

Methodenvergleich zur Entwicklung von optimalen Maissorten (Populations- und Hybridsorten) für den Ökologischen Landbau

Comparison of methods for the development of optimal maize varieties for organic farming

FKZ: 03OE651/1

Projektnehmer:

KWS Saat AG
Institut für Pflanzenzüchtung

Grimsehlstraße 31, 37555 Einbeck

Tel.: +49 5561 311-0

Fax: +49 5561 311-322

E-Mail: info@kws.com

Internet: <http://www.kws.de>

FKZ: 03OE651/2

Projektnehmer:

Universität Hohenheim
Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und
Populationsgenetik

Fruwirthstraße 21, 70599 Stuttgart

Tel.: +49 711 459-22706

Fax: +49 711 459-22343

E-Mail: post@uni-hohenheim.de

Internet: <http://www.uni-hohenheim.de>

Autoren:

Burger, Henriette; Schmidt, Walter; Geiger, Hartwig H.

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Gemeinsamer Abschlußbericht

Zuwendungsempfänger:

KWS SAAT AG,
Institut für Pflanzenzüchtung
Grimsehlstr. 31
37555 Einbeck

Förderkennzeichen:

03OE651/1

Universität Hohenheim,
Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgut-
forschung und Populationsgenetik
70593 Stuttgart

03OE651/2

Vorhabenbezeichnung:

Methodenvergleich zur Entwicklung von optimalen Maissorten (Populations- und Hybridsorten) für den Ökologischen Landbau

Laufzeit des Vorhabens:

01. April 2004 bis 31. Dezember 2006

Berichtszeitraum:

01. April 2004 bis 31. Dezember 2006

Inhaltsverzeichnis

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	3
1.1 Ziele des Projekts	3
1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	6
1.3 Planung und Ablauf des Projekts	9
2. Material und Methoden	12
2.1 Leistungsprüfungen	12
2.2 Arbeiten in den Zuchtgärten der KWS SAAT AG	16
2.3 Statistische Auswertung	18
3. Ergebnisse	21
3.1 Ergebnisse zum Problemkreis „Anpassung und Selektionsstrategie“	21
3.2 Ergebnisse zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“	25
3.3 Ergebnisse zum Problemkreis „Genetische Ressourcen“	27
3.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse; Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse	32
4. Gegenüberstellung der geplanten zu den tatsächlichen Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	33
5. Zusammenfassung	35
5.1 Kurzfassung (deutsch)	35
5.2 Abstract (english)	36
6. Literatur	37
7. Übersicht über die im Berichtszeitraum realisierten Veröffentlichungen	38
Anhang	39

Methodenvergleich zur Entwicklung von optimalen Maissorten (Populations- und Hybridsorten) für den Ökologischen Landbau

Das Projekt „Methodenvergleich zur Entwicklung von optimalen Maissorten (Populations- und Hybridsorten) für den Ökologischen Landbau“ ist ein vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) gefördertes Verbundprojekt. Verbundpartner sind die KWS SAAT AG und die Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik. Das Projekt wurde durchgeführt im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau. Es begann im April 2004 und endete im Dezember 2006.

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

1.1 Ziele des Projekts

Der Ökologische Landbau hat in den letzten Jahren in Deutschland an Bedeutung gewonnen. Für die Pflanzenzüchtung stellt sich deshalb verstärkt die Frage, ob die Zuchtziele und der Sortentyp auf die spezifischen Anforderungen der ökologischen Wirtschaftsweise abgestimmt werden müssen.

Im vorliegenden Projekt dient die Fruchtart Mais als Beispiel. Beim Anbau unter ökologischen Bedingungen müssen Maissorten neben pflanzenbaulichen Standardkriterien eine Reihe zusätzlicher Anforderungen erfüllen. Es läßt sich hierbei ein Zusammenspiel verschiedener genetisch bedingter Wuchs- und Entwicklungseigenschaften beobachten, die eine wichtige Bedeutung für den ökologischen Anbau haben: Da das Saatgut im Ökologischen Landbau nicht chemisch gebeizt wird, ist eine genetisch verankerte gute Keimfähigkeit entscheidend für den Feldaufgang. Eine daran anschließende rasche Jugendentwicklung führt zu einer erhöhten Konkurrenzkraft gegenüber Beikräutern. Diese Eigenschaft ist neben der Toleranz gegen mechanische Beikrautbekämpfung eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Pflanzenentwicklung unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus, da dort keine chemischen Herbizide verwendet werden dürfen. Da außerdem keine synthetischen Düngemittel eingesetzt werden dürfen, ist eine optimierte Nährstoffeffizienz eine maßgebliche Sorteneigenschaft im Ökologischen Landbau.

Neben der Verbesserung einzelner Eigenschaften ist aber vor allem eine hohe Ertragsstabilität zentrales Ziel bei der Sortenentwicklung für den Ökologischen Landbau. Hier ist zum einen zu prüfen, ob beim Anbau unter ökologischen Bedingungen genetische bedingte Unterschiede in der phänotypischen Stabilität von Sorten festzustellen sind. Zum anderen ist zu untersuchen, ob durch eine Erhöhung der genetischen Variabilität innerhalb von Sorten das Puffervermögen gegen unterschiedliche Umwelteinflüsse verbessert werden kann. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass im Ökologischen Landbau bevorzugt solche Sorten angebaut werden, die ein Landwirt selbst nachbauen kann, um auf diese Weise das Prinzip des geschlossenen Hofkreislaufs zu gewährleisten. Die handelsüblichen Hybridmaissorten bieten weder die Möglichkeit des Nachbaus noch weisen sie eine hohe genetische Variabilität auf. Besser geeignet in dieser Hinsicht sind sogenannte Synthetische Sorten, das sind aus vorgeprüften Erbkomponenten (Elternformen) aufgebaute Populationssorten. Allerdings weisen Populationssorten gegenüber Hybriden ein geringeres Leistungspotential auf. Es ist daher zu klären, inwieweit dies gegenüber den obigen Vorteilen wirtschaftlich ins Gewicht fällt. Zu diesem Zweck sollen für die Bedingungen des Ökologischen Landbaus optimierte Synthetics mit ebenfalls hierfür optimierten Hybriden verglichen werden. Da das Leistungspotential von Synthetischen Sorten maßgeblich bestimmt wird durch die Anzahl und Herkunft ihrer Komponenten sowie durch die Anzahl der Generationen, in denen bereits ein freies Abblühen erfolgen konnte (Syn-Generationen), ist zu untersuchen, in welchem Umfang sich Leistungsunterschiede zwischen unterschiedlich strukturierten Synthetics ergeben.

Da man beim Maisanbau unter ökologischen Bedingungen in vielen Fällen zumindest zeitweise mit einer verringerten Stickstoffverfügbarkeit rechnen muß, spielt - wie oben angesprochen - die genetisch bedingte Nährstoffeffizienz eine große Rolle. Um sie zu verbessern, hofft man, genetische Ressourcen aus alten Mais-Landrassen nutzbar machen zu können. Besonders geeignet hierfür erscheinen aus den Landrassen entwickelte homozygote Linien, da diese die größte genetische Differenzierung erwarten lassen.

Im Hinblick auf vorstehende Problemstellungen verfolgte das vorliegende Forschungsvorhaben am Beispiel der Fruchtart Mais folgende Ziele:

(1) Optimierung der Selektionsstrategie zur Entwicklung von Maissorten mit spezieller Anpassung an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus.

Als zentrale Frage war hierbei zu klären, ob für die Entwicklung von Sorten mit spezieller Anpassung an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus eigenständige, von konventionellen Programmen unabhängige Zuchtgänge erforderlich sind oder ob integrierte Ansätze effizienter sind.

