standorte	Str		Dot		Rei	Str		Dot		Rei		
MW	84,7 b		97,5 b		53,9 a	104,6 b		89,3 b		52,5 a		
Hybrid 2	101,2 b		109,8 a		63,2 a	131,2 b		111,7 b		71,7 b		
Ursprungspop.	72,5 a		88,9 a		51,9 a	88,6 a		76,9 a		46,5 ab		
W1_Dot	76,3 a		92,1 a		51,3 a	94,1 a		81,8 a		57,6 a		
W1_LfL	88,6 ab		99,0 a		49,4 a	104,7 a		86,9 a		44,0 a		
Produktionssystem ohne Reinshof	konv	öko	konv	öko	konv	konv	öko	konv	öko	konv		
Hybride	107,7 b	120,1 b	82,0 a	109,7 c	62,8 a	136,5 b	121,3 b	131,7 b	102,9 b	71,5 b		
Ursprungspop.	57,9 a	80,8 a	127,0 b	63,8 a	51,3 a	82,2 a	78,7 a	81,6 a	74,2 ab	46,1 ab		
W1_Dot	52,9 a	85,8 a	120,6 b	75,7 ab	50,9 a	97,9 a	99,9 ab	88,1 a	72,4 a	47,4 a		
W1_LfL	63,3 a	102,6 ab	111,1 ab	95,8 bc	49,0 a	105,0 a	100,6 ab	93,4 a	67,4 a	43,8 a		

4.3.1.4 Diskussion Teilprojekt 3.1

Im vorliegenden Versuch sollte die Anpassungsfähigkeit von Maispopulationen geprüft werden. Es wurde angenommen, dass die Populationen sich an "ihre" Selektionsumwelt angepasst haben und diese Anpassung sich im Ertragsverhalten messen lässt. Es war zu erwarten, dass durch die Selektion auf Reife, Ertrag, Gesundheit und Sortentyp, eine genetische Veränderung im Vergleich zur Ausgangspopulation stattgefunden hat. Dementsprechend sollten sich die Populationen signifikant im Ertrag voneinander und von der Ursprungspopulation unterscheiden. Da die Selektion auf Ertrag ausgerichtet war, war außerdem anzunehmen, dass der Ertrag der beiden weiterselektierten Populationen höher ist als der der Ursprungspopulation.

Diese Annahmen, dass eine ausgeprägte genetische Heterogenität innerhalb der Pflanze und der Population u. a. Ursache ihrer Leistungsstabilität ist und eine hohe Adaptionfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen mit sich bringt, wurden oft beschrieben (Pixley 2006, Ceccarelli 1994, Tiwari et al. 2009, Pimbert 2010, Reif et al. 2005, Kutka 2011, Arncken und Dierauer 2005, Emmanuel et al. 2014, Weltzien et al. 2003).

Die Ergebnisse zeigten, dass eine Anpassung stattgefunden hat und die auch im Ertrag messbar wurde. Allerdings waren die Ertragsveränderungen nicht ausreichend, sodass sie nicht durchgehend statistisch abgesichert werden konnten. Nur die Population W1-LfL zeigte durchgehend merklich höhere Erträge im Vergleich zur W1- Ursprung. Allerdings war auch diese Ertragsveränderung nicht immer absicherbar. Die Population W1-Dot hat sich ertraglich kaum von der W1-Ursprung entfernt. Möglicherweise waren die Anpassungszeiträume an die jeweiligen Standorte zu kurz, um signifikante Ertragsunterschiede zu ermöglichen. Am Standort Dottenfelderhof erfolgten insgesamt drei Selektionszyklen. Hinzukommt eine geringere Selektionsintensität, die wahrscheinlich dazu geführt hat, dass sich die Pop W1-Dot nicht so deutlich verändert hat.

Im Gegensatz dazu zeigt die Population W1-LfL deutliche Veränderungen im Ertrag. Sie konnte sich auch länger an den Standort anpassen, da ihre Entwicklung bis zur Anmeldung der Population ja bereits am Standort durchgeführt wurde. Möglicherweise haben das und die höhere Selektionsintensität zu einer stärkeren Veränderung des Ertrags geführt. Auch ein Einfluss durch die Person, welche selektiert, wird hier möglicherweise wirksam. Am Dottenfelderhof erfolgte die Selektion der Population W1-Dot nach eigenen Angaben weit weniger intensiv, während in Freising deutlich strenger selektiert wurde. Möglicherweise hatte auch die unterschiedliche Populationsgröße einen Einfluss auf die Selektionsintensität und den Selektionserfolg. In Freising wurde aus ca. 2000 Pflanzen selektiert, am Dottenfelderhof aus ca. 10.000. Ähnliche Erklärungen finden Döring et al. (2011b) in ihrem Review über „evolving crop populations“.

Insgesamt waren die Ertragsergebnisse der Hybridsorten im Vergleich zu den deutschlandweiten Ergebnissen im ähnlichen Bereich. Die Erträge lagen in den Versuchsjahren von 2018-2021 bundesweit bei ca. 92 dt/ha (DMK 2021). Im Vergleich dazu lagen die Erträge der untersuchten Hybridsorten mit ca. 98 dt/ha ähnlich hoch. Wie erwartet erzielten die Hybriden signifikant höhere Erträge als die Populationen (Macharia et al. 2010, Eder et al. 2017). Das kann vor allem auf den Heterosiseffekt zurückgeführt werden, welcher bei den Populationen wesentlich geringer ausfällt.

Bemerkenswert sind die geringeren Ertragsunterschiede zwischen den Prüfgliedern unter ungünstigen Bedingungen. In den deutlich trockeneren Jahren 2018 und 2020 waren die Ertragsunterschiede zwischen den Sortentypen um ca. 14 dt/ha geringer als in den anderen Versuchsjahren. Vor allem die Population W1-LfL näherte sich den Erträgen der Vergleichshybriden an (Tabelle 49). Diese schnitten unter trockenen Bedingungen wesentlich schlechter als unter normalen Verhältnissen ab. Sie generierten im Durchschnitt um ca. 25

dt/ha geringere Erträge. Die Populationen dagegen erzielten nur um ca. 10 dt/ha geringere Erträge. Es scheint sich hier zu bestätigen, dass durch die genetische Breite der Populationen diese in der Lage sind, sich besser an die trockenen Verhältnisse anzupassen (Tirado und Cotter 2010, Murphy et al. 2005). Murphy (2005) stellte außerdem fest, dass genetisch breitere Populationen in Trockenperioden einen Ertragsvorteil gegenüber Hybriden haben, da Hybride hauptsächlich unter günstigen Bedingungen (high input) selektiert werden. Besonders am Standort Reinshof wurden bei allen Genotypen deutlich niedrigere Erträge als an den anderen Versuchsstandorten gemessen. Hier unterschieden sich in den trockeneren Jahren 2018 und 2020 die Prüfglieder nicht. Offen abblühende Populationen sind laut Murphy (2005) durch ihre genetische Diversität ertragsstabiler in Umwelten, die nicht im Züchtungsprozess der Hybridsorten berücksichtigt wurden. Möglicherweise wird dies am Standort Reinshof sichtbar.

Der Vergleich zwischen den Anbausystemen erfolgte nur an den Standorten Dottenfelderhof und Strassmoos. Unter konventionellen Bedingungen wurden durchschnittlich um ca. 14 dt/ha höhere Erträge als unter ökologischen Bedingungen generiert (Abbildung 15). Die Hybriden generierten zwar unter beiden Systemen die höchsten Erträge, der Ertragsunterschied zu den Populationen war unter ökologischen Bedingungen aber tendenziell niedriger. Die ökologische Landwirtschaft ist ein Low-Input-System, da auf den Einsatz von chemischem Pflanzenschutz sowie das Ausbringen von mineralischem Dünger verzichtet wird (Knapp 2021). Die höhere genetische Vielfalt verleiht Populationen ein gesteigertes Anpassungsvermögen an derartige abiotische Stressfaktoren (Lana et al. 2017). Dies könnte erklären, warum die im vorliegenden Versuch verwendeten Populationen ihr Ertragsniveau besser zu halten scheinen als die Vergleichshybridsorten.

Insgesamt hat der Versuch gezeigt, dass die Anpassungseffekte auch bei aus Hybridsorten erstellten Populationen messbar sind. Bemerkenswert ist, auch wenn nicht signifikant dann doch tendenziell, wie schnell diese genetischen Anpassungsprozesse bei offen abblühenden Populationen messbar werden. Nach nur drei Jahren unterschiedlicher Selektionsumwelt haben sich die Populationen deutlich voneinander entfernt.

4.3.2 TP3.2. Einfluss der Anzahl der Genotypen in einer Population auf Leistungsfähigkeit und –stabilität

4.3.2.1 Durchführung Teilprojekt 3.2

Für die Entwicklung von neuen Populationen wird aktuell auf leistungsfähige Hybriden zurückgegriffen, die entweder gezielt miteinander gekreuzt werden oder in Isolierlage offen abblühen. Die Populationen können dabei aus einer unterschiedlichen Anzahl von Genotypen aufgebaut werden. In den Feldversuchen in TP3.1 wurde untersucht, wie die Leistungsfähigkeit und Leistungsstabilität der Populationen von der Anzahl der konstituierenden Genotypen abhängen.

Dazu wurden Populationen mit definierter Anzahl an Genotypen verglichen, die Populationen POP12 und POP34 aufgebaut aus jeweils zwei Hybriden (d. h. aus je 4 Genotypen) sowie die Population POP1234 (aus allen acht Genotypen):

- POP12, die Test-Population der LfL mit der Nr. 6801-2017, aufgebaut aus den Hybridsorten 1 und 2 (H1 und H2) bereits sechs Vegetationsperioden selektiert,
- POP34, die Test-Population der LfL mit der Nr. 6802-2017, aufgebaut aus den Hybridsorten 3 und 4 (H3 und H4) ebenso bereits sechs Vegetationsperioden selektiert und
- POP1234, die Test-Populationen der LfL mit der Nr. 6810-2017, aufgebaut aus POP12 und POP34 bereits zwei Vegetationsperioden selektiert.

Selektiert wurde an der ganzen Pflanze im Feld auf Phänotyp, Pflanzengesundheit (v.a. Beulenbrand, Fusarium Zünsler), hoher Kolbenansatz, voller gefüllter Kolben, Korntyp, und

Lageranfälligkeit. Die Kolbengewichte und TS-Gehalte der aus dem Feld selektierten Kolben wurden im Labor geprüft und selektiert.

Alle drei Populationen wurden 2017 in Isolierlage nochmals selektiert und von 2018 bis 2021 an der LfL und von der FZD konventionell und ökologisch sowie an der GauGö/Universität Kassel konventionell geprüft. Zum Vergleich wurden die Ausgangshybriden (H1-H4) angebaut.

4.3.2.2 Ergebnisse Teilprojekt 3.2

Abbildung 16 zeigt die Ergebnisse der Prüfungen gemittelt über alle Jahre, Orte und Anbausysteme (konventionell und ökologisch). Die Populationen erzielten Kornerträge zwischen 85-95 dt/ha und die Hybridsorten zwischen 100-115 dt/ha.

Die Erträge der Populationen POP12 und POP34 lagen bei 83,6 % und 84,9 % der Mittelwerte der zugehörigen Ausgangshybriden 1 und 2 bzw. 3 und 4, bei einer Ertragsdifferenz zwischen den Populationen und Hybridpaaren von jeweils ca. 17 dt/ha. Die Ausgangshybriden 1 und 2 erzielten höhere Erträge als die Hybriden 3 und 4. Dies zeigte sich auch in den daraus entwickelten Populationen: Der Ertrag von POP12 lag mit knapp 94 dt/ha etwas höher als jener von POP34 mit 88,5 dt/ha (Tabelle 50).

Die Population mit der höchsten Anzahl an Genotypen, POP1234, erzielte den geringsten Kornertrag mit 88 dt/ha. Dieser lag etwas unter jenem der Population 34 und bei 81,3 % im Vergleich zum Mittelwert aller vier Elternhybriden (H1 - H4).

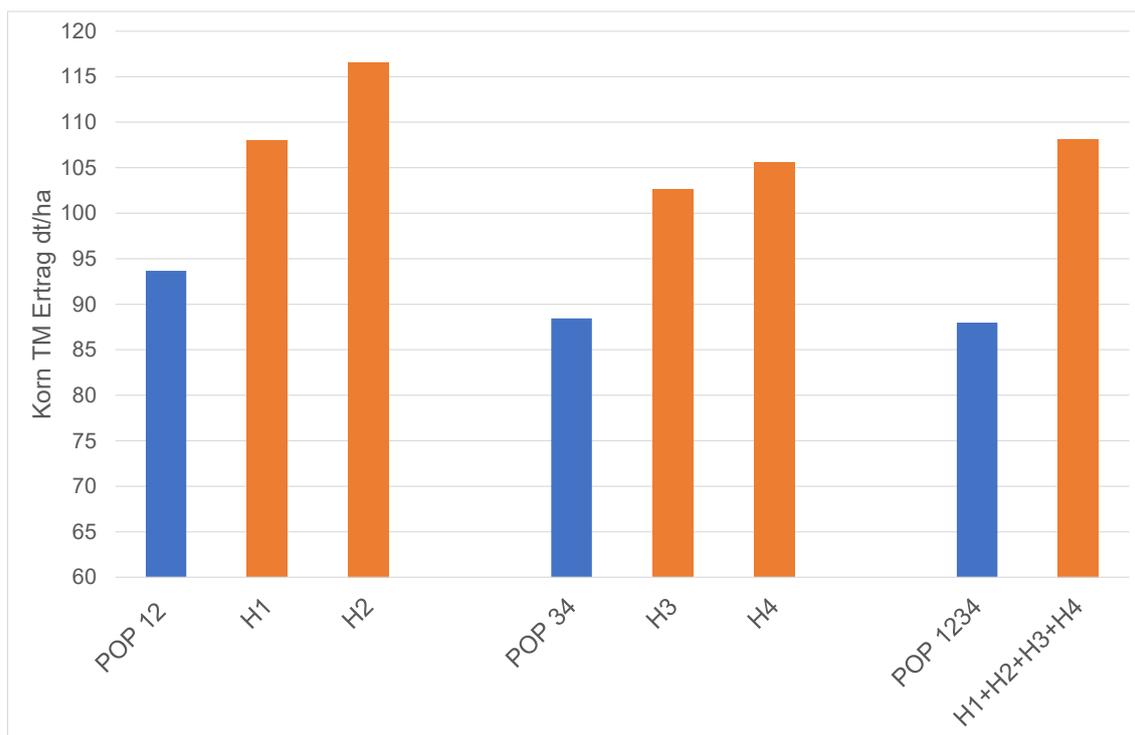


Abbildung 16 Kornerträge von Populationen, aus 2 oder 4 Hybriden entwickelt, im Vergleich zu den Ursprungshybridsorten (Mittelwerte 2018-2021, 3 Orte konv, 2 Orte öko)

Tabelle 50 Kornertag (86 % TM) dt/ha der Populationen (POP) und Hybridsorten (H) (Mittelwerte 2018-2021, über n=3 Orte konv, n=2 Orte öko). Mittelwerte innerhalb einer Spalte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant nach dem LSD-Test ($\alpha = 0,05$). Die Buchstaben in der ersten Spalte bezeichnen die in den Populationen und Hybriden enthaltenen Genotypen. MW Mittelwert, TM: Trockenmasse

KornTM/ha Populationen / Hybride	Gesamt (n=5)	Öko (n=2)	Konv (n=3)
POP12	93,7 cd	88,5 bc	97,1 bc
H1	108,0 abc	101,9 abc	112,0 ab
H2	116,6 a	113,9 a	118,5 a
MW H1 + H2	112,1 ab	107,9 ab	114,9 ab
POP34	88,5 d	85,5 c	90,4 c
H3	102,6 abcd	96,9 abc	106,8 abc
H4	105,6 abc	102,1 abc	107,9 abc
MW H3 + H4	104,2 abc	99,5 abc	107,3 abc
POP1234	88,0 d	85,7 c	89,5 c
MW H1 + H2 + H3 + H4	108,2 abc	103,7 abc	111,1 ab

Um die Hypothese zu überprüfen, ob Populationen eine höhere Leistungsstabilität bezüglich sich ändernder Standort- und Jahresbedingungen als Hybridsorten aufweisen, wurde in Tabelle 51 die Umweltvarianz (Becker und Léon 1988) der Prüfglieder berechnet. Eine Umwelt bezeichnet dabei eine spezifische Standort- und Jahreskombinationen. Eine höhere Leistungsstabilität ist charakterisiert durch eine *niedrigere* Umweltvarianz (Ist der Ertrag eines Prüfgliedes in allen Umwelten gleich hoch, ist die Umweltvarianz null).

Die Populationen zeigten sowohl im konventionellen wie im ökologischen Anbau tendenziell geringere Umweltvarianzen als die Ausgangshybriden. Der Unterschied konnte im Falle der Population POP1234, welche die niedrigste Umweltvarianz aller Prüfglieder aufwies, über alle Standorte im Vergleich zu den Hybridsorten 1, 2 und 4 auch statistisch abgesichert werden (s. Tabelle 51).

Wird der absolut höhere Ertrag der Hybridsorten berücksichtigt, relativiert sich der Vorteil der Populationen. Die Populationen POP12 und POP1234 weisen jedoch immer noch die niedrigsten Variationskoeffizienten auf, niedriger als jene der Hybridsorten und Mittelwerte der Hybridsorten (Werte nicht dargestellt).

Zur Illustration der unterschiedlichen Leistungsstabilität der Populationen und Ausgangshybridsorten sind in Tabelle 51 jeweils die Ertragsdifferenzen zum Vorjahr für alle Prüfglieder dargestellt. Beispielsweise erzielte die POP12 im Jahr 2019 einen im Durchschnitt über alle Prüfstandorte um 9,0 dt/ha höheren Ertrag als im Vorjahr 2018. Die zugehörigen Ausgangshybriden (H1 + H2) erzielten einen um 19,6 dt/ha höheren Ertrag. Aus den Werten in Tabelle 51 zeigt sich die Tendenz der höheren Ertragsstabilität der Populationen im Vergleich zu den Hybridsorten.

Tabelle 51 Leistungsstabilität der Populationen und ihrer Ausgangshybridsorten: Ertragsdifferenz zum Vorjahr in den Jahren 2019 bis 2021 und Umweltvarianz. In der ersten Spalte sind die absoluten (abs.) Kornträge der Prüfglieder im Jahr 2018 angegeben. Die mit einem Stern (*) bezeichneten Werte in der letzten Spalte unterscheiden sich signifikant von der Umweltvarianz von der POP1234 (F-Test).

Jahr	2018	2019	2020	2021	Umweltvarianz
	abs.	rel.	rel.	rel.	
	konventionell dt/ha				(dt/ha) ²
POP 12	99,2	7,6	-29,4	27,5	481
POP 34	91,8	7,7	-24,6	20,5	752
POP 1234	92,2	7,9	-30,1	25,6	432
H1	112,5	19,2	-53,4	46,8	1006
H2	120,9	14,6	-57,2	21,6	1230
H3	99,6	29,4	-53,7	12,3	921
H4	108,5	19,7	-53,5	45,3	847
H1 + H2	116,7	16,9	-55,3	52,8	1021
H3 + H4	104,1	24,5	-53,6	46,4	812
H1+H2+H3+H4	110,4	20,7	-54,4	49,6	883
	ökologisch dt/ha				(dt/ha) ²
POP 12	69,9	11,0	31,1	-20,5	659
POP 34	62,9	18,6	15,5	3,6	373
POP 1234	74,1	10,1	18,5	-21,1	431
H1	77,7	20,7	13,8	7,3	719
H2	85,3	26,7	11,5	11,2	757
H3	75,4	26,3	12,0	-17,1	347
H4	75,8	25,4	12,9	3,5	1126
H1 + H2	81,5	23,7	12,7	9,2	731
H3 + H4	75,6	25,8	12,4	-6,8	560
H1+H2+H3+H4	78,6	24,8	12,6	1,2	622
	gesamt dt/ha				(dt/ha) ²
POP 12	87,5	9,0	-5,2	8,3	540
POP 34	80,3	12,0	-8,5	13,8	579
POP 1234	85,0	8,8	-10,7	6,9	413
H1	98,6	19,8	-26,5	31,0	873*
H2	106,7	19,4	-29,7	17,5	983*
H3	89,9	28,1	-27,4	0,5	671
H4	95,4	22,0	-26,9	28,6	914*
H1 + H2	102,6	19,6	-28,1	35,4	873
H3 + H4	92,7	25,1	-27,2	25,1	692
H1+H2+H3+H4	97,7	22,3	-27,6	30,3	754

4.3.2.3 Diskussion Teilprojekt 3.2

Die Ergebnisse zeigen, dass die Auswahl der Ausgangshybriden einen starken Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Populationen hatte, auch wenn es sich bei allen Hybriden um hochleistende Sorten handelte. Die ertragsstärkeren Hybriden 1 und 2 lieferten auch eine ertragsstärkere Population POP12 im Vergleich zu den ertragsschwächeren Hybridsorten 3 und 4 und der Population POP34.

Die Kombination aller Genotypen in der Population POP1234 führte nicht zu einer weiteren Leistungssteigerung, sondern im Gegenteil erzielte diese Population sogar einen leicht niedrigeren Ertrag als POP34. Die Annahme, dass Populationen aufgebaut aus einer größeren Anzahl von Genotypen leistungsfähiger sein müssten als Populationen aus weniger Genotypen, konnte dementsprechend in den Versuchen nicht bestätigt werden. Für synthetische Populationen haben Kutka und Smith (2007) (siehe auch Kutka 2011) gezeigt, dass die leistungsstärksten Populationen aus 5-10 Linien (Genotypen) aufgebaut waren. In den über mehrere Vegetationsperioden selektierten Populationen konnten entsprechende Ertragsvorteile nicht festgestellt werden.

Die genetische Heterogenität der verwendeten Hybridsorten wurde nicht (durch molekulargenetische Analysen) gemessen, sondern angenommen. Die Hybridsorten stammten von verschiedenen Züchterhäusern, wobei die Untersuchungen aus Teilprojekt 5 zeigten, dass sich die Sorten verschiedener Züchterhäuser klar genetisch differenzieren lassen. Allerdings reichen in diesen hochspezifischen Analysen bereits wenige unterschiedliche Allele aus, um eine klare Differenzierung zu ermöglichen. Möglicherweise unterschieden sich die verwendeten Hybridsorten in wichtigen ertragsrelevanten Merkmalen nur wenig, sodass deren Kombination dann auch nicht zu einer Ertragssteigerung führen konnte. Bei der Auswahl der Genotypen sollte wie in TP4 ausgeführt auch der Heterosisabfall und die Kombinationsfähigkeit besonders berücksichtigt werden.

Es bestehen verschiedene Erklärungsmöglichkeiten für den geringeren Ertrag der Population POP1234 im Vergleich zur POP34. Zu beachten gilt es insbesondere den Einfluss der Selektion (2 vs. 6 Selektionszyklen). In heterogeneren Populationen können auch die wertvollen Allelkombinationen, welche durch die Hybridzüchtung in den (Paaren von) Inzuchtlinien verankert wurden, durch Rekombination schneller aufgebrochen werden als in Populationen aus weniger Genotypen.

In Bezug auf die Leistungsstabilität konnten interessante Ergebnisse erzielt werden. Die Populationen erwiesen sich in den Versuchen in der Tendenz als ertragsstabiler. Und hier zeigte sich ein Vorteil hinsichtlich der Anzahl der Genotypen: Die Population POP1234, die aus den meisten Genotypen aufgebaut war, wies die höchste Ertragsstabilität (geringste Umweltvarianz) auf. Diese war auch signifikant höher als von drei der vier Hybridsorten. Hier konnten die Ergebnisse von Kutka (2011), Arncken und Dierauer (2005), Emmanuel et al. (2014), Weltzien et al. (2003) und Haak (2022) bestätigt werden.

Zusammenfassend legen die Ergebnisse nahe, für die Entwicklung von Populationen ertragsstarkes Ausgangsmaterial mit einer hohen Kombinationsfähigkeit auszuwählen, welches aus vielen verschiedenen genetischen Herkünften stammt.

4.4 Teilprojekt 4 – Erstellen einer neuen Ausgangspopulation

Da die Züchtungsforschung für Populationen vor ca. 60 Jahren nahezu komplett eingestellt wurde, standen für die Entwicklung einer neuen Ausgangspopulation keine Genpools zur Verfügung.

Als Basis für diese Arbeiten dienten das Zuchtmaterial und die Daten aus umfangreichen Vorarbeiten der GZPK und der LfL. Die Auswahl und Zusammenstellung neu zu integrierenden Pflanzenmaterials erfolgte anhand bereits vorliegender Rohdaten zu Eigenleistung, S1-Leistung, der Allgemeinen Kombinationsfähigkeit, Reife und Verwandtschaftsverhältnissen (Markeranalyse) von ca. 90 Hybriden der GZPK. Diese sollte mit einer Auswahl von den aktuellen Listensorten komplettiert werden. An der LfL wurden 2015 bereits Selbstungen hergestellt, und 2016 bereits S1-Prüfungen von etwa 10 Hybriden durchgeführt.