(2) Entwicklung neuer Sorten (Populations- und Hybridsorten) für den Ökologischen Landbau.

Hauptziel dieses Projektabschnitts war die rasche Bereitstellung von Sorten, die für den Ökologischen Landbau geeignet sind. Da durch die Einführung der Doppelhaploiden(DH)-Technik in der Maiszüchtung die Evaluierung von Zuchtmaterial enorm beschleunigt wurde, sollten bereits im Zeitrahmen des Projekts geeignete Hybriden identifiziert und ggf. erste Öko-Hybriden beim Bundessortenamt angemeldet werden. Darüber hinaus sollten in einem zweijährigen Zuchtverfahren ein Set spezifisch an den Ökolandbau angepaßter Experimentalhybriden sowie unterschiedlich strukturierte Synthetics entwickelt werden.

(3) Erschließung genetischer Ressourcen für den Ökologischen Landbau, insbesondere aus Landsorten, die auf Low-Input-Eignung vorgeprüft wurden.

Im Focus der hierzu vorgesehenen Experimente stand die Frage, ob Zuchtmaterialien, die aus den oben genannten vorgeprüften Landrassen entwickelt wurden, eine spezifische Anpassung an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus aufweisen und somit bei der Züchtung von Öko-Sorten einsetzbar sind.

Auf diese drei Ziele wird im folgenden unter den Stichworten „Anpassung und Selektionsstrategie“, „Entwicklung neuer Sorten“ und „Genetische Ressourcen“ Bezug genommen.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

1.2.1 Wissenschaftlicher Stand auf dem Gebiet der „Anpassung und Selektionsstrategie“

Nach derzeitigem Kenntnisstand liegen bisher keine wissenschaftlichen Arbeiten zur züchterischen Anpassung von Mais an den Ökologischen Landbau vor. Durch Arbeiten zur Zuchtmethodik stickstoffeffizienter Maissorten (PRESTERL et al. 2002, PRESTERL et al. 2003) stehen aber bereits wertvolle Informationen zu einem maßgeblichem Teilaspekt der Problematik zur Verfügung.

Unabhängig von Pflanzenart und Streßfaktor wird seit vielen Jahren theoretisch diskutiert, ob die Entwicklung spezifisch angepaßter Sorten ausschließlich unter den Umweltbedingungen der späteren Verwendung erfolgen muß oder ob ggf. auch unter anderen Umweltbedingungen erfolgreich selektiert werden kann. Aus selektionstheoretischer Sicht geht es hierbei um die Abwägung zwischen einer sogenannten direkten Selektion, die immer in der Umwelt der späteren Sortenverwendung erfolgt, und einer indirekten Selektion, die nicht in der für die Sorte vorgesehenen Zielumwelt durchgeführt wird. FALCONER und MACKAY (1996) stellen in ihrem Lehrbuch ein seit mehreren Jahrzehnten verwendetes quantitativ-genetisches Beurteilungsschema vor, das es erlaubt den erwarteten Erfolg einer direkten Selektion mit dem einer indirekten Selektion zu vergleichen. Anhand der dort gegebenen Formeln können mit Hilfe verschiedener statistischer Einzelparameter Schätzwerte für den erwarteten direkten bzw. indirekten Selektionserfolg ermittelt werden, die die Abwägung verschiedener Handlungsalternativen erlauben. Die hierbei maßgeblichen Einzelparameter sind die genotypische Varianz, die Heritabilität sowie der genotypische Korrelationskoeffizient zwischen verschiedenen Selektionsumwelten. (Formeln und weitere Erläuterungen zu den statistischen Parametern siehe Abschnitt Material und Methoden).

Aufbauend auf diesem Beurteilungsschema vergleichen HARRER und UTZ (1990) in einer Modellstudie drei Handlungsalternativen zur Züchtung Low-Input-geeigneter Maissorten. Als Alternativen stellen sie gegenüber:

- (i) Gemeinsame Selektion von Low-Input- und High-Input-geeigneten Genotypen ausschließlich auf einer der beiden Input-Stufen.

- (ii) Kombinierte Selektion sowohl unter High- als auch unter Low-Input-Bedingungen. Durchführung der Selektion mit Hilfe eines Selektionsindexes.
- (iii) Getrennte Selektion von Low-Input- und High-Input-geeigneten Genotypen unter den Bedingungen der jeweils später angestrebten Verwendung.

Unter der Annahme gleicher Heritabilitäten bei High- und Low-Input-Bedingungen empfehlen die Autoren bei genotypischen Korrelationskoeffizienten im Bereich von $r_g = 0,7$ bis $r_g = 1,0$ eine kombinierte Selektion. Bei kleineren Korrelationskoeffizienten geben sie dagegen einer getrennten Selektion den Vorzug. Nur bei sehr unterschiedlichen Heritabilitäten auf den beiden verschiedenen Input-Stufen sehen sie einen Vorteil in einer indirekten Selektion auf der Stufe mit der höheren Heritabilität. Die von HARRER und UTZ (1990) am Beispiel der Low-Input-Sorten aufgezeigten Handlungsalternativen und die von ihnen aus der Modellstudie abgeleiteten Empfehlungen können direkt auf die Züchtung von Sorten für den Ökologischen Landbau übertragen werden.

In der Literatur zum Ökologischen Landbau liegen bisher keine Angaben zu statistischen Einzelparametern vor, die eine Schätzung von direktem bzw. indirektem Selektionserfolg ermöglichen und damit eine vergleichende Beurteilung züchterischer Handlungsalternativen erlauben.

1.2.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand auf dem Gebiet der „Entwicklung neuer Sorten“

Nach derzeitigem Kenntnisstand wurden in Deutschland bis zum Jahr 2003 keine Maissorten mit einer spezifischen Anpassung an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus gezüchtet. Weder für Hybriden noch für Synthetics wurden derartige Bemühungen unternommen. Nahezu 100 % der heutzutage kommerziell vertriebenen Maissorten sind Hybridsorten. Synthetische Sorten dagegen spielen in der praktischen Maiszüchtung keine Rolle, obwohl in der Züchtungsforschung immer wieder die Möglichkeit diskutiert wurde, Synthetische Sorten als alternative Sortenstruktur zu Hybriden zu etablieren. Die Arbeiten von BECKER und SCHNELL (1988) sowie TRETTER et al. (1997) geben Anhaltspunkte zum Stand der Forschung, an den mit dem vorliegenden Projekt angeknüpft werden konnte. Arbeiten wie die von SATTLER (1985) belegen die Bedeutung, die von biologisch-dynamischer Seite der

Vermehrbarkeit von Sorten im Hofkreislauf zugemessen wird. Die aktuelle Bedeutung Synthetischer Sorten ist bei verschiedenen Pflanzenarten unterschiedlich hoch. Bei Pflanzenarten, bei denen Hybriden und Synthetics in Konkurrenz zueinander stehen, ist die Bedeutung der Synthetics grundsätzlich geringer. Der Grund hierfür liegt im niedrigeren Leistungspotential der Synthetics beruhend auf ihrem geringeren Heterozygotiegrad (BECKER 1988).