Allgemeines Ziel der Auswahl der neuen Genotypen war eine hohe Ertragsleistung und eine gute Kombinationsfähigkeit. Für besonders wichtig wurden folgende Kriterien definiert:

- Gute allgemeine Performance (Aufgang, Jugendentwicklung, Standfestigkeit, Fusariumanfälligkeit, Zünsler, etc.)
- Hohe Ertragsleistung der Hybride und ihrer S1
- Geringer Ertragsabfall (Heterosisverlust durch Nachbau) zwischen Hybride und S1-Hybride
- Geringer Grad der Verwandtschaft (Genanalyse, Herkunft/Züchter)
- Reife (früh bis 220, mittelfrüh bis 250 und mittelspät ab 260)
- Aktuelles Material, dem aktuellen Zuchtfortschritt entsprechend

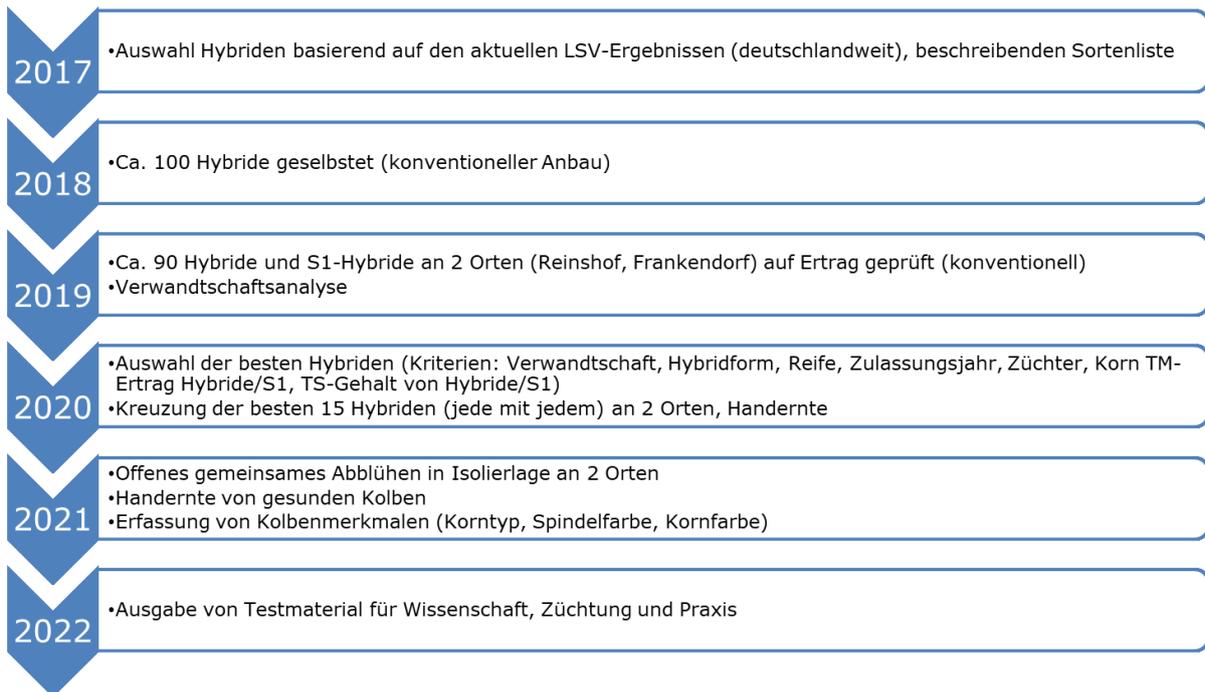


Abbildung 17 Zeitlicher Ablauf zur Entwicklung einer neuen Ausgangspopulation

So wurden im Jahr 2018 ca. 100 aktuelle Hybridsorten geselbstet (Abbildung 18) und 2019 die Selbstungen und die dazugehörigen Hybriden an zwei Orten in zweifacher Wiederholung getestet.



Abbildung 18 Foto Zuchtgarten – Selbstungen oder Kreuzungen von Hybridsorten. Die Kolbenansätze werden mit Plastiktüten bedeckt und so vor Fremdbefruchtung geschützt. Der gewünschte Pollen wird in der Papiertüte eingesammelt und dann auf die Narbenfäden der gewünschten Mutter gebracht. Anschließend wird die braune Papiertüte übergestülpt und der Kolben wächst innerhalb der Tüte heran.

Angaben zu den ausgewählten Sorten sind in Tabelle 52 dargestellt. Die Sorten sollten möglichst aktuell sein und in der Reife zusammenpassen. Daraus ergab sich eine Mischung des Korntyps zwischen hartmaisähnlich und dem Zwischentyp. Bei den 16 verschiedenen Züchtern dominierten die Firmen KWS Saat AG und Limagrain GmbH.

Tabelle 52 Auswahl und Herkunft der Sorten für die neue Ausgangspopulation

Zulassungs-jahr	Anzahl Sorten	Reife	Anzahl Sorten	Hybrid-typ	Anzahl Sorten	Korntyp	Anzahl Sorten	Züchter	Anzahl Sorten
2017	8	früh	29	S	79	(ha)	25	AIC	2
2016	27	mfrüh	63	T	13	(Ha)/Zw	4	Causcade	5
2015	15	spät	0			(Za)	6	Codisem/Causcade	1
2014	11					Ha	1	DSV	1
2013	12					Za	3	Euralis	4
2012	6					Zw	45	Farmsaat/Moreau	10
2011	2					Zw/(Ha)	8	KWS	28
2010	7							LG	17
2009	0							Maisadour	1
2008	1							Mosanto	2
2007	2							Pioneer	7
2006	1							RAGT	2
								Saatbau Linz	1
								Saatzucht Gleisdorf	2
								Strube	1
								Syngenta	8
Summe	92		92		92		92		92

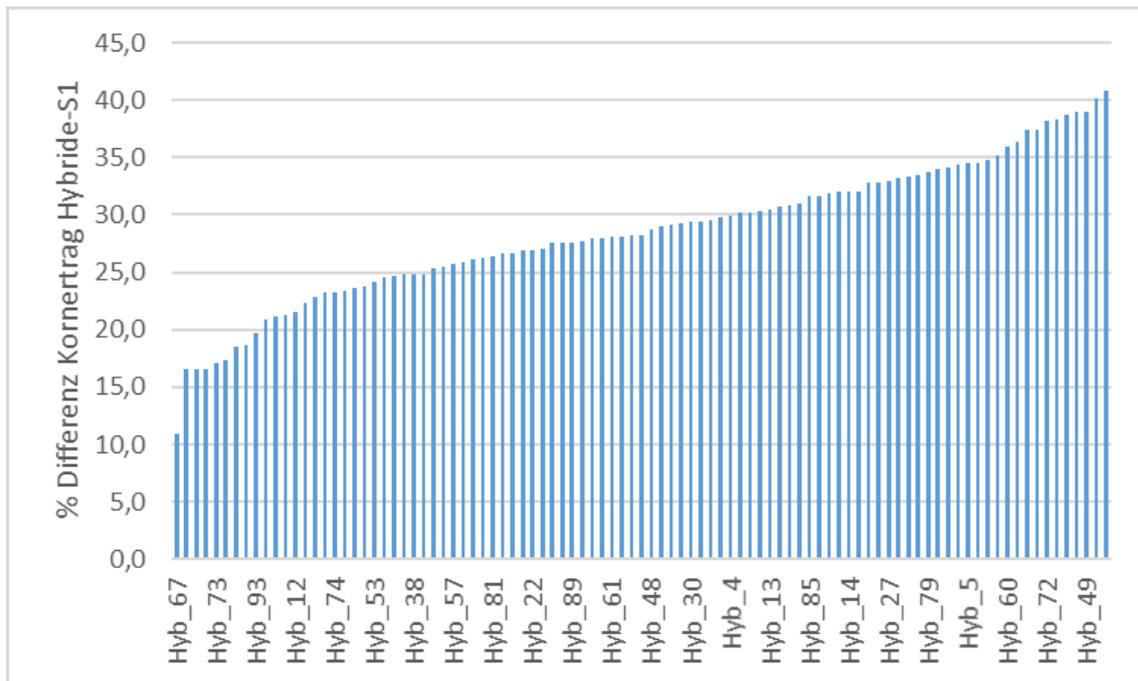


Abbildung 19 Ertragsabfall zwischen Hybridsorte und S1 Hybride in % (2019, 2 Orte)

Abbildung 19 zeigt die Kornertragsunterschiede zwischen den Hybridsorten und ihrer S1-Leistung. Zwischen 10 und 40 % ging der Ertrag bei den Hybriden durch Selbstung zurück. Für die neue Population wurden jene ausgewählt, die nur einen geringen Ertragsrückgang aufwiesen.

Um die Auswahl aus den erhobenen Daten zu erleichtern und zu präzisieren, wurden die folgenden zwei Indices berechnet:

S1-Index = Mittelwert S1-Trockenmasseertrag [kg/Prz] beider Standorte + 0,225 * Mittelwert S1-Trockensubstanzgehalt [%] beider Standorte

Hybrid-Index = Differenz Trockenmasseertrag Hybride-S1 [%] * Mittelwert Hybrid-Trockenmasseertrag [kg/Prz] beider Orte + 0,225 * Mittelwert Hybrid-Trockensubstanzgehalt [%] beider Orte

Auf diese Weise konnten die Daten nach den Indices sortiert werden und eine Vorauswahl an Hybriden mit den höchsten Indices getroffen werden.

Zusätzlich wurden von allen Hybridsorten DNA-Proben genommen und eine Verwandtschaftsanalyse durchgeführt (Abbildung 20). Die Hybridsorten ließen sich zunächst drei großen Gruppen zuordnen (orange Pfeile), welche sich in 15 kleinere differenzierende Gruppen aufteilen ließen. Für die Ausgangspopulation wurden aus jeder dieser 15 Gruppen Sorten ausgewählt.

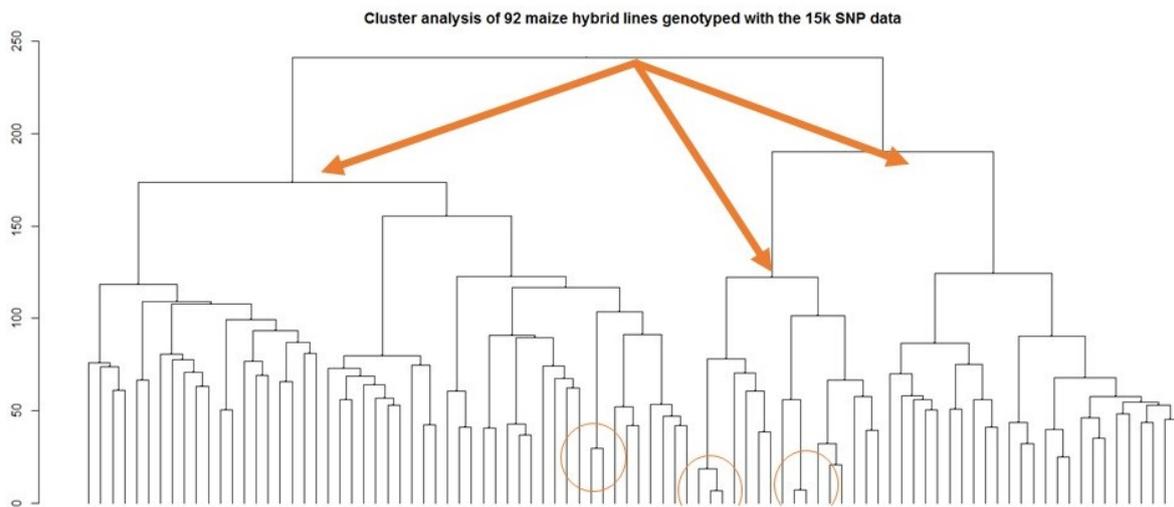


Abbildung 20 Verwandtschaftsanalyse von 92 verschiedenen Mais Hybridsorten

Alle diese Daten wurden zusammengefügt und anhand dieser Ergebnisse konnten 15 Hybridsorten für die Erstellung der neuen Ausgangspopulation ausgewählt (Abbildung 21) werden.

HYB-Variety	Number	Markergruppe 1-15	Hybridform	Reife	Zulassungsjahr	MW Feuchtertrag		MW Trockenentrag		MW TS-Gehalt %		Differenz TM HYB-S1		S1-INDEX= KTM + 0,225KTS [kg/9m ²]	HET-INDEX = Diff[%] * HYB-F+2,5 * KTS
						Hybride beide Orte	Hybride beide Orte								
Hyb_59	59	1	S	f	2013	15,26	11,52	75,34	10,44	7,52	72	34,72	23,72	416,95	
Hyb_60	60	1	S	f	2012										
Hyb_61	61	1	S	m	2013	15,52	10,94	70,49	11,15	8,14	72,46	25,59	24,44	295,86	
Hyb_62	62	1	S	m	2015	15,95	11,02	69,08	12,63	8,89	70,35	19,33	24,72	228,54	
Hyb_34	34	2	S	m	2010	15,65	10,84	69,41	10,8	7,4	68,47	31,73	22,81	359,62	
Hyb_92	92	2	S	m	2013	17,12	11,55	67,58	11,49	8,12	70,07	29,70	23,89	358,21	
Hyb_41	41	3	S	m	2014	13,39	9,78	73,21	11,16	8,42	74,97	13,91	25,29	152,47	
Hyb_63	63	3	S	m	2016	17,9	12,75	71,32	12,71	9,86	76,5	22,67	27,07	305,05	
Hyb_64	64	3	S	m	2017	15,45	11,15	72,5	12,57	8,78	69,71	21,26	24,46	253,31	
Hyb_65	65	3	S	m	2012	17,08	11,72	68,76	12,6	8,85	70,13	24,49	24,63	302,47	
Hyb_91	91	3	S	m	2013	16,17	11,23	69,52	11,35	8,89	77,72	20,84	26,38	249,64	
Hyb_19	19	4	S	f	2015	17,4	12,14	69,87	10,73	7,93	73,43	34,68	24,45	436,72	
Hyb_20	20	4	S	m	2014	16,68	12,63	75,79	11,34	8,2	73,17	35,08	24,66	460,05	

Abbildung 21 Auszug aus der Tabelle zur Auswahl der Hybridsorten für die neue Ausgangspopulation

Diese wurden dann im Jahr 2020 (aus Sicherheitsgründen an der LfL und an der FZD) im Zuchtgarten angebaut und jede Sorte mit jeder Sorte (im vollen Diallel) per Hand verkreuzt, um sicher zu gehen, dass die ausgewählte Genetik auch wirklich enthalten ist.

Im darauffolgenden Jahr wurden die Kreuzungen anteilmäßig vermischt und in Isolierlage ausgesät. Die Kolben wurden händisch geerntet, gerebelt, Kolben-Parameter erfasst und an der LfL und FZD eingelagert. Um Entwicklungsprozesse in der Zukunft nachvollziehen zu können, wird außerdem ein Teil des Ernteguts an der LfL eingefroren, ein Teil kühlgelagert, der Rest steht zur Verfügung.

So steht eine dem neuesten Zuchtfortschritt entsprechende Körnermaispopulation zur Verfügung, die zur weiteren wissenschaftlichen und züchterischen Bearbeitung, aber auch zur Hofsortenentwicklung eingesetzt werden kann. Die Kennzeichen dieser neuen Ausgangspopulation finden sich in nachfolgenden Tabellen.

Tabelle 53 Kennzeichen der neuen Ausgangspopulation

Anzahl Genotypen	30 aus 15 Hybriden
Markergruppen	15
Herkunft/Züchter	11
Hybridtyp-Einfach	13
Reife	Mittelfrüh
Kornotyp	Zw (ha)
Menge	Ca. 200 kg

Tabelle 54 Korn- und Kolbenparameter der neuen Ausgangspopulation von den beiden Standorten LfL und FZD

	Anzahl Kolben	Menge in kg	dent	flint	inter	rote Spindel	rötliche Spindel	weiße Spindel	rötliche Körner	gelbe Körner
LfL	ca. 1000	121	208	390	366	262	144	478	96	797
FZD	1481	153	419	427	635	526	45	910	-	-

Bis zur Berichtsabgabe wurde die neue Ausgangspopulation an 6 Landwirte in Bayern, Hessen und Niedersachsen abgegeben.

4.5 Teilprojekt 5 – Wissenstransfer

In TP5 wurde sich dem Wissenstransfer der im Vorhaben gewonnen Erkenntnisse zu Maispopulationen gewidmet. Durch jährliche Praxisversuche, verschiedene Veröffentlichungen, die Organisation eines Online-Fachtags, das Erstellen von Informationsfilmen, die Teilnahme an landwirtschaftlichen Feldtagen und die Erstellung einer Webseite zu Maispopulationen sollte einen breit aufgestellten Wissenstransfer in Wissenschaft, Züchtung und insbesondere in die landwirtschaftliche Praxis gewährleisten. Die einzelnen Elemente des Wissenstransfers aus dem Vorhaben sind im Folgenden dargestellt.

4.5.1 Praxisversuche

Im Rahmen des Wissenstransfers wurden jährliche Praxisversuche von den Projektpartnern Öko-Beratungsgesellschaft mbH – Beratung für Naturland und Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen in Süd- und Norddeutschland organisiert. Im Folgenden sind die Erfahrungen aus den beiden Praxisversuchen Süd und Nord dargestellt.

4.5.1.1 Praxisversuche Süd

Durchführung und Organisation:

Öko-Beratungsgesellschaft mbH – Beratung für Naturland,
Werner Vogt-Kaute, Eichethof 1, 85411 Hohenkammer

Im Rahmen der Praxisversuche Süd wurden folgende Feldtage/Workshops veranstaltet:

Tabelle 55 Übersicht Praxisversuche Süd

Termin	Ort	Standort	Populationen
08.09.2017	Werneck, Unterfranken	Familie Krückel	Evolino, Population 6801-8411
07.09.2018	Schonungen, Unterfranken	Familie Sauer	Evolino, Weihenstephaner 2

06.09.2019	Schonungen, Unterfranken	Familie Sauer	Almito, 6802-Test Population
11.09.2020	Fensterbach, Oberpfalz	Familie Eltz	Almito, Weihentsephaner 2, 6802-Test Population, Alpenfex
16.09.2021	Gerzen, Niederbayern	Familie Hörl	Almito, Weihenstephaner 2
22.09.2021	Niederwerrn, Unterfranken	Familie Ammon	Almito, Weihenstephaner 2

Die erste Veranstaltung bezog sich nur auf die Vorstellung der Maispopulationen. Die Teilnehmerzahl lag bei ca. 10 Personen, die zum Teil weit anreisten. Um mehr Teilnehmer zu erreichen, wurde die Vorstellung der Maispopulationen in ökologische Mais-Demonstrationsversuche integriert. Bei diesen Veranstaltungen waren dann immer 20 bis 30 Personen anwesend. Es konnten damit Landwirt*innen erreicht werden, die davor noch nichts von Populationen gehört hatten. Den Maispopulationen wurde damit die „Exotik“ genommen und sie wurden in die Normalität überführt als normale Option für den ökologischen Maisanbau. Die Praxisversuche zeigten die gleiche Spannweite wie die Exaktversuche. Im Jahr 2019 waren die Maispopulationen den Hybridsorten absolut gleichwertig und sogar besser als einige der präsentierten Hybridsorten. Im Jahr 2020 fielen sie dagegen relativ stark ab. Der Feldtag 2021 bei Familie Hörl hatte den Schwerpunkt der Saatgut-Vermehrung.

Es wurden mehrere Artikel in Zeitschriften veröffentlicht (vgl. Punkt 4.5.2.) und das Projekt wurde auf Tagungen vorgestellt, z. B. Naturland Ackerbautagung Süd.

4.5.1.2 Praxisversuche Nord

Durchführung und Organisation:

Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen,
Ulrich Ebert, Bahnhofstraße 18b, 27374 Visselhövede

Im Rahmen der Praxisversuche Nord wurden von 2017 bis 2021 insgesamt 5 Feldtage auf zwei Mais anbauenden Praxisbetrieben veranstaltet.

Tabelle 56 Übersicht Praxisversuche Nord

Termin	Ort	Standort	Populationen
15.09.2017	49635 Badbergen	Demeter Betrieb Brunswinkel-Röh	Evolino, Population 6801-8411
25.09.2018	49635 Badbergen	Demeter Betrieb Brunswinkel-Röh	Evolino, Weihenstephaner 2
04.09.2019	49457 Drebber	Bioland Betrieb Sanderling	Almito, Population 6802
22.09.2020	49457 Drebber	Bioland Betrieb Sanderling	Almito, Almito-Nachbau, Population 6807-19, Population 6806-19
29.09.2021	49457 Drebber	Bioland Betrieb Sanderling	Almito, Almito-Nachbau, Population 6807-19

Die Feldtage fanden unter Beteiligung der Ökologischen Berufskollegen aus der Region Diepholz statt und wurden durch Kathrin Neubeck, eine Züchterin der FZD, regelmäßig mit entsprechenden Fachinformationen unterstützt. Auch die Fa. Farmsaat, die die Population Weihenstephaner 2 vertreibt, nahm an zwei Feldtagen mit Fachpersonal teil.

In den regelmäßig erscheinenden Monatsberichten des KÖN wurden die Veranstaltungen angekündigt und im Nachlauf ein entsprechender Artikel zum Thema Züchtung und Leistung von Maispopulationen veröffentlicht.

Die Erkenntnisse aus den Praxisversuchen flossen und fließen in die Öko-Fachberatung des KÖN auf den Umstellungsbetrieben und Biobetrieben in Niedersachsen ein. Die entscheidende Frage der Praktiker in diesem Zusammenhang war die Frage nach der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum Anbau der jetzt gängigen Hybridsorten. Hier muss mit Ertragsermittlungen auf Öko-Praxisbetrieben und auf ökologischen Versuchsstandorten auch in Norddeutschland eine bessere, überzeugende Datengrundlage geschaffen werden, um die Populationen breiter zu etablieren

Es wurden bereits Vermehrungsorganisationen für ökologisches Saatgut in Niedersachsen angesprochen, um ggf. die Vermehrung von Maispopulationen auf einem Norddeutschen Standort zu ermöglichen.

In Drebber, auf dem Hof Ihlbrook der Familie Sandering wurde im Praxisversuch insgesamt drei Jahre der Anbau und Nachbau der Sorte Almito praktiziert. Durch die Selektion des Betriebsleiters konnte zum Feldtag im September 2021 bereits ein Selektionseffekt am Bestand präsentiert werden.



Abbildung 22 Feldbesichtigung der Nachbausorten auf dem Betrieb Sandering bei Diepholz (links) und sehr gut ausgebildete Maiskolben der Population 6805 auf dem Praxisbetrieb Röh in Badbergen (rechts)

4.5.2 Veröffentlichungen

Im folgenden Abschnitt sind die im Rahmen des Vorhabens angefertigten Veröffentlichungen aufgelistet, darunter Beiträge in Fachzeitschriften und auf Fachtagungen sowie studentische Abschlussarbeiten (B. Sc. und M. Sc.).

4.5.2.1 Beiträge in Fachzeitschriften/auf Fachtagungen

Eder B., Vollenweider C., Buhmann K., 2021: Maispopulationen - Eine Alternative zu Hybridsorten. Landwirt bio, Ackerbau, Ausgabe 1 2021, 67-69

Vollenweider C., Finckh M.R., Weedon O., Buhmann K., Eder B., Spieß H., Horneburg B., Vogt-Kaute W., Ebert U., Völkle H., Locher M., Weyermann V., Haak A., 2021: Agronomic performance of heterogenous cereal populations, Organic World Congress, Rennes, France, 8 - 10 September, 2021. <https://orgprints.org/id/eprint/42110/>

Vollenweider C., Buhmann K., Eder B., 2020: Maispopulationen - Eine Alternative zu Hybridsorten? Zeitschrift mais, DMK, 1/2020 (47.Jg.), 34-36.

Eder B., Vollenweider C., Buhmann K., Horneburg B., 2019: Moderne Maispopulationen als Alternative zu Hybridsorten - Vorteile am Standort ausnutzen. Lebendige Erde 4-19, 33-35

Eder B., Vollenweider C., Buhmann K., Spieß H., Trautwein F., Vogt-Kaute W., Ebert U., Völkle H., Rost S., Horneburg B., 2019: Leistungsprüfung offen-abblühender Maispopulationen. 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau

Eder, B., Vollenweider, C. und Buhmann, K., 2018: Moderne Maispopulationen – eine Alternative zu Hybriden. Biokreis Nachrichten 12, 34-35

4.5.2.2 *Projekt- und Abschlussarbeiten*

Im Rahmen der Feldversuche des Vorhabens wurden insgesamt fünf Projekt- und Abschlussarbeiten ausgearbeitet:

Bachelorarbeit: Leistungs- und Adaptationsfähigkeit von Maispopulationen

Student: Tobias Flakus

Betreuung: Prof. Dr. Volker Mohler, Dr. Barbara Eder

Universität: Fakultät für Agrar- und Gartenbauwissenschaften der Technischen Universität München

Datum: August 2022

Bachelorarbeit: Vergleich morphologischer Rispenmerkmale von Hybrid- und Populationsmais und deren potentieller Beitrag zur Bienenernährung in der Agrarlandschaft

Student: Felix Voll

Betreuung: Dr. Bernd Horneburg, Dr. Helmut Saucke

Universität: Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Studiengang Ökologische Agrarwissenschaften (B.Sc.)

Datum: Juni 2021

Bachelor-Projektarbeit: Überprüfung der Leistungsfähigkeit von Hybrid- und Populationsmais im ökologischen Anbausystem

Student: Felix Voll

Betreuung: Dr. Bernd Horneburg, Dr. Odette Weedon

Universität: Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Studiengang Ökologische Agrarwissenschaften (B.Sc.)

Datum: Juni 2021

Masterarbeit: Evaluation of inbreeding depression, flowering interval and yield in maize hybrid cultivars as potential parents of a new population

Student: Surya Chandarlapati

Betreuung: Dr. Bernd Horneburg, Dr. Barbara Eder

Georg-August-Universität Göttingen, Fachgruppe Genetische Ressourcen und Ökologische Pflanzenzüchtung

Datum: August 2020

Bachelorarbeit: Maispopulationen und Zuchtmethoden für Populationssorten – Überprüfung der agronomischen Leistungsfähigkeit von Populationen in Abhängigkeit ihrer genetischen Breite

Studentin: Marta Cavallini

Betreuung: Dr. Bernd Horneburg, Dr. Odette Weedon

Universität: Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Studiengang Ökologische Agrarwissenschaften (B.Sc.)