1.2.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand auf dem Gebiet der Erschließung „Genetischer Ressourcen“

Die Integration Genetischer Ressourcen in aktuelle Zuchtprogramme hat für den Ökologischen Landbau besondere Bedeutung, da man davon ausgeht, dass während der züchterischen Selektionsprozesse der letzten fünfzig Jahre durch eine einseitige Ausrichtung auf die Bedürfnisse der konventionellen Landwirtschaft Allele verloren gegangen sind, die für den Ökologischen Landbau nützlich sein könnten. Von der Integration Genetischer Ressourcen ins Zuchtmaterial erhofft man sich die Wiedergewinnung dieser Allele.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Aspekten, die den Einsatz von Genetischen Ressourcen unabhängig von der gewählten Wirtschaftsweise interessant machen. Diese Aspekte werden von ALBRECHT and DUDLEY (1987) im Zusammenhang mit der Einkreuzung von exotischem Maismaterial in amerikanisches Elite-Zuchtmaterial folgendermaßen zusammengefaßt:

- Eine durch den Einsatz Genetischer Ressourcen gesteigerte genetische Diversität bietet eine Absicherung gegen unvorhersagbare biologische und umweltbedingte Einflüsse.
- Genetische Ressourcen stellen eine Quelle für spezifische Eigenschaften dar.
- Der Einsatz Genetischer Ressourcen kann sich auf den Ertrag günstig auswirken, indem durch die neu eingebrachten Allele die genetische Variation und die Heterosis gesteigert werden.

Trotz dieser unbestrittenen Vorteile wurde der Einsatz Genetischer Ressourcen in kommerziellen Maiszuchtprogrammen bisher nur sehr zögerlich betrieben. Der Grund war das Fehlen einer effektiven Technik, die es ermöglicht, günstige Allele schnell in modernes

Zuchtmaterial einzuführen, ohne langwierige rekurrente Rückkreuzungs- und Selektionsverfahren durchlaufen zu müssen. Das Hauptproblem bestand darin, dass nach Kreuzung von Landrassen mit Elitematerial ein starker Abfall der Linieneigenleistung auftrat und viele Linien nicht lebensfähig waren. Aufgrund maskierender Dominanzeffekte an zunächst nicht homozygoten Loci bedurfte es in der Regel mehrerer Züchtungszyklen, um die Frequenz nicht lebensfähiger Linien hinreichend reduzieren zu können. Im Gegensatz zu herkömmlich entwickelten Inzuchtlinien sind DH-Linien von der ersten Generation an vollständig homozygot. Ungünstige rezessive Allele können deshalb in einem einzigen Selektionsschritt erkannt und eliminiert werden. Mit der in der Arbeitsgruppe Geiger zur Praxisreife entwickelten DH-Technik (RÖBER et al. 2005) steht damit seit einigen Jahren ein Werkzeug zur Verfügung, das es ermöglicht, günstige Allele aus Landrassen schnell und effizient für moderne Zuchtprogramme nutzbar machen zu können. Mit der DH-Methode können vitale homozygote Linien nicht nur aus Kreuzungen der Landrassen mit Elitematerial, sondern auch direkt aus Landrassen gewonnen werden.

Schon vor der Planung des vorliegenden Projekts waren in einem anderen gemeinsamen Forschungsprojekt der Arbeitsgruppe Geiger und der KWS SAAT AG hundert alte Landrassen unter Low-Input-Bedingungen auf ihre Kombinationsfähigkeit zu aktuellem Elitezuchtmaterial getestet worden. Von den damals erfolgreichsten Landrassen wurden vier als Ausgangspopulationen für die Gewinnung der im vorliegenden Projekt benötigten Landrassen-DH-Linien (LR-Linien) ausgewählt.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Als zentrale Elemente des Projektes waren drei mehrortige Leistungsprüfungen in den Jahren 2004 und 2005 vorgesehen (Tab. 1). Dabei sollten neben Testkreuzungen einer breiten Stichprobe von modernem Elite-Zuchtmaterial auch Testkreuzungen mit Landrassen-Linien geprüft werden („GCA-Tests“). Es sollten hieraus zum einen zuchttheoretische Informationen zur Sortenentwicklung unter ökologischen Anbaubedingungen (Problemkreis „Anpassung und Selektionsstrategie“) gewonnen werden. Zum anderen sollten konkrete Fortschritte in der Sortenentwicklung für den Ökologischen Landbau (Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“) erzielt werden. Nach Möglichkeit sollten vielversprechende Linien frühzeitig identifiziert und in die KWS-Sortenentwicklung eingebracht werden, um damit erste Anmeldungen von „Öko-Hybriden“ beim Bundessortenamt zu ermöglichen.

Außerdem sollten erste Erkenntnisse zur Brauchbarkeit von Landrassen als Genetische Ressourcen für den Ökologischen Lanbau gesammelt werden. (Problemkreis „Genetische Ressourcen“). Aufbauend auf den gewonnenen Informationen sollten weitere Schritte in den Zuchtgärten der KWS durchgeführt werden. Als Erfolgskontrolle wurden zwei abschließende Leistungsprüfungen („Abschluß-LPs“) im Jahr 2006 geplant. Gemäß Projektantrag waren im einzelnen folgende Arbeitsschritte vorgesehen (Tab. 1).

Tab. 1: Geplante Arbeitsschritte im Projekt Methodenvergleich zur Entwicklung von optimalen Maissorten (Populations- und Hybridsorten) für den Ökologischen Landbau

Arbeitsschritt	Vegetationsperiode				
	2004	04/05	2005	05/06	2006
Anpassung und Selektionsstrategie					
Leistungsprüfung (1. GCA-Test) ¹	■				
Saatguterzeugung für 2. GCA-Test		■			
Leistungsprüfung (2. GCA-Test) ¹			■		
Abschließende Versuchsergebnisse s.u. bei Leistungsprüfung (Abschluß-LP) zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“					
Entwicklung neuer Sorten					
Faktorielle Kreuzungen 176 F ₁ en als Basis für Synthetics		■			
Saatguterzeugung Syn-2 (44/44) ² + Syn-3 (44/44)			■	■	
Saatguterzeugung Syn-2 (22/22)+ Syn-3 (22/22)				■ ■	
Saatguterzeugung Syn-2 (11/11) + Syn-3 (11/11)				■ ■	
Frühzeitige Übernahme erfolgreicher Linien in die KWS-Sortenentwicklung und ggf. Anmeldung erster Öko-Hybriden beim BSA		■		■	
Saatguterzeugung von zwei Sets spezifisch entwickelter Experimentalhybriden (ÖKO-Hybriden ³ , KON-Hybriden ³)				■	
Leistungsprüfung (Abschluß-LP) ⁴					■
Genetische Ressourcen					
Linienvermehrung	■				
Saatguterzeugung für GCA-Test		■			
Leistungsprüfung (GCA-Test) ⁴			■		
Saatguterzeugung faktorielle Kreuzungen				■	
Leistungsprüfung (Abschluß-LP) ⁴					■

- 1) Gemäß Projektantrag war die Durchführung der Leistungsprüfung an drei Orten unter ökologischen Anbaubedingungen und zusätzlich an einem der Orte unter konventionellen Bedingungen vorgesehen. Um die Orthogonalität der Versuche zu gewährleisten stellte die KWS SAAT AG zusätzlich zu den im Projektantrag vorgesehenen Flächen zwei konventionell bewirtschaftete Flächen in Grucking und Einbeck zur Verfügung.
- 2) ‘Syn’= ‘Synthetic’. Die erste Ziffer nach der Strukturangabe ‘Syn’ gibt an, in der wievielten Generation freien Abblühens die Sorte steht. Die Ziffern in Klammern geben an, aus wievielen Flint bzw. Dent-Komponenten die Sorte zusammengesetzt ist.
- 3) ÖKO-Hybriden, KON-Hybriden = unter ökologischen bzw. konventionellen Bedingungen entwickelte Hybriden.
- 4) Gemäß Projektantrag war die Durchführung der Leistungsprüfung an drei Orten unter ökologischen Anbaubedingungen vorgesehen. Um die Aussagekraft der Versuche zu erhöhen, stellten die KWS SAAT AG und die Universität Hohenheim zusätzlich zu den im Projektantrag vorgesehenen Flächen drei konventionell bewirtschaftete Flächen in Grucking, Hohenheim und Einbeck zur Verfügung.

Der Projektablauf entsprach dem Arbeitsplan mit Ausnahme weniger unwesentlicher Modifikationen aufgrund von Saatgutknappheit. Davon betroffen waren unter anderem einige der Elite-Dentlinien, die für eine faktorielle Anpaarung mit den besten LR-Linie vorgesehen waren. Statt wie vorgesehen eine kleine LR-Linien-Stichprobe faktoriell anzupaaren, wurde deshalb eine größere Stichprobe mit einem Hochleistungstester geprüft.

2. Material und Methoden

2.1 Leistungsprüfungen

2.1.1 Leistungsprüfungen 2004 und 2005 zum Problemkreis „Anpassung und Selektionsstrategie“

Ausgehend von zwei breiten Stichproben züchterischen Ausgangsmaterials, die aus 178 Flint- bzw. Dentlinien bestanden, sollten für jede Wirtschaftsweise die 11 besten Flint- und die 11 besten Dentlinien in einem zweistufigen Verfahren selektiert werden, um daraus im Winter 2005/2006 zwei Gruppen spezifisch angepasster Hybriden (ÖKO-Hybriden, KON-Hybriden) zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurde in den Jahren 2004 und 2005 die Leistung von Testkreuzungen, Standards und Vergleichsprüfgliedern in drei Regionen (Stuttgart/Baden-Württemberg, Erding/Bayern, Einbeck/Niedersachsen) unter ökologischen und konventionellen Bedingungen geprüft (Tab. 2).

Tab. 2: Versuchsflächen 2004-2006

Wirtschaftsweise	Region	Standort und Abkürzung	Parzellengröße
Ökologisch	Erding/Bayern	Grafling (GRA)	9 m ²
	Stuttgart/Baden-Württemberg	Kleinhohenheim (KHO)	6 m ²
	Einbeck/Niedersachsen	Wiebrechtshausen (WIE)	9 m ²
Konventionell	Erding/Bayern	Gruckling (GRU)	9 m ²
	Stuttgart/Baden-Württemberg	Hohenheim (HOH)	6 m ²
	Einbeck/Niedersachsen	Einbeck (EIN)	9 m ²

Die Leistungsprüfungen wurden 2004 und 2005 unterschiedlich jeweils in Form von 10 x 10 bzw. 10 x 8 Gittern mit je zwei Wiederholungen angelegt.

Es wurde zweireihig ausgesät und dabei die ortsübliche Bestandesdichte angestrebt (9-12 Pflanzen/m²). An den Standorten der KWS SAAT AG wurde direkt auf Endabstand ausgesät, auf den Flächen der Universität Hohenheim dagegen wurde wegen der zu Verschlammung neigenden Böden zunächst dichter ausgesät und anschließend von Hand vereinzelt. In die Merkmalerfassung wurden neben den üblichen Leistungseigenschaften auch die für den Ökologischen Landbau wichtig erscheinenden Charakteristika der frühen Pflanzenentwicklung einbezogen (Tab. 3).

Tab. 3: Erfasste Merkmale an je drei ökologisch und konventionell bewirtschafteten Standorten (ÖKO bzw. KON) in den Leistungsprüfungen 2004 und 2005 zum Problemkreis „Anpassung und Selektionsstrategie“

Merkmal	ÖKO			KON		
	GRA	KHO	WIE	GRU	HOH	EIN
Feldaufgang (Bonitur 1-9)		x			x	
Jugendentwicklung (Bonitur 1-9)	x	x	x	x ¹	x	x ²
Datum der weiblichen Blüte	x	x	x	x	x	x
Anz. Pflanzen/Parz. am Ende der vegetat. Phase	x	x		x	x	
Anz. Pflanzen m. Stengelbruch ('green snapping') oder Sommerlager	x	x		x	x	
Anz. Pflanzen mit Zünsler-Befall	x	x		x	x	
Anz. lagernde Pflanzen vor der Ernte	x	x	x	x	x	x
Wuchshöhe (cm)	x	x	x	x	x	x
Kornfrischmasse (kg/Parzelle)	x	x	x	x	x	x
Trockensubstanz (Korn-TS-Gehalt) (%)	x	x	x	x	x	x

¹ Merkmal wurde nur in 2006 erfaßt.

² Merkmal wurde nur in 2005 erfaßt.

2.1.2 Leistungsprüfung 2006 zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“

In Folge von Saatgutknappheit konnte die abschließende Leistungsprüfung zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“ nur in den beiden süddeutschen Regionen Erding und Stuttgart vergleichend unter ökologischen und konventionellen Bedingungen geprüft werden.

Die Leistungsprüfung wurde als 15 x 10-Gitter mit zwei Wiederholungen angelegt. Die Einzelheiten der Aussaat und Merkmalerfassung entsprachen der unter 2.1.1 gegebenen Beschreibung. Das geprüfte Zuchtmaterial war folgendermaßen zusammengesetzt (Tab. 4).

Tab. 4: Zusammensetzung des Zuchtmaterials in der Leistungsprüfung 2006 zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“

Anzahl Prüfglieder und Materialzusammensetzung	Materialkürzel
Experimentalhybriden	
46 unter ökologischen Bedingungen entwickelte Experimentalhybriden	ÖKO-Hybriden
44 unter konventionellen Bedingungen entwickelte Experimentalhybriden	KON-Hybriden
Synthetics	
6-fach geprüfter Synthetic 3 (44/44) ¹	Syn-3 (44/44)
6-fach geprüfter Synthetic 2 (44/44)	Syn-2 (44/44)
6-fach geprüfter Synthetic 2 (22/22)	Syn-2 (22/22)
6-fach geprüfter Synthetic 2 (11/11)	Syn-2 (11/11)
Referenzhybriden	
8 Flint x Dent-Experimentalhybriden zwischen Elternlinien des Syn-2 (11/11). Die Hybriden gehörten jedoch nicht zu den 77 Kreuzungen des partiell balancierten Factorials zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“, vgl. 2.2.2.1 und Anhang.	RH
Standards	
16 Sortenstandards („Checks“) ²	CH
Vergleichsprüfglieder	
12 Experimentalhybriden	-
<hr/>	
Σ 150 Prüfglieder	

¹ Die erste Ziffer nach der Strukturangabe ‘Synthetic’ gibt an, in der wievielten Generation freien Abblühens die Sorte steht. Die Ziffern in Klammern geben an, aus wievielen Flint bzw. Dent-Komponenten die Sorte zusammengesetzt ist.

² Zugelassene und angemeldete Hybridsorten sowie Testkreuzungen von KWS-Erbkomponenten.

2.1.3 Leistungsprüfungen 2005 und 2006 zum Problemkreis „Genetische Ressourcen“

In beiden Versuchsjahren wurde die Leistung von je 100 Prüfliegern in den drei Regionen Erding, Stuttgart und Einbeck vergleichend unter ökologischen und konventionellen Bedingungen geprüft.

Der 2005 geprüfte Materialsatz zum Problemkreis „Genetische Ressourcen“ bestand hauptsächlich aus Testkreuzungen von Landrassen-Linien (LR-Linien), die aus den beiden Landrassen ‘Gelber Badischer Landmais’ (GB) und ‘Schindelmeiser’ (SM) entwickelt worden waren. Als Tester wurde ein aktueller Dent-Single-Cross-Tester eingesetzt (Tab. 5).