Datum: Dezember 2020

4.5.3 *Fachtag Maispopulationen*

Im Rahmen des Vorhabens wurde am 10. März 2022 ein Online-Fachtag veranstaltet, an dem die wichtigsten Ergebnisse dargestellt und mit einem breiten Fachpublikum diskutiert wurden. Über 50 Teilnehmer*innen aus Wissenschaft, Saatgutfirmen und praktischer Landwirtschaft

nahmen am Online-Fachtag teil. Die verschiedenen Beiträge wurden in einem digital verfügbaren Tagungsband zusammengefasst.



Abbildung 23: Titelblatt, Inhaltsverzeichnis Fachtag Maispopulationen

Link zum Tagungsband:

https://maispopulationen.files.wordpress.com/2022/06/tagungsband_fachtagmais-populationen_maerz2022.pdf

4.5.4 Informationsfilme

Um die Reichweite des Wissenstransfers des Vorhabens zu erhöhen wurde 2021 ein Aufstockungsantrag zur Erstellung von Informationsfilmen zu Maispopulationen gestellt und bewilligt. Im Rahmen dieser Aufstockung konnten in Zusammenarbeit mit IMAGO Film, Göttingen die folgenden drei Informationsfilme (6-10 min) und dazugehörige Kurzfassungen (ca. 2 min) gedreht und veröffentlicht werden.

4.5.4.1 Film 1: Maispopulationen – natürlich und wertvoll

Film 1 zeigt allgemeine Informationen zu offen abblühenden Maispopulationen: Was ist der Unterschied zwischen Hybriden und Populationen? Warum sind Populationen interessant? Was sind Vor- und Nachteile von Populationen und ihre wichtigen Eigenschaften?

Link zu Film 1: <https://youtu.be/Qely6JWQ9No>

Kurzfassung Film 1: <https://youtu.be/mAMkGccv2Hg>

4.5.4.2 Film 2: Anbau und Saatgutgewinnung von Maispopulationen

Film 2 zeigt die Ziele und Besonderheiten der Maispopulationen im Anbau: Wie kann man eigenes Saatgut gewinnen, was sind die technischen Anforderungen und Praxisempfehlungen? Verschiedene Landwirte und Vermehrer schildern ihre Erfahrungen mit dem Anbau von Populationen.

Link zu Film 2: <https://youtu.be/rn5jKuoMzck>

Kurzfassung Film 2: <https://youtu.be/mzfq8bQ5mgA>

4.5.4.3 Film 3: Züchtung von Maispopulationen

Film 3 gibt Einblicke in die Züchtung von Maispopulationen: Wie werden Maispopulationen entwickelt und welche Selektionsmethoden werden verwendet? Wie begründet sich ihre höhere Adaptionfähigkeit und was sind die Unterschiede zu Hybriden? Die Züchter*innen geben eine prägnante Darstellung der wichtigsten Ergebnisse des Vorhabens und der Perspektiven.

Link zu Film 3: <https://youtu.be/r53V5GESNUM>

Kurzfassung Film 3: <https://youtu.be/sDxqfyxozUU>

4.5.5 Feldtage

In 2022 fanden nach zweijährigem Ausfall auf Grund der Corona-Pandemie die Öko- und DLG-Feldtage in einem Jahr statt. Dies bot eine gute Gelegenheit, die Maispopulationen und die mehrjährigen Ergebnisse des Vorhabens einem breiten Publikum vorzustellen. Hierfür konnte das Projekt bis 30.06.2022 verlängert und um im Rahmen der Feldtage entstehende Kosten aufgestockt werden.

4.5.5.1 DLG-Feldtage 2022

Auf den DLG-Feldtagen wurden Schauparzellen mit den Populationen Tambudzai (LfL), Evolino (gzpk) und Almito (FZD) angelegt. Ein schattiger Pavillon, die Möglichkeit Mais-Tortillas aus Landsorten zu verkosten und Saatgutproben alter Landsorten (Popcorn-, Zucker- und Körnermais) luden zahlreiche Besucher ein, sich über Maispopulationen zu informieren.

Zusätzlich wurde täglich ein Vortrag im BÖLN Zelt zum Thema „Maispopulationen – Vor- und Nachteile sowie ihr Leistungspotential“ von Dr. Barbara Eder gehalten.



Abbildung 24 Stand Maispopulationen auf den DLG-Feldtagen 2022 (links) mit Schauparzellen (rechts)

4.5.5.2 Öko-Feldtage 2022

An den Öko-Feldtagen waren die Maispopulationen mit einem informativen Stand im BÖLN-Zelt vertreten, dort konnten Fragen gestellt, Tortilla-Chips verkostet und Saatgutproben mitgenommen werden. Außerdem wurden Schauparzellen mit der Population Tambudzai (LfL) am Stand der Naturland Marktgesellschaft/Natursaaten und mit der Population Almito (LfL) am Stand der Ökologischen Getreidezüchter/BioSaat angelegt. Dort luden Schautafeln mit Informationen zu Maispopulationen, Saatgutgewinnung und Züchtung mit weiterführenden Links in Form von QR-Codes (zur Webseite und den drei Informationsfilmen) ein, sich über Maispopulationen zu informieren.

Zusätzlich wurden im BÖLN-Zelt täglich zwei Führungen zu den Schauparzellen der Maispopulationen mit den Themenschwerpunkten „Klimawandel: Mit Trockenheit umgehen“ und „Was gibt es Neues in Sachen Mais?“ von Dr. Barbara Eder und Kathrin Neubeck angeboten.



Abbildung 25 Eindrücke von den Öko-Feldtagen 2022: Saatgutproben von Landsorten zum Mitnehmen (links), Schauparzellen Tambudzai und rote Kolben alter Landsorten (Mitte) und Almito (rechts)

4.5.6 Webseite Maispopulationen

Im Rahmen der Vorbereitungen für die Feldtage wurde außerdem eine Webseite für die Maispopulationen angelegt und veröffentlicht. Hier wurden bisher die wichtigsten Ergebnisse und bisherige Veröffentlichungen im Rahmen des Vorhabens sowie die Informationsfilme zu Maispopulationen veröffentlicht. So konnten nicht nur unnötige Kosten und Papier gespart, sondern die Informationen können außerdem jederzeit aktualisiert und ergänzt werden. Auch in Zukunft sollen auf dieser Webseite aktuelle Neuigkeiten, Ergebnisse und neue Vorhaben zu den Maispopulationen geteilt werden.

Link zur Webseite: <https://www.maispopulationen.org>

5 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der einzelnen Teilprojekte (TP1-5) wurden bereits detailliert in Kapitel 4 dargestellt und diskutiert. In der folgenden Diskussion werden die Erkenntnisse nochmal Teilprojekt übergreifend besprochen:

5.1 Leistungsfähigkeit und Leistungsstabilität von Populationen

Die Ergebnisse zeigten klar, dass die untersuchten Populationen im Mittel über alle Orte und Jahre deutlich im Ertrag unterhalb der Vergleichshybriden lagen. Auch zwischen den Populationen gab es deutliche Unterschiede im Leistungsverhalten. Eine breite Genetik alleine reicht also nicht aus, um leistungsfähig zu sein. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass der Auswahl der Genotypen in einer Population große Bedeutung zukommt.

Dies wurde auch nochmal in den Ergebnissen von TP3 bestätigt, welche zum einen zeigen, dass aus ertragsstarken Hybriden zusammengestellte Populationen auch ertragsstärker sind als Populationen aus ertragsschwächeren Hybriden, zum anderen aber die Annahme nicht bestätigten, dass Populationen aufgebaut aus einer größeren Anzahl von Genotypen leistungsfähiger sein müssten. Die genetische Heterogenität alleine hat nicht zu einer stärkeren Robustheit geführt. Diese Annahme konnte mit den Untersuchungen nicht bekräftigt werden.

Dennoch zeigten alle Populationen im ökologischen Anbau eine leicht höhere Leistungsfähigkeit, welche darauf hindeutet, dass hier die Heterogenität besser genutzt werden konnte als im Vergleich zum konventionellen Anbau. Tendenziell reagierten die Populationen mit geringeren Ertragsverlusten als die Vergleichshybriden. Dennoch war der Unterschied zu gering, als dass sie konkurrenzfähig wären. Möglicherweise lag das jedoch an der Standortwahl. Die Standortauswahl im Projekt fokussierte sich auf konventionell und

ökologisch bewirtschaftete Standorte aber nicht auf Grenzlagen. Insbesondere durch das einheitlich vorgegebene Düngenniveau verringerten sich die Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Standorten. Nun stellt sich die Frage, ob sich die Ergebnisse bei der Auswahl von extremeren, sogenannten Grenzlagen-Standorten anders darstellen würden. Möglicherweise könnte die Heterogenität dort besser wirksam werden.

Zur Abmilderung der Folgen des Klimawandels und zur Erhöhung der Ernährungssicherheit ist davon auszugehen, dass der Maisanbau in Grenzlagen zunehmen wird. Hier ist das Risiko Verluste zu erleiden noch höher. Daher ergibt sich hier eine weiterführende Fragestellung zur Risikominimierung durch offen abblühende Populationen mit dem Fokus auf eine umfassendere Standortauswahl.

5.2 Einfluss der Zuchtmethodik

Die Effekte der unterschiedlichen Zuchtmethoden waren nur tendenziell messbar. Die Zeitspanne bzw. Anzahl Selektionszyklen mit der die Populationen mit der jeweiligen Methode bearbeitet wurden, war im vorliegenden Projekt meist nur ein bis maximal 3 Jahre (nur für Massenselektion). Es scheint, dass diese Selektionsdauer zu kurz ist, um durchgehend signifikante Ergebnisse zu erhalten.

Es bleibt die Fragestellung zu klären, in wieweit sich die Effekte der einzelnen Selektionsmethoden unterscheiden, wenn sie rekurrent für mehrere Selektionszyklen durchgeführt würden.

5.3 Einfluss der genetischen Breite und neue Ausgangspopulation

In TP1 wurde diskutiert, dass die genetische Breite einer Population Einfluss darauf hat, in welchem Ausmaß eine Selektionsmethode in einem Selektionszyklus verändern kann. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse von TP3, dass auch bei derselben Selektionsmethode große Unterschiede erzielt werden können. Die Ergebnisse legen nahe, dass es möglicherweise effizienter ist, den Fokus nicht auf die Selektionsmethode sondern auf die Auswahl der Genotypen in einer Population zu legen. Dies wird indirekt auch dadurch bestätigt, dass die Anzahl der Genotypen keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Population hatte. Die Prüfung der Kombinationsfähigkeit der Kreuzungspartner wurde in den bisherigen Züchtungskonzepten nicht berücksichtigt. Mithilfe von TP4 kann dieser Frage nachgegangen werden. In der neu entwickelten Population wurden aus 15 Hybridsorten Kreuzungen erstellt, welche dann offen abblühen konnten. Die einzelnen Kreuzungen wurden nicht auf Leistung geprüft sondern anteilmäßig gemischt. Es wäre sinnvoll, der Frage nachzugehen, wie groß der Einfluss einer Vorprüfung der gekreuzten Genotypen auf die Ertragsleistung der nachfolgenden offen abblühende Population ist.

Außerdem konnte im Projektzeitrahmen nicht mehr abgeprüft werden, ob die neu erstellte Population die besonderen Vorteile optimal zur Geltung bringt. Diese Fragestellung ist noch offen, wird von den Projektpartnern LfL und FZD aber in den nachfolgenden Jahren geprüft.

5.4 Verbindung von Forschung, Züchtung und Praxis

Die Verstärkte Arbeit am Wissenstransfer im Rahmen des Vorhabens (TP5) und der dadurch entstandene Austausch zwischen Forschung, Züchtung und landwirtschaftlicher Praxis konnte erfolgreich genutzt werden, um eine neue und solide Basis für eine zukünftige Zusammenarbeit zu erarbeiten.

Gleichzeitig war die Netzwerkbildung unter den vorherrschenden Bedingungen der Covid-Pandemie im zweiten Teil des Projektzeitraums schwierig. Dementsprechend wäre eine weiterführende Fragestellung hinsichtlich der Betreuung der Landwirte, die Populationen zu Hofsortenentwicklung nutzen, und des Ausbaus der im Vorhaben erarbeiteten Basis. Hier wäre vor allem von Interesse, ob die Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Populationen

gewährleistet werden kann, welche betriebsindividuellen Faktoren dabei eine Rolle spielen und wie stark und schnell sich Populationen voneinander fortentwickeln.

Insgesamt konnten die Ergebnisse der Teilprojekte im Wesentlichen die Versuchsfragestellungen beantworten. Auffallend war allerdings, dass die Effekte meist so gering oder so unterschiedlich waren, dass eine signifikante Absicherung nur selten möglich war.

Grundsätzlich zeigte sich bei den ökologischen Versuchsanstellungen, dass die Versuche im Mittel eine höhere Streuung aufwiesen und statistisch seltener auswertbar waren als die konventionellen Versuche. Für die Prüfungen unter ökologischen Anbaubedingungen wäre es also besser gewesen, mehr Standorte zu haben. Im vorliegenden Projekt war es, auf Grund der Verfügbarkeit von Standorten, andersherum.