Tab. 5: Zusammensetzung des Materialsatzes „Genetische Ressourcen“ 2005

Anzahl Prüfliegern und Materialzusammensetzung	Gruppenkürzel
25 Testkreuzungen des Typs ‘LR-Linie aus Gelber Bad. LM x Tester’	GB-LR-L x T
44 Testkreuzungen des Typs ‘LR-Linie aus Schindelmeiser x Tester’	SM-LR-L x T
2-fach geprüfte Testkreuzung ‘Gelber Bad. LM-Pop. x Tester’	GB-Pop x T
2-fach geprüfte Testkreuzung ‘Schindelmeiser-Pop. x Tester’	SM-Pop x T
10 Sortenstandards („Checks“)	CH
17 Sonstige Vergleichsprüfliegern (KWS-Zuchtmaterial)	-

Σ 100 Prüfliegern

Anhand der Testkreuzungsleistung wurden jeweils die 20 erfolgreichsten GB- bzw. SM-LR-Linien selektiert und im Winter 2005/2006 mit einem Dent-Linien-Tester angepaart. Aufgrund der relativ schlechten Eigenleistung der LR-Linien verlief die Anpaarung nicht in allen Fällen erfolgreich, so dass im Frühjahr nur das Testkreuzungssaatgut von 11 GB-LR-Linien und 16 SM-LR-Linien zur Verfügung stand. Um die Leistung dieser selektierten LR-Linien-Fractionen angemessen beurteilen zu können, wurde eine Leistungsprüfung konzipiert, die nicht nur den Vergleich mit Testkreuzungen moderner Elite-Flintlinien zulässt, sondern auch eine Einordnung in Bezug auf bekannte, in bestimmten Epochen erfolgreiche First- und Multi-Cycle-Linien erlaubt (Tab. 6).

Tab. 6: Zusammensetzung des Materialsatzes „Genetische Ressourcen“ 2006

Anzahl Prüfglieder und Materialzusammensetzung	Gruppenkürzel
11 Testkreuzungen des Typs ‘2005 vorselektierte LR-Linie aus Gelber Badischer Landmais x Tester’	GB-LR-L x T
16 Testkreuzungen des Typs ‘2005 vorselektierte LR-Linie aus Schindelmeiser x Tester’	SM-LR-L x T
3-fach geprüfte Testkreuzung ‘Gelber Bad. LM-Pop. x Tester’	GB-Pop x T
3-fach geprüfte Testkreuzung ‘Schindelmeiser-Pop. x Tester’	SM-Pop x T
5 Testkreuzungen des Typs ‘First-Cycle-Linie x Tester’	FC-L x T
3 Testkreuzungen des Typs ‘Multi-Cycle-Linie x Tester’	MC-L x T
26 Testkreuzungen des Typs ‘Moderne Elite-Linie x Tester’	EL-L x T
9 Sortenstandards („Checks“)	CH
24 Sonstige Vergleichsprüfglieder (KWS-Zuchtmaterial)	-

Σ 100 Prüfglieder

Die Leistungsprüfungen wurden in beiden Versuchsjahren als 10 x 10 Gitter mit zwei Wiederholungen angelegt. Die Einzelheiten der Aussaat und Merkmalerfassung entsprachen der unter 2.1.1 gegebenen Beschreibung.

2.2 Arbeiten in den Zuchtgärten der KWS SAAT AG

2.2.1 Arbeiten zum Problemkreis „Anpassung und Selektionsstrategie

Nachdem im Sommer 2004 die Leistung von 356 Mais-Testkreuzungen vergleichend unter ökologischen und konventionellen Bedingungen geprüft worden war, wurden im November 2004 plangemäß die 25 % besten Prüfglieder für jede der beiden Wirtschaftsweisen selektiert. Direkt im Anschluß wurden die selektierten Linien im Winterzuchtgarten der KWS SAAT AG in Puerto Rico zur Aussaat gebracht, um dort im Winter 2004/2005 das Saatgut für die im Jahr 2005 zu prüfenden Testkreuzungen zu erzeugen. Die Linien wurden dabei jeweils mit zwei verschiedenen Linien-Testern in Topcross-Parzellen angepaart. Das produzierte Saatgut war Voraussetzung für die Leistungsprüfung 2005 zum Problemkreis „Anpassung und Selektionsstrategie“.

2.2.2 Arbeiten zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“

2.2.2.1 Hybriden

Aufgrund der Leistungsergebnisse 2005 von Flint- und Dent-Testkreuzungen wurden anhand der Ertragswertzahl (EWZ) die 11 besten Flint- und die 11 besten Dent-Prüfglieder für jede der beiden Wirtschaftsweisen selektiert. Direkt im Anschluß wurden die selektierten Linien im Winterzuchtgarten der KWS SAAT AG in Puerto Rico zur Aussaat gebracht, um dort das Saatgut für die im Jahr 2006 zu prüfenden Hybriden zu erzeugen. Um einen repräsentativen Querschnitt aller theoretisch denkbaren 121 Hybriden je Wirtschaftsweise zu erhalten, wurden jeweils die 11 besten Flint- und die 11 besten Dentlinien nach einem partiell balancierten faktoriellen Kreuzungsplan zu je 77 Hybriden kombiniert (Anhang, Abb. A). Die Untersuchung der entwickelten Hybriden war Gegenstand der Leistungsprüfung 2006 zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“.

2.2.2.2 Synthetics

Um einen Überblick über das Verhalten von Synthetics unterschiedlicher Breite (Komponentenzahl) und unterschiedlicher Anzahl von Syn-Generationen zu gewinnen, war die Herstellung von sechs Synthetics ins Auge gefaßt worden: Syn-2 (44/44), Syn-3 (44/44), Syn-2 (22/22), Syn-3 (22/22), Syn-2 (11/11), Syn-3 (11/11). Als Basis dieser Synthetics dienten 176 F₁en, die nach einem partiell balancierten Kreuzungsplan (s. Anhang, Abb. B) aus den im Herbst 2004 unter ökologischen Anbaubedingungen selektierten 44 Flint- und 44 Dentlinien hergestellt worden waren (Generation: Syn-1, Bezeichnung: Syn-1-(44/44). Im Frühjahr 2005 wurde das Syn-1-Saatgut in Deutschland (Gondelsheim) ausgesät. Durch paarweises Kreuzen von 600-900 F₁-Pflanzen wurde das Syn-2-(44/44)-Saatgut erzeugt. Nach den Ergebnissen der Leistungsprüfung 2005 wurden aus obigen 176 F₁en die für den Aufbau der Synthetics Syn-1-(22/22) und Syn-1-(11/11) benötigten 44 bzw. 11 F₁en zusammengestellt, wobei gleichmäßig auf jedes der elf 4 x 4 Teilfactorials des Grundplans (s. Anhang, Abb. B) zurückgegriffen wurde. Mit diesen F₁en wurde in Chile im Winter 2005/06 das Saatgut für die Generationen Syn-2-(22/22) und Syn-2-(11/11) produziert. Außerdem wurde in Chile das zuvor in Gondelsheim erzeugte Syn-2-Saatgut des Synthetics Syn-2-(44/44) ausgesät, um durch weiteres Durchkreuzen das Saatgut für die Generation Syn-3-(44/44) zu erzeugen. Die Herstellung der Synthetics Syn-3-(11/11) und Syn-3-(22/22) konnte

nicht mehr termingerecht vor der Aussaat in Deutschland realisiert werden. Die Evaluierung der entwickelten Synthetics erfolgte in der Leistungsprüfung 2006 zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“ (s. 2.2.2.1).