Grundsätzlich stellen die zunehmenden Wetterextreme auch die Wissenschaft vor große Herausforderungen. Die üblicherweise beantragte Projektdauer von 3 Jahren ist für landwirtschaftliche Fragestellungen mit Versuchsanbau, und insbesondere für züchterische Fragestellungen mit mehreren Selektionszyklen, nicht mehr haltbar. Die Jahre sind derart unterschiedlich, dass es oftmals schwer ist, eine klare Aussage zu treffen. Diese Einschränkung über die Erhöhung der Anzahl Orte wettzumachen, gelingt ebenso nur teilweise, da auch die lokalen Wetterextreme zu nehmen. Möglicherweise müssen für solche Fragestellungen die Untersuchungen unter kontrollierbaren Bedingungen wie Rain-Out-Shelter und Gewächshausfelder durchgeführt werden. Die Übertragbarkeit in die Praxis ist dabei allerdings oftmals nicht gegeben. Ein Zielkonflikt der sich wahrscheinlich noch verschärfen wird.

6 Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse aus den Teilprojekten 2 und 5 sind von direkter Relevanz für den praktischen Anbau von Maispopulationen.

Die in Teilprojekt 2 gewonnenen Erkenntnisse werden in einem Praxis-Datenblatt nach BLE/BÖLN-Vorlage zusammengefasst und veröffentlicht. Es beinhaltet u. a. Information zu: Was sind Populationen, Vor- und Nachteile, welche Leistungsfähigkeit und Robustheit ist zu erwarten, welche Populationen sind am Markt bereits verfügbar und Einsatzbereiche von Maispopulationen.

Ein zweites Praxisblatt soll erstellt werden zu den Erkenntnissen hinsichtlich der Vermehrung von Populationen (TP5). Diese Erkenntnisse wurden im Rahmen des Projekts gewonnen und bereits filmisch festgehalten. Im Praxismerkblatt werden die wichtigsten Bedingungen zur Vermehrung von Populationen dargestellt werden.

Die Ergebnisse aus den Teilprojekten 1, 3 und 4 sind nicht nur für Wissenschaft und Forschung von hoher Relevanz, sondern insbesondere für die Züchtung von offen abblühenden Maispopulationen praxisrelevant. Die neuen Erkenntnisse zur Selektion und Zusammenstellung von Maispopulationen kann bei den Projektpartnern LfL Bayern, FZD und gzpk direkt in der praktischen Züchtungsarbeit umgesetzt werden. Die Veröffentlichungen und der im Rahmen des Wissenstransfers mit weiteren Züchter*innen entstandene Austausch ermöglicht es auch weiteren Züchtungsfirmen und –initiativen die neuen Erkenntnisse zu nutzen und in ihrer praktischen Arbeit einzusetzen.

7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Das übergeordnete Anliegen des Vorhabens war es, das Leistungspotenzial des aktuellen Sortenspektrums und Zuchtmaterials sowie genetischer Ressourcen für die Maispopulationszüchtung zu erschließen und zu steigern. Es wurde davon ausgegangen, dass Populationen nicht nur im Ökologischen Landbau eine Alternative zu Hybridsorten darstellen könnten. Um ihr Potenzial optimal zu nutzen, mussten jedoch zunächst erhebliche Kenntnislücken hinsichtlich der Leistungsfähigkeit von Populationen geschlossen werden. Diese Fragestellungen wurden im dargestellten Vorhaben in fünf Teilprojekten bearbeitet. Weiterführende Fragestellungen zu Anpassungsfähigkeit und Zuchtmethoden wurden insbesondere in den Teilprojekten 1, 2, 3 und 4 bearbeitet. Im Folgenden werden die jeweiligen geplanten und erreichten Ziele gegliedert nach Teilprojekt gegenübergestellt.

7.1 Teilprojekt 1

Geplantes Ziel: Vergleich von Zuchtmethoden zur Verbesserung bestehender Maispopulationen unterschiedlicher Struktur und Leistungsfähigkeit hinsichtlich ihrer Effizienz und ihrer Eignung für die ökologische Pflanzenzüchtung und partizipative Züchtungsansätze zur Entwicklung standortangepasster, leistungsstarker und -stabiler Populationen.

Erreichtes Ziel: Teilprojekt 1 konnte planmäßig durchgeführt werden, bzw. durch die Projektverlängerung bis 2022 konnten die Leistungsprüfungen um zwei Prüfungsjahre verlängert und um eine weitere Selektionsmethode erweitert werden. Insgesamt zeigten die Ergebnisse aus Teilprojekt 1 deutliche Tendenzen der Selektionseffekte der verschiedenen Methoden (vgl. 4.1.3).

7.2 Teilprojekt 2

Geplantes Ziel: Erfassen der Leistungsfähigkeit von derzeit im Rahmen des zeitlich befristeten Experiments zugelassenen und weiteren verfügbaren Maispopulationen sowohl unter konventionellen als auch ökologischen Anbaubedingungen in klimatisch unterschiedlichen Regionen Deutschlands und damit Schaffen einer solide Datengrundlage für Wissenschaft, Züchtung, Behörden und Praxis.

Erreichtes Ziel: Anhand der umfangreichen Versuche konnte eine gute Datenbasis geschaffen werden, um die Leistungsfähigkeit von Populationen im Vergleich zu Hybridsorten einzuschätzen. Alle geplanten Versuche und Parameter konnten erfasst werden.

Es konnten die gestellten Fragen und Hypothesen bearbeitet und beantwortet werden. Allerdings zeigte sich durch die größere Streuung bei den ökologischen Versuchen, dass sich die Ergebnisse nicht immer signifikant absichern lassen. Dasselbe galt für die Aussagen hinsichtlich der Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Anbau.

7.3 Teilprojekt 3

Geplantes Ziel: Ermitteln der Anpassungsfähigkeit von Maispopulationen an unterschiedliche Standorte in Abhängigkeit von ihrer genetischen Breite.

Erreichtes Ziel: In zwei Teilprojekten TP3.1. und TP 3.2. wurden diese Fragestellungen umfangreich untersucht. Es waren keine Anpassungen gegenüber der ursprünglichen Beschreibung im Antrag nötig.

7.4 Teilprojekt 4

Geplantes Ziel: Erstellen einer genetisch breiten, den aktuellen Zuchtfortschritt beinhaltende Ausgangspopulation zur weiteren Verwendung in Züchtungsforschung und Praxis, die die besonderen Vorteile von Populationen optimal zur Geltung bringt.

Erreichtes Ziel: Diese Population wurde erstellt, am Fachtag und den DLG- und Öko-Feldtagen interessierten Landwirten, Züchtern und Forschenden zur Verfügung gestellt und liegt zur weiteren Bearbeitung vor. Teilprojekt 5

Geplantes Ziel: Wissenstransfer in die Praxis und die Vermittlung der notwendigen Kenntnisse zur betriebsspezifischen Hofsortenentwicklung.

Erreichtes Ziel: Der Wissenstransfer konnte durch die jährlichen Praxis-Feldtage, den Online-Fachtag zu offen abblühenden Maispopulationen und die Dreharbeiten und Veröffentlichung von drei Informationsfilmen (zzgl. Kurzfassung) sowie die Teilnahme an den DLG- und Öko-Feldtagen 2022 bestmöglich umgesetzt werden. Durch die verschiedenen Veröffentlichungen zu Themen und Ergebnissen aus dem Vorhaben (vgl. 4.5.2.) und die Erstellung der Webseite Maispopulationen.org (vgl. 4.5.6.) wird der Wissenstransfer auch nach Ablauf des Projekts fortgesetzt werden können.

8 Zusammenfassung

Das übergeordnete Ziel des Vorhabens war es, das Leistungspotenzial und weitere Eigenschaften von offen abblühenden Maispopulationen zu untersuchen. Maispopulationen sind im Gegensatz zu den heute fast ausschließlich im Anbau verwendeten Hybridsorten genetisch heterogen und nachbaufähig. Wissenschaftlich und züchterisch werden die Populationen in Europa seit der zweiten Hälfte des 20. Jh. kaum mehr bearbeitet. Gerade im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels mit zunehmend auftretenden Witterungsextremen könnte dieser Sortentyp jedoch Vorteile bringen. Weiter könnten Maispopulationen eine Alternative zu Hybridsorten für den ökologischen Landbau darstellen. Zunächst sollten aber erhebliche Kenntnislücken hinsichtlich der Leistungs- und Anpassungsfähigkeit von Maispopulationen geschlossen werden. Zudem wurden verschiedene Zuchtmethoden auf ihre Effizienz hin untersucht und eine neue, dem aktuellen Wissensstand angepasste Population für Forschung, Praxis und Züchtung erstellt. Insgesamt ergaben sich fünf Themenbereiche, die in fünf Teilprojekten bearbeitet wurden:

- (1) Zuchtmethoden zur Verbesserung von Maispopulationen: In diesen Versuchen wurde der Einfluss des genetischen Hintergrundes der Ausgangspopulationen deutlich. Im Falle der aus Landsorten entwickelten Population konnte ein signifikanter Selektionseffekt der Haploidenmethode mit einer Ertragssteigerung von 10 % (in einem Zyklus) festgestellt werden, im Unterschied zu der aus Hybridsorten erstellten Ausgangspopulation. Für die effiziente rekurrente Verbesserung von Maispopulationen (unabhängig von deren genetischen Hintergrund) werden die S1-Familien- oder die Vollgeschwisterselektion mit Ertragsprüfungen der Nachkommenschaften empfohlen (je nach gesetzten Selektionszielen ist auch die Durchführung weiterer Merkmalerhebungen oder Analysen notwendig). Die einfache positive Masseauslese hingegen ist nicht nur geeignet, um Populationen mit minimalem Aufwand in wichtigen agronomischen Eigenschaften zu erhalten, sondern sie ist auch in der Praxis zur eigenen Saatgutgewinnung oder Hofsortenentwicklung durch Landwirt*innen leicht einsetzbar.
- (2) Leistungsfähigkeit von Maispopulationen im konventionellen und ökologischen Anbau: Die Ergebnisse der an insgesamt acht Standorten und über fünf Jahre durchgeführten Prüfungen zeigten klar, dass die untersuchten Populationen im Mittel über die Standorte und Jahre im Ertrag deutlich unterhalb der Vergleichshybriden lagen. Im Mittel erzielten die Populationen maximal 80 % des Kornertrags der Vergleichshybridsorten, nur an einzelnen Standorten und Jahren erreichten sie konkurrenzfähige Erträge. Im ökologischen Anbau zeigten alle Populationen eine höhere Leistungsfähigkeit, welche darauf hindeutete, dass in diesem Anbausystem die genetische Heterogenität besser genutzt werden konnte. Deutliche Vorteile der

Populationen im ökologischen Anbau konnten allerdings nicht nachgewiesen werden. Zwischen den Populationen konnten Unterschiede im Leistungsverhalten festgestellt werden (im Mittel ca. 84-100 dt/ha). Züchterische Anstrengungen leistungsfähigere Populationen zu entwickeln, sind notwendig.

- (3) Heterogene Populationen können sich an unterschiedliche Standort- und Anbaubedingungen anpassen. Ob diese Anpassung in verschiedenen Leistungsmerkmalen messbar ist, wurde in diesem Teilprojekt untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass eine Anpassung an die Selektionsumwelt und die Selektionsbedingungen stattgefunden hat und diese, wenn nicht signifikant, dann doch tendenziell auch im Ertrag messbar wurde. Bemerkenswert war, wie schnell sich die genetischen Anpassungsprozesse auswirkten. Nach nur drei Jahren unterschiedlicher Selektionsumwelt und Selektionsbedingungen haben sich die Populationen, die aus einer Ausgangspopulation hervorgingen, in ihren Eigenschaften deutlich voneinander entfernt. In weiteren Versuchen wurde der Einfluss der Ausgangshybriden auf die daraus erstellten Populationen untersucht: Ertragsstärkere Ausgangsgenotypen führten dabei zu ertragsstärkeren Populationen. Die genetisch heterogenere Population, die aus allen vier Hybridsorten aufgebaut war, zeigte in den Versuchen interessanterweise eine geringere Leistungsfähigkeit als die beiden Populationen aus je zwei Hybriden, wobei ein Einfluss der unterschiedlichen Entwicklungszeit (zwei vs. sechs Selektionszyklen) nicht ausgeschlossen werden kann. Die Populationen erwiesen sich in der Tendenz als leistungsstabiler als ihre Ausgangsgenotypen, im Falle der genetisch breitesten Population aus den vier Hybriden z. T. sogar signifikant. Für die Entwicklung von Populationen sollte somit ertragsstarkes Ausgangsmaterial mit einer hohen Kombinationsfähigkeit ausgewählt werden, welches aus verschiedenen genetischen Herkünften stammt.
- (4) Eine aus 15 Hybridherkünften neu aufgebaute Ausgangspopulation steht zur weiteren Verwendung in der Züchtungsforschung und Praxis zur Verfügung. Als Kriterien bei der Auswahl der Elternhybriden aus 200 Sorten wurde auf den Kornertrag, die S1-Leistung, genetische Verwandtschaft, den Korntyp und die Reife(gruppe) geachtet.
- (5) Mit der Organisation jährlicher Feldtage in Süd- und Norddeutschland, eines Abschluss-Fachtags zu Maispopulationen, der Erstellung von drei Kurzfilmen sowie der Teilnahme an den DLG-Feldtagen und den Ökofeldtagen 2022 wurde ein intensiver und direkter Wissenstransfer in die Praxis realisiert. Eine Vernetzung von Landwirt*innen, die bereits Erfahrungen mit dem Anbau von Maispopulationen gesammelt haben und eine betriebsspezifische Hofsortenentwicklung durchführen, wurde initiiert.

9 Literaturverzeichnis

- Aichholz, C., Becker, H. C., & Horneburg, B. (2022). Recurrent haploid selection in a population of sweet corn (*Zea mays* convar. *saccharata*). *Plant Breeding*.
- Arncken, C., & Dierauer, H. (2005). Hybridsorten im Bio-Getreide? Perspektiven und Akzeptanz der Hybridzüchtung für den Bio-Anbau.
- Becker, H. C., & Leon, J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant breeding*, 101(1), 1-23.
- Becker, H. (1993). *Pflanzenzüchtung*. utb GmbH. 250 f.
- Bordes, J., Charmet, G., De Vaulx, R. D., Lapiere, A., Pollacsek, M., Beckert, M., & Gallais, A. (2007). Doubled-haploid versus single-seed descent and S1-family variation for testcross performance in a maize population. *Euphytica*, 154(1), 41-51.
- Bundessortenamt (Hg.) (2008). Richtlinien des Bundessortenamtes für die Übermittlung der Ergebnisse aus landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen auf Datenträger, zuletzt geprüft am 03.02.22.
- Bundessortenamt (Hg.) (2014): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen, zuletzt geprüft am 27.08.21.
- Bundessortenamt (Hg.) (2022). Beschreibende Sortenliste. Bundessortenamt. Online verfügbar unter <https://www.bundessortenamt.de/bsa/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilungen/presse-detail/beschreibende-sortenliste-getreide-mais-oel-und-faserpflanzen-leguminosen-rueben-und-zwischenfruechte-2021-ist-erschiene>, zuletzt besucht am 29.8.22.
- Burger, H. (2008). Methodenvergleich zur Entwicklung von Maissorten für den ökologischen Landbau (Doctoral dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart).
- Ceccarelli, S. (1994). Specific adaptation and breeding for marginal conditions. In *Breeding Fodder Crops for Marginal Conditions* (pp. 101-127). Springer, Dordrecht.
- Chalyk, S. T., & Rotarenco, V. A. (1999). Using maternal haploid plants in recurrent selection in maize. *Maize Genetics Cooperation Newsletter*, 73, 56-56.
- Chang, M. T., & Coe, E. H. (2009). Doubled haploids. In *Molecular genetic approaches to maize improvement* (pp. 127-142). Springer, Berlin, Heidelberg.
- DMK 2021: <https://www.maiskomitee.de/Fakten/Statistik>, Zugriff 28.8.2022
- Döring, Thomas F.; Knapp, Samuel; Kovacs, Geza; Murphy, Kevin; Wolfe, Martin S. (2011a): *Evolutionary Plant Breeding in Cereals—Into a New Era* (10).
- Döring, Thomas F.; Knapp, Samuel; Kovacs, Geza; Murphy, Kevin; Wolfe, Martin S. (2011b): *Evolutionary Plant Breeding in Cereals—Into a New Era* (10).
- Döring, Thomas F.; Reckling, Moritz (2018): Detecting global trends of cereal yield stability by adjusting the coefficient of variation.
- Eder, J., & Chalyk, S. (2002). In vivo haploid induction in maize. *Theoretical and Applied Genetics*, 104(4), 703-708.
- Eder J. & Chalyk S. (2003). In-vivo-Induktion von Haploiden - praktische Anwendung in der Linienentwicklung und rekurrenten Selektion bei Mais. 1 Bericht über die 54. Tagung 2003 der

Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs BAL Gumpenstein, 25. - 27. November. 1-2.

Eder, B.; Büttner, B.; Schweizer, G.; Mohler, V.; Albrecht, T.; Eder, J. (2017): Entwicklung von Populationen bei Mais (*Zea mays* L.) Selektionseffizienz und Leistungsfähigkeit. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).

Emmanuel, C. O., Jay, B. N., & Dennis, S. A. (2014). Performance of a local open pollinated maize variety and a common hybrid variety under intensive small-scale farming practices. *African Journal of Agricultural Research*, 9(11), 950-955.

Goffaux, R., Goldringer, I., Bonneuil, C., Montalent, P., & Bonnin, I. (2011). Quels indicateurs pour suivre la diversité génétique des plantes cultivées? Le cas du blé tendre en France depuis un siècle.

Geiger, H. H. (2009). Doubled haploids. In *Handbook of maize* (pp. 641-657). Springer, New York, NY.

Geiger, H. H., & Gordillo, G. A. (2009). Doubled haploids in hybrid maize breeding. *Maydica*, 54(4), 485.

Gruber, H., Zenk, A., Rutzen, C. & Sacher, M. (2014). Roggen- und Triticalesorten für den Ökoanbau. *Bauernzeitung* 37/2014.

Haak, A. (2022). Neue Strategie im Weizenanbau, *Bioland* 06, 2022

Hallauer, A. R. & Carena, M. J. (2009). Maize breeding. In: *Handbook of plant breeding: Cereals*. Carena M. J. (ed.) Springer, New York, NY, pp. 3-98

Hallauer, A. R., Miranda Fo, J. B. & Carena, M. J. (2010). *Quantitative genetics in maize breeding*. 3rd ed, Springer, New York, NY

IÖW (2004). Agrobiodiversität entwickeln! Handlungsstrategien für eine nachhaltige Tier- und Pflanzenzucht. Endbericht. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. Öko-Institut e.V.. Schweisfurth-Stiftung. Freie Universität Berlin. Landesanstalt für Großschutzgebiete (Hrsg). Berlin 2004. Kap. 6. 99-100.

Kasozi, L. C., Derera, J., & Tongoona, P. (2015). Response of maize population "Longe5" to two cycles of modified S1 recurrent selection for resistance to maize weevil. *Euphytica*, 204(3), 587-598.

Knapp, S. (2021): Yield stability, yield development, and breeding progress in conventional and organic agriculture. Technische Universität München. Doktorarbeit.

Kutka, F. J. (2005). New and historical issues concerning open-pollinated maize cultivars in the United States. Cornell University.

Kutka, F. J., & Smith, M. E. (2007). How many parents give the highest yield in predicted synthetic and composite populations of maize?. *Crop science*, 47(5), 1905-1913.

Kutka, F. (2011). Open-pollinated vs. hybrid maize cultivars. *Sustainability*, 3(9), 1531-1554.

Lammerts van Bueren, E. T., & Osman, A. M. (2005). Achievements, problems and strategies in plant breeding for organic cereal production.

Lana, Marcos A.; Eulenstein, Frank; Schlindwein, Sandro L.; Graef, Frieder; Sieber, Stefan; Hertwig Bittencourt, Henrique von (2017): Yield stability and lower susceptibility to abiotic stresses of improved open-pollinated and hybrid maize cultivars (4).

- Macharia, C. N.; Njeru, C. M.; Ombakho, G. A.; Shiluli, M. S. (2010). Comparative performance of advanced generations of maize hybrids with a local maize variety: Agronomic and financial implications for smallholder farmers. In: *Journal of Animal & Plant Sciences* (2), S. 801–809. Online verfügbar unter <http://www.biosciences.elewa.org/JAPS>.
- Messmer, M., Wilbois, K. P., Baier, C., Schäfer, F., Arncken, C., Drexler, D., & Hildermann, I. (2012). *Techniken der Pflanzenzüchtung*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).
- Moreira, P. M., Pêgo, S. E., Vaz Patto, C., & Hallauer, A. R. (2008). Comparison of selection methods on 'Pigarro', a Portuguese improved maize population with fasciation expression. *Euphytica*, 163(3), 481-499.
- Mulamba, N. N., Hallauer, A. R., & Smith, O. S. (1983). Recurrent Selection for Grain Yield in a Maize Population 1. *Crop Science*, 23(3), 536-540.
- Murphy, Kevin; Lammer, Doug; Lyon, Steve; Carter, Brady; Jones, Stephen S. (2005): Breeding for organic and low-input farming systems: An evolutionary–participatory breeding method for inbred cereal grains (1).
- Müller, K. J. (2004). Pflanzensorten–wie finanziert man ein Kulturgut. *Lebendige Erde*, 4(2004), 18-21.
- Müllner, A. & Kunz, P. (2015). URL: <http://www.getreidezuechtung.ch/projekte/mais/methodenentwicklung-zum-aufbau-von-nachbaufaehigen-sorten-am-beispiel-mais> aufgerufen am 21.10.2015.
- Mwimali, M., Derera, J., Mugo, S., & Tongoona, P. (2015). Response to S1 recurrent selection for resistance to two stem borers, *Busseola fusca* and *Chilo partellus*, in two tropical maize populations. *Euphytica*, 206(3), 711-723.
- Pimbert, M. P. (2011). *Participatory research and on-farm management of agricultural biodiversity in Europe*. IIED.
- Pixley, K. V. (2006). Hybrid and open-pollinated varieties in modern agriculture. In *Plant breeding: the Arnel R. Hallauer international symposium* (pp. 234-250). Ames, Iowa, USA: Blackwell Publishing.
- Reif, J. C., Hamrit, S., Heckenberger, M., Schipprack, W., Maurer, H. P., Bohn, M., & Melchinger, A. E. (2005). Trends in genetic diversity among European maize cultivars and their parental components during the past 50 years. *Theoretical and Applied Genetics*, 111(5), 838-845.
- Reif, J. C., Hamrit, S., Heckenberger, M., Schipprack, W., Peter Maurer, H., Bohn, M., & Melchinger, A. E. (2005). Genetic structure and diversity of European flint maize populations determined with SSR analyses of individuals and bulks. *Theoretical and Applied Genetics*, 111(5), 906-913.
- Smith, M., Seiter, S., Pleasan, J. M., Kutka, F., & Reid, L. (2003). Performance of open-pollinated corn varieties for grain and silage production. In *Proc. 58th Northeast Corn Improvement Conf.* Ottawa, CA.
- Tirado, R., & Cotter, J. (2010). *Ecological farming: Drought-resistant agriculture*. Exeter, UK: Greenpeace Research Laboratories.
- Roeckl, C., & Reuter, K. (2006). Eine Aufgabe für die gesamte Wertschöpfungskette. *Ökologie und Landbau*, 138, 20-22.

Rodriguez, O. A., & Hallauer, A. R. (1988). Effects of recurrent selection in corn populations. *Crop science*, 28(5), 796-800.

Tiwari, T. P., Virk, D. S., & Sinclair, F. L. (2009). Rapid gains in yield and adoption of new maize varieties for complex hillside environments through farmer participation: I. Improving options through participatory varietal selection (PVS). *Field crops research*, 111(1-2), 137-143.

Urbatzka, P. (2011). Erhaltungszüchtung und Weiterentwicklung von Körnerleguminosen im Rahmen von bäuerlicher Züchtungs- und Vermehrungsarbeit.

Wegenast, T., Utz, H. F., Longin, C. F. H., Maurer, H. P., Dhillon, B. S., & Melchinger, A. E. (2010). Hybrid maize breeding with doubled haploids: V. Selection strategies for testcross performance with variable sizes of crosses and S1 families. *Theoretical and applied genetics*, 120(4), 699-708.

Weltzien, E., Smith, M. E., Meitzner, L. S., & Sperling, L. (2003). Technical and institutional issues in participatory plant breeding—from the perspective of formal plant breeding: A global analysis of issues, results, and current experience. PPB monograph.

Wolfe, M.S., Baresel, J.P., Desclaux, D. et al. (2008). Developments in breeding cereals for organic agriculture. *Euphytica* 163, 323–346. <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9690-9>.

10 Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

Alle bis zur Berichtsabgabe im Rahmen des Vorhabens realisierten Veröffentlichungen sind unter Teilprojekt 5 – Wissenstransfer übersichtlich aufgelistet (vgl. Kapitel 4.5.2 Veröffentlichungen). Direkt im Anschluss an den Berichtszeitraum sollen außerdem Praxismerkblätter (nach BLE/BÖLN-Vorlage) erstellt und veröffentlicht werden. Des Weiteren soll die neue Webseite zu Maispopulationen regelmäßig aktualisiert und um neue Ergebnisse und Veröffentlichungen sowie Informationen und Veranstaltungen zu den Maispopulationen ergänzt werden.