2.2.3 Arbeiten zum Problemkreis Genetische Ressourcen

Im Sommer 2004 wurden die aus Landrassen entwickelten DH-Linien in Gondelsheim vermehrt. Anschließend wurden diese Linien im Winterzuchtgarten der KWS in Chile zur Aussaat gebracht, um dort das Testkreuzungssaatgut für die 2005 anzulegende erste Leistungsprüfung zum Problemkreis Genetische Ressourcen zu erzeugen. Im Herbst 2005 wurden 40 LR-Linien aufgrund ihrer Testkreuzungsergebnisse selektiert und im Winterzuchtgarten in Puerto Rico in einer Topcross-Parzelle zur Aussaat gebracht, wo sie mit einem Linientester angepaart wurden. Mit dem gleichen Tester wurden außerdem ein Satz moderner Elite-Linien sowie eine Auswahl bekannter First- und Second-Cycle-Linien angepaart. Das produzierte Saatgut war Voraussetzung für die zweite Leistungsprüfung zum Problemkreis „Genetische Ressourcen“.

2.3 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden mit dem Programmpaket PLABSTAT (Utz 2004) verrechnet. Hierbei wurden die Gitteranlagen der verschiedenen Orte zunächst einzeln ausgewertet. Anschließend wurde basierend auf den gitteradjustierten Prüfglied-Mittelwerten eine Serienverrechnung getrennt nach den beiden Wirtschaftsweisen durchgeführt. Aus den in der Serienverrechnung ermittelten Varianzkomponenten wurde der Heritabilitätskoeffizient der Prüfgliedmittelwerte geschätzt. Der Koeffizient gibt an, welcher Anteil der Variation der Prüfgliedmittelwerte genetisch bedingt ist.

Die Formel für die Heritabilitätsschätzung lautet:

$$h^2 = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_{go}^2/O + \sigma_e^2/OR)$$

Darin sind:

σ_g^2	die genotypische Varianz,
σ_{go}^2	die Genotyp \times Ort-Interaktions-Varianz,
σ_e^2	die Fehlervarianz der Parzellenwerte,
O	die Anzahl der Orte,
R	die Anzahl der Wiederholungen.

Der Heritabilitätskoeffizient ist eine maßgebliche Komponente der Formel für den zu erwartenden Selektionsgewinn (s.u.). Er ist grundsätzlich abhängig vom Material, vom Umweltbereich, von der Prüfgenauigkeit und vom Merkmal.

Im Rahmen der statistischen Auswertung wurden außerdem für alle quantitativen Merkmale phänotypische und genotypische Korrelationen zwischen ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise analysiert. Die Korrelationskoeffizienten erlauben Aussagen zur spezifischen Anpassung der Genotypen an die jeweilige Wirtschaftsweise. Der genotypische Korrelationskoeffizient (r_g) ist eine zentrale Komponente des zu erwartenden indirekten Selektionsgewinns (s.u.). Da er meist mit einem hohen Schätzfehler behaftet ist, wird in vielen Fällen stellvertretend der phänotypische Korrelationskoeffizient (r_p) betrachtet. Dieser markiert in der Regel die untere Schätzwertgrenze von r_g .

Um eine vergleichende Beurteilung selektionsstrategischer Handlungsalternativen zu ermöglichen, wurden die zu erwartenden direkten und indirekten Selektionsgewinne sowie die Effizienz der indirekten im Vergleich zur direkten Selektion bei gleicher Selektionsintensität geschätzt. Der Schätzung liegen folgende Beziehungen zugrunde:

Direkter Selektionsgewinn:

$$R = i h \sigma_g$$

Darin sind:

R	der erwartete direkte Selektionsgewinn
i	die Selektionsintensität
h	die Wurzel aus der Heritabilität der Prüfgliedmittelwerte
σ_g	die genotypische Standardabweichung

Indirekter Selektionsgewinn:

$$CR = i' h' r_g \sigma_g$$

Darin sind:

CR	der erwartete indirekte Selektionsgewinn
i'	die Selektionsintensität in der Selektionsumwelt
h	die Wurzel aus der Heritabilität der Prüfliegendmittelwerte in der Selektionsumwelt
r _g	die genotypische Korrelation zwischen Selektions- und Zielumwelt
σ _g	die genotypische Standardabweichung in der Zielumwelt

Die Effizienz der indirekten im Vergleich zur direkten Selektion bei gleicher Selektionsintensität ist gleichbedeutend mit dem Quotienten

$$CR / R = h' r_g / h .$$

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse zum Problemkreis „Anpassung und Selektionsstrategie“

3.1.1 Mittelwerte, Varianzen, Heritabilitäten und Korrelationen für Kornertrag und Korn-TS-Gehalt der 2006 geprüften Experimentalhybriden

Wie in den beiden Vorjahren waren die Kornerträge bei ökologischer Wirtschaftsweise geringer als bei konventioneller (Tab. 9). Die Ertragsreduktion lag im Durchschnitt bei 17,5 %. Im Hinblick auf den durchschnittlichen Korn-TS-Gehalt ließ sich im Jahr 2006 kein Unterschied zwischen den Wirtschaftswesen festzustellen.

Tab. 9: Mittelwerte für Kornertrag und Korn-TS-Gehalt der 2006 geprüften Experimentalhybriden bei ökologischer (ÖKO) und konventioneller (KON) Wirtschaftsweise, jeweils gemittelt über zwei Standorte; Abkürzungen: ALLE = alle Hybriden, ÖKO-Hybriden = unter ökologischen Bedingungen entwickelte Hybriden, KON-Hybriden = unter konventionellen Bedingungen entwickelte Hybriden.

Materialsatz	Kornertrag		Korn-TS-Gehalt	
	ÖKO	KON	ÖKO	KON
	----- dt/ha -----		----- % -----	
ALLE	89,0	107,9	70,5	70,6
ÖKO-Hybriden	89,9	107,1	70,3	70,1
KON-Hybriden	88,0	108,8	70,7	71,1

Beim Kornertrag zeigt sich eine deutliche Anpassung der spezifisch entwickelten Hybriden. Bei ökologischer Wirtschaftsweise erzielten die spezifisch hierfür entwickelten Hybriden (ÖKO-Hybriden) einen um durchschnittlich 2,2 % höheren Kornertrag als die unter konventionellen Bedingungen entwickelten Hybriden (KON-Hybriden). Umgekehrt waren die KON-Hybriden den ÖKO-Hybriden unter konventionellen Anbaubedingungen um durchschnittlich 1,6 % überlegen. Zieht man in Betracht, dass derzeit der durchschnittliche

züchterische Jahresfortschritt bei Körnermais mit 1-2 % veranschlagt wird, so ist eine Ertragsüberlegenheit von 2,2 % in Folge spezifischer Anpassung als sehr hoch einzuschätzen.

Im Gegensatz dazu ergaben sich beim Korn-TS-Gehalt keine Hinweise auf eine spezifische Anpassung.

Die Größenordnungen der genotypischen und der Fehlervarianzkomponenten unterschieden sich bei beiden Merkmalen nur wenig zwischen den Wirtschaftsweisen (Tab. 10). Anders verhielten sich die jeweiligen Schätzwerte der Genotyp x Ort-Interaktionsvarianz. Diese waren bei beiden Merkmalen bei konventioneller Wirtschaftsweise etwa doppelt so hoch wie bei ökologischer. Dies hatte zur Folge, dass bei konventioneller Wirtschaftsweise die genotypische Varianzkomponente des Kornertrags nicht und die des Korn-TS-Gehalts nur bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ signifikant wurde.

Tab. 10: Varianzkomponentenschätzwerte für Kornertrag und Korn-TS-Gehalt der 2006 geprüften Experimentalhybriden bei konventioneller (KON) und ökologischer (ÖKO) Wirtschaftsweise

Variations- ursache	Kornertrag		Korn-TS-Gehalt	
	ÖKO	KON	ÖKO	KON
	----- (dt/ha) ² -----		----- (%) ² -----	
Genotyp	21,8 *	17,2	0,84 **	0,84 *
G x Ort	60,4 **	116,4 **	1,06 **	2,51 **
Fehler	71,7	94,1	0,99	0,95

*, ** Signifikanz des entsprechenden MQs für $\alpha = 0,05$ bzw. $\alpha = 0,01$ (F-Test).

Die Heritabilitätsschätzwerte (Abb. 1) lagen bei beiden Wirtschaftsweisen für den Kornertrag im unteren und für den Korn-TS-Gehalt im mittleren bis unteren Bereich. Dies lässt sich hauptsächlich damit begründen, dass die Leistungsprüfung 2006 zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“ nur zweiartig durchgeführt werden konnte. Das oben geschilderte ungünstige Verhältnis der Genotyp x Ort-Interaktionsvarianzen zu den

Schätzwerten der genotypischen Varianz bei konventioneller Wirtschaftsweise schlug sich in einer zusätzlichen Verminderung der Heritabilitäten nieder.

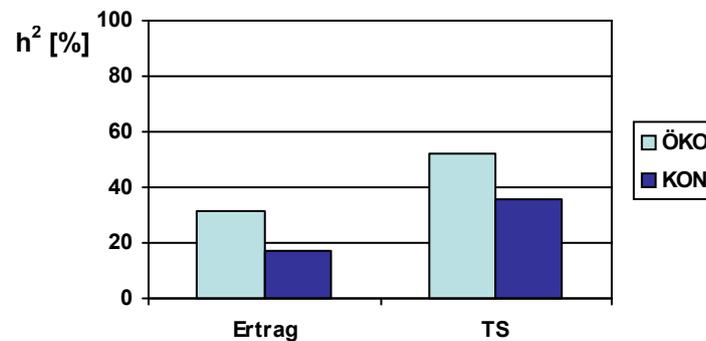


Abb. 1: Schätzwerte der Heritabilität (h^2) für den Kornertrag und den Korn-TS-Gehalt der 2006 geprüften Experimentalhybriden bei ökologischer (ÖKO) und konventioneller (KON) Wirtschaftsweise

Zwischen den Kornerträgen, die unter den verschiedenen Wirtschaftsweisen erzielt wurden, ergibt sich nur ein schwacher Zusammenhang (Abb. 2). Die Schätzwerte der phänotypischen und genotypischen Korrelation betragen $0,26^*$ bzw. $0,57^+$. Die entsprechenden Koeffizienten für den Korn-TS-Gehalt lagen bei $0,77^{**}$ bzw. $0,98^{++}$ (*, ** = Signifikanz des entsprechenden Koeffizienten für $\alpha = 0,05$ bzw. $\alpha = 0,01$ [F-Test]; +, ++ = Schätzwert des Koeffizienten größer als das Einfache bzw. Doppelte seines Standardfehlers). Die Effizienz der indirekten Selektion im Vergleich mit der direkten für Kornertrag unter Ökologischen Anbaubedingungen belief sich auf $CR/R = 0,32$.

Die aus den Mittelwerten in Tab. 8 ersichtliche Anpassung an die ökologische bzw. konventionelle Wirtschaftsweise zeigte sich noch deutlicher am Beispiel einzelner Hybriden (Abb. 2). Besonders auffallend ist das Ergebnis einer ÖKO-Hybride, die bei ökologischer Wirtschaftsweise einen Durchschnittsertrag von 110 dt/ha verwirklichen konnte und unter konventionellen Bedingungen nur einen Durchschnittsertrag von knapp 75 dt/ha aufwies. Diese stark voneinander abweichenden Durchschnittserträge lassen sich durch das Phänomen 'green snapping' erklären, von dem dieser Genotyp am konventionell bewirtschafteten Standort Hohenheim stark betroffen war. Umgekehrt gibt es eine Reihe von KON-Hybriden, die sehr

spezifisch nur an die konventionelle Wirtschaftsweise angepaßt sind, woraus sich eine mangelnde Ertragsstabilität dieser Genotypen ableiten läßt. Daneben gibt es aber sowohl in der Gruppe der ÖKO- als auch der KON-Hybriden eine Reihe von Genotypen, die eine breite Anpassung an beide Wirtschaftsweisen zeigen. Aus züchterischer wie aus Verbrauchersicht ist vor allem die Selektion solcher breit angepaßter Genotypen anzuraten.

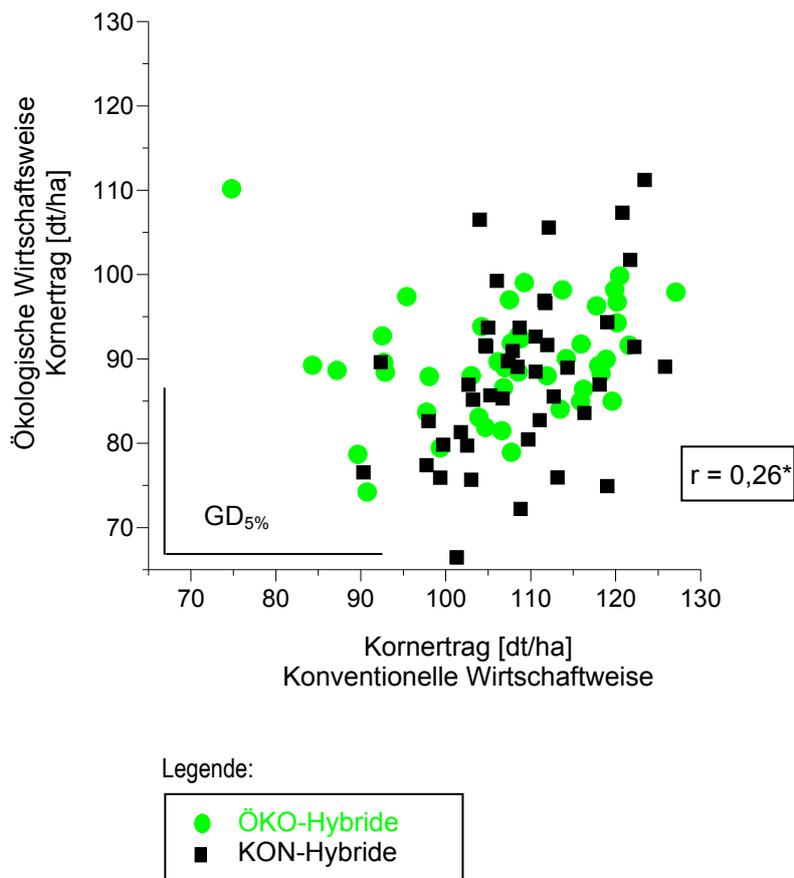


Abb. 2: Beziehungen zwischen der ökologischen und der konventionellen Wirtschaftsweise für den Kornertrag [dt/ha] von spezifisch für die beiden Wirtschaftsweisen entwickelten Hybriden 2006 (r = Koeffizient der phänotypischen Korrelation, * = signifikant von Null verschieden für $\alpha = 0,05$; $GD_{5\%}$ = Grenzdifferenz bei $\alpha = 0,05$)

Schlußfolgerungen:

Aus den Befunden zum Problemkreis „Anpassung und Selektionsstrategie“ läßt sich als wichtigstes Ergebnis festhalten, dass Hybriden mit einer spezifischen Anpassung nur dann

identifiziert werden können, wenn unter den entsprechenden Bedingungen geprüft wird. Zur Sicherstellung eines Zuchtfortschritts für den Ökologischen Landbau sind deshalb Leistungsprüfungen unter ÖKO-Bedingungen unabdingbar. Darüber hinaus legen die höhere Heritabilität des Kornertrags bei ökologischer Wirtschaftsweise und die nur mittelstarke genotypischen Korrelation zwischen den beiden Wirtschaftsweisen nach HARRER und UTZ 1990 sogar ein eigenständiges Zuchtprogramm für die Ökologische Wirtschaftsweise nahe. Um abschließende Aussagen hierzu treffen zu können, müßten allerdings die oben genannten Parameterschätzwerte durch Versuchsserien mit einer größeren Anzahl Orte überprüft werden.