11 Anhang

Anhang 1 Ergebnisse der TP1-Leistungsprüfung für das Original Set 2018-2020 als Mittelwerte über drei Jahre und über alle Orte sowie getrennt für konventionell (konv.) und ökologische (öko) Standorte. Absolutwerte links und Relativwerte [%] im Vergleich zur jeweiligen Ausgangspopulation rechts

Mangel nach Feldaufgang [Bonitur]	Bezeichnung	Absolutwerte			Relativwerte [%]		
		alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	3,15	3,17	3,11	100	100	100
	6805_M	2,48	2,72	2,00	78,8	86,0	64,3
	6805_E	2,52	2,78	2,00	80,0	87,7	64,3
	6805_S1	3,54	3,27	4,00	112,5	103,2	128,6
	6805_Hapl	3,19	3,33	2,89	101,2	105,3	92,9
	StM_Ausg	3,85	3,94	3,67	100	100	100
	StM_M	3,26	3,39	3,00	84,6	85,9	81,8
	StM_E	3,30	3,28	3,33	85,6	83,1	90,9
	StM_S1	3,85	3,78	4,00	100,0	95,8	109,1
	StM_Hapl	3,11	3,22	2,89	80,8	81,7	78,8
	Almito	3,11	3,39	2,56	-	-	-
	Bogdan	3,07	3,44	2,33	-	-	-
Länge [cm]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	251,29	262,71	233,03	100	100	100
	6805_M	242,19	249,38	230,70	96,4	94,9	99,0
	6805_E	240,88	251,79	223,43	95,9	95,8	95,9
	6805_S1	235,87	243,31	219,63	93,9	92,6	94,2
	6805_Hapl	245,38	256,29	227,93	97,6	97,6	97,8
	StM_Ausg	269,95	282,29	250,20	100	100	100
	StM_M	272,72	287,83	248,53	101,0	102,0	99,3
	StM_E	266,04	277,13	248,30	98,6	98,2	99,2
	StM_S1	260,19	272,46	240,57	96,4	96,5	96,1
	StM_Hapl	261,65	274,54	241,03	96,9	97,3	96,3
	Almito	248,88	263,58	225,37	-	-	-
	Bogdan	258,03	267,88	242,27	-	-	-
Bestockung [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	3,21	3,67	2,46	100	100	100
	6805_M	2,66	2,92	2,25	83,1	79,5	91,6
	6805_E	3,12	3,56	2,42	97,3	96,9	98,2
	6805_S1	3,63	3,99	3,12	113,2	108,8	126,7
	6805_Hapl	4,04	5,23	2,12	125,9	142,5	86,3
	StM_Ausg	5,47	5,96	4,64	100	100	100
	StM_M	3,70	4,15	2,98	67,7	69,7	64,3
	StM_E	3,52	3,74	3,16	64,3	62,7	68,3
	StM_S1	5,26	4,82	5,97	96,2	80,9	128,9
	StM_Hapl	5,43	5,95	4,59	99,2	99,9	99,1
	Almito	2,87	3,42	2,01	-	-	-
	Bogdan	4,72	6,51	1,86	-	-	-
Stängelbruch[%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	0,58	0,62	0,53	100	100	100
	6805_M	1,27	1,44	1,08	219,9	231,0	204,2

	6805_E	0,80	0,60	1,03	137,8	96,9	195,7
	6805_S1	0,98	1,01	0,94	168,4	162,2	178,3
	6805_Hapl	0,85	0,89	0,81	147,2	142,4	153,8
	StM_Ausg	0,68	0,71	0,65	100	100	100
	StM_M	0,56	0,28	0,89	81,3	39,2	136,2
	StM_E	0,65	0,53	0,79	94,7	74,9	120,5
	StM_S1	1,44	0,48	2,60	211,3	67,6	398,5
	StM_Hapl	1,49	0,52	2,65	217,6	73,7	404,9
	Almito	0,70	0,49	0,96	-	-	-
	Bogdan	0,93	1,08	0,75	-	-	-
HTR [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	4,86	5,37	3,85	100	100	100
	6805_M	4,61	5,04	3,76	94,9	93,9	97,7
	6805_E	4,70	5,47	3,17	96,7	101,9	82,2
	6805_S1	4,02	4,02	4,00	82,6	75,0	103,9
	6805_Hapl	4,40	5,07	3,04	90,4	94,6	79,0
	StM_Ausg	3,86	3,83	3,91	100	100	100
	StM_M	3,53	3,51	3,58	91,6	91,6	91,5
	StM_E	3,01	3,46	2,12	78,1	90,3	54,3
	StM_S1	3,38	3,43	3,29	87,7	89,5	84,1
	StM_Hapl	3,79	3,67	4,02	98,2	95,8	102,8
	Almito	5,14	6,39	2,65	-	-	-
	Bogdan	4,36	5,00	3,09	-	-	-
Maiszünsler [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	5,28	7,58	0,69	100	100	100
	6805_M	5,46	7,61	1,15	103,4	100,5	166,4
	6805_E	6,65	9,32	1,31	125,8	123,0	188,6
	6805_S1	4,36	6,20	1,16	82,6	81,8	167,3
	6805_Hapl	4,76	6,76	0,77	90,2	89,2	111,3
	StM_Ausg	4,02	5,65	0,77	100	100	100
	StM_M	3,37	4,81	0,49	83,8	85,2	64,0
	StM_E	3,67	5,09	0,84	91,3	90,1	109,5
	StM_S1	2,23	3,25	0,20	55,5	57,5	25,8
	StM_Hapl	4,18	6,27	0,00	103,9	111,0	0,0
	Almito	4,17	5,96	0,58	-	-	-
	Bogdan	4,33	6,32	0,35	-	-	-
Beulenbrand [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	8,38	6,23	11,82	100	100	100
	6805_M	8,19	7,21	9,77	97,8	115,8	82,6
	6805_E	5,28	4,73	6,15	63,0	76,0	52,0
	6805_S1	7,56	5,50	10,45	90,3	88,3	88,4
	6805_Hapl	4,96	4,40	5,87	59,3	70,6	49,7
	StM_Ausg	10,05	7,44	14,23	100	100	100
	StM_M	9,88	7,20	14,17	98,3	96,8	99,6
	StM_E	9,75	8,44	11,85	97,0	113,5	83,3
	StM_S1	9,02	6,50	13,05	89,7	87,4	91,7
	StM_Hapl	9,11	6,60	13,12	90,6	88,8	92,2
	Almito	3,79	3,91	3,61	-	-	-
	Bogdan	3,60	3,78	3,32	-	-	-

Stängelfäule [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	2,51	3,40	0,95	100	100	100
	6805_M	3,21	3,79	2,19	127,7	111,3	230,2
	6805_E	1,99	2,47	1,13	79,0	72,7	118,8
	6805_S1	2,28	2,85	1,41	90,6	83,8	148,4
	6805_Hapl	2,45	3,15	1,24	97,7	92,4	130,6
	StM_Ausg	1,19	1,33	0,94	100	100	100
	StM_M	1,21	1,58	0,58	101,8	119,0	61,7
	StM_E	1,23	1,56	0,61	103,2	117,3	65,0
	StM_S1	1,22	1,64	0,48	102,0	123,6	51,0
	StM_Hapl	1,76	1,78	1,73	147,5	133,9	184,5
	Almito	2,20	2,72	1,31	-	-	-
	Bogdan	2,60	3,31	1,35	-	-	-
Lager [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	13,54	14,45	12,27	100	100	100
	6805_M	11,04	12,47	9,04	81,6	86,3	73,7
	6805_E	12,55	12,91	12,03	92,7	89,4	98,1
	6805_S1	10,19	11,29	8,88	75,3	78,1	72,4
	6805_Hapl	10,38	12,26	7,74	76,7	84,9	63,1
	StM_Ausg	9,40	8,36	10,86	100	100	100
	StM_M	10,78	10,85	10,67	114,6	129,8	98,3
	StM_E	10,76	11,60	9,58	114,4	138,8	88,2
	StM_S1	4,59	4,31	4,97	48,8	51,6	45,8
	StM_Hapl	10,32	11,05	9,30	109,8	132,2	85,6
	Almito	2,67	3,64	1,33	-	-	-
	Bogdan	7,47	7,20	7,85	-	-	-
TS-Gehalt [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	70,17	70,32	69,94	100	100	100
	6805_M	70,97	70,88	71,11	101,1	100,8	101,7
	6805_E	70,30	70,39	70,15	100,2	100,1	100,3
	6805_S1	71,47	72,06	70,65	101,8	102,5	101,0
	6805_Hapl	70,39	70,25	70,62	100,3	99,9	101,0
	StM_Ausg	62,16	61,98	62,46	100	100	100
	StM_M	61,60	61,49	61,77	99,1	99,2	98,9
	StM_E	62,78	62,65	62,98	101,0	101,1	100,8
	StM_S1	62,03	61,92	62,22	99,8	99,9	99,6
	StM_Hapl	61,84	62,11	61,43	99,5	100,2	98,3
	Almito	70,08	70,22	69,85	-	-	-
	Bogdan	67,99	67,69	68,48	-	-	-
Ertrag [dt/ha]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805_Ausg	77,56	79,45	74,53	100	100	100
	6805_M	77,91	79,88	74,75	100,5	100,5	100,3
	6805_E	79,25	78,41	80,61	102,2	98,7	108,2
	6805_S1	79,71	80,26	78,93	102,8	101,0	105,9
	6805_Hapl	77,24	77,75	76,41	99,6	97,9	102,5
	StM_Ausg	78,67	76,19	82,63	100	100	100
	StM_M	80,44	75,12	88,94	102,3	98,6	107,6
	StM_E	82,64	80,11	86,70	105,1	105,1	104,9

	StM_S1	84,82	82,26	88,91	107,8	108,0	107,6
	StM_Hapl	86,82	83,75	91,74	110,4	109,9	111,0
	Almito	96,79	98,60	93,88	-	-	-
	Bogdan	92,30	90,82	94,67	-	-	-

Anhang 2 Ergebnisse der TP1-Leistungsprüfung für das Neue Set 2020-2021 als Mittelwerte über zwei Jahre und über alle Orte sowie getrennt für konventionell (konv) und ökologische (öko) Standorte. Absolutwerte links und Relativwerte [%] im Vergleich zur Ausgangspopulation rechts

Mangel nach Feldaufgang [Bonitur]	Bezeichnung	Absolutwerte			Relativwerte [%]		
		alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	2,58	2,44	3,00	100	100	100
	6805 - 2019	3,00	2,89	3,33	116,1	118,2	111,1
	6805 - 25best	3,33	3,00	4,33	129,0	122,7	144,4
Länge [cm]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	250,00	264,44	228,33	100	100	100
	6805 - 2019	252,00	259,44	240,83	100,8	98,1	105,5
	6805 - 25best	254,00	265,56	236,67	101,6	100,4	103,6
Bestockung [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	7,78	3,51	15,48	100	100	100
	6805 - 2019	3,48	2,86	4,41	44,7	81,5	28,5
	6805 - 25best	3,64	3,12	4,40	46,7	89,0	28,4
Stängelbruch [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	0	0	0	-	-	-
	6805 - 2019	0	0	0	-	-	-
	6805 - 25best	0	0	0	-	-	-
HTR [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	5,93	4,72	7,74	100	100	100
	6805 - 2019	5,84	5,65	6,14	98,6	119,7	79,4
	6805 - 25best	4,98	4,70	5,41	84,1	99,7	69,9
Maiszünsler [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	4,33	2,68	6,81	100	100	100
	6805 - 2019	3,51	5,50	0,52	81,0	205,2	7,7
	6805 - 25best	3,90	3,74	4,16	90,2	139,5	61,1
Beulenbrand [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	2,61	4,08	0,40	100	100	100
	6805 - 2019	2,81	4,69	0	107,8	114,8	-
	6805 - 25best	1,96	3,26	0	75,0	79,9	-
Stängelfäule [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	1,12	1,30	0,78	100	100	100
	6805 - 2019	2,66	3,28	1,71	237,5	252,0	218,3
	6805 - 25best	1,64	1,60	1,71	147,0	122,8	217,7
Lager [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	1,04	1,57	0	100	100	-
	6805 - 2019	0,83	1,24	0	79,4	79,4	-
	6805 - 25best	0	0	0	-	-	-
TS-Gehalt [%]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	72,08	73,11	70,54	100	100	100

	6805 - 2019	71,64	72,42	70,48	99,4	99,1	99,9
	6805 - 25best	71,22	72,10	69,90	98,8	98,6	99,1
Ertrag [dt/ha]	Bezeichnung	alle Orte	konv.	öko	alle Orte	konv.	öko
	6805 - 2016	92,53	102,68	77,32	100	100	100
	6805 - 2019	103,04	109,06	94,01	111,4	106,2	121,6
	6805 - 25best	97,38	105,85	84,69	105,2	103,1	109,5

Weitere Informationen

Weitere Informationen und Daten der einzelnen Teilprojekte können bei der Projektkoordination Dr. Barbara Eder (Barbara.Eder@lfl.bayern.de) angefragt werden.

Die einzelnen Jahresberichte zu TP2 können beim Projektpartner Bundessortenamt Friedhilde Trautwein (Friedhilde.Trautwein@bundessortenamt.de) abgefragt werden.

Weitere Daten der Auswertung von TP3 sind in der Bachelorarbeit von T. Flakus zu finden.
 Link zur Bachelorarbeit: https://maispopulationen.files.wordpress.com/2022/09/flakus-tobias_2022.07.27.pdf