3.2 Ergebnisse zum Problemkreis „Entwicklung neuer Sorten“

3.2.1 Anmeldung erster Öko-Hybriden beim Bundessortenamt

Bereits nach dem ersten Versuchsjahr wurden verschiedene Linien, die in den Leistungsprüfungen bei ökologischer Wirtschaftsweise vielversprechende Testkreuzungsergebnisse zeigten, in die KWS-Sortenentwicklung einbezogen. Die Zulassung der ersten Sorte, die unter ökologischen Anbaubedingungen selektiert wurde, wird Mitte Februar 2007 erwartet. Diese Sorte, die die Sortenbezeichnung 'KWS 5133 ECO' trägt, enthält auf der Pollenspenderseite eine Flintlinie, die aus dem vorliegenden Projekt hervorgegangen ist, und auf der Mutterseite eine bewährte Dent x Dent-Einfachkreuzung, die in diesem Forschungsprojekt als Tester fungierte. Dieser Sorte wurde in den offiziellen Wertprüfungen 2005 und 2006 eine hohe Ertragsstabilität bescheinigt.

3.2.2 Mittelwerte für Kornertrag und Korn-TS-Gehalt der 2006 geprüften Synthetischen Sorten

Die durchschnittlichen Synthetic-Erträge lagen zwischen 71 und 74 dt/ha unter ökologischen und zwischen 79 und 80 dt/ha unter konventionellen Anbaubedingungen (Tab. 11). Die Ertragsreduktion betrug durchschnittlich 8,2 % und fiel damit wesentlich geringer aus als bei den Hybriden (vgl. 3.1.1) Der Korn-TS-Gehalt aller Synthetics lag bei ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise übereinstimmend im Bereich von 69 % (Daten nicht gezeigt).

Bezogen auf die durchschnittliche Leistung der Referenzhybriden erzielten die Synthetics ein Ertragsniveau von 77 bis 80 % unter ökologischen und von 73 bis 74 % unter konventionellen Bedingungen. Prognostiziert war jedoch lediglich ein Rückgang auf 85-90 %. Grundlage dieser Leistungsprognose war die Überlegung, dass beim Übergang von Generation Syn-1 zu Syn-2 eine Halbierung des Interpool-Heterosiszuwachses stattfindet. Da in der Maiszüchtung dieser Zuwachs mit ca. 25 % veranschlagt wird (SCHMIDT 2006, mündliche Mitteilung), war bei einer Halbierung dieses Betrags mit einem Ertragsrückgang von 12,5 % zu rechnen.

Tab. 11: Mittelwerte für den Kornertrag von vier verschiedenen Synthetics und zwei Vergleichsmaterialgruppen bei ökologischer (ÖKO) und konventioneller (KON) Wirtschaftsweise, gemittelt über zwei Standorte 2006

Material	ÖKO			KON		
	dt/ha	(% v. RH)	(% v. CH)	dt/ha	(% v. RH)	(% v. CH)
Syn-3 (44/44)	72,9	(79,1)	(73,0)	79,2	(73,4 ²)	(67,3)
Syn-2 (44/44)	74,1	(80,4)	(74,2)	79,1	(73,3 ²)	(67,2)
Syn-2 (22/22)	73,5	(79,8)	(73,7)	80,0	(74,1 ²)	(68,0)
Syn-2 (11/11)	71,2	(77,4)	(71,4)	79,3	(73,5 ²)	(67,4)
Referenzhybriden¹ (= RH)	92,1			107,9 ²		
Sortenstandards (= CH)	99,7			117,7		

¹ Die Materialgruppe Referenzhybriden umfaßt 11 Einfach-Hybriden, die genetisch identisch sind mit den 11 Ausgangs-F₁en des Synthetics 2 (11/11).

² Wegen Saatgutmangels konnten unter konventionellen Bedingungen nur 9 von 11 Referenzhybriden angebaut werden.

Als mögliche Ursachen für die Diskrepanz kommen in Betracht:

- (1) eine Unterschätzung des Interpool-Heterosiszuwachses bei Flint x Denthybriden,
- (2) Verwandtschaft zwischen selektierten Elternlinien,
- (3) Auf Epistasie beruhende Rekombinationsverluste in Syn-2.

Klarheit können hier nur weiterführende Experimente bringen.

Aus den höheren Relativerträgen der Synthetics unter ökologischen im Vergleich mit konventionellen Anbaubedingungen kann gleichwohl abgeleitet werden, dass die Synthetics eine bessere Anpassung an die ökologische Wirtschaftsweise zeigen als die Hybriden.

Schlußfolgerungen:

Über das Leistungsniveau synthetischer Sorten im Vergleich zu Hybriden lassen sich anhand der vorliegenden Daten keine fundierten Aussagen treffen. Wie aufgrund ihrer Struktur erwartet, zeigen Synthetics eine überdurchschnittliche Anpassung an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus.

3.3 Ergebnisse zum Problemkreis „Genetische Ressourcen“

3.3.1 Mittelwerte, Varianzen und Heritabilitäten für Kornertrag und Korn-TS-Gehalt der Leistungsprüfung 2005

Die Testkreuzungsleistung einer unselektierten Fraktion von DH-Linien, die aus den Landrassen 'Gelber Badischer Landmais' und 'Schindelmeiser' entwickelt worden waren, lag 2005 bei ökologischer Wirtschaftsweise im Mittel um 21 % unter den Kornerträgen der Standards (Tab. 12). Einige Linien aus der Landrasse 'Schindelmeiser' erreichten in der Testkreuzungsleistung jedoch bei gleichem TS-Gehalt ein ähnliches Niveau wie die leistungsschwächeren Standards (Daten nicht gezeigt).

Tab. 12: Mittelwerte, Varianzkomponentenschätzwerte und Heritabilitätskoeffizienten für eine Testkreuzungsserie mit DH-Linien, die aus den beiden Landrassen ‘Gelber Badischer Landmais’ und ‘Schindelmeiser’ entwickelt wurden; im Vergleich zu KWS-Hybriden als Standards, gemittelt über drei ökologisch bewirtschaftete Standorte 2005

Material bzw. Parameter	N	Kornertag	Korn-TS-Gehalt
		dt/ha	%
Sortenstandards	10	102,1	64,8
LR-Linien	69	80,2	64,0

Varianzkomponente (ohne Standards)		(dt/ha)²	(%)²
Genotyp		25,4 **	1,364 **
G x Ort		35,8 **	0,329 **
Fehler		66,8	0,415

		%	%
Heritabilitätskoeffizient (ohne Standards)		52,4	88,4

** Signifikanz des entsprechenden MQs für $\alpha = 0,01$ (F-Test).

Der Schätzwert der genotypischen Varianz für Kornertrag war hochsignifikant (Tab. 12). Auffallend war außerdem die große Variation der LR-Linien im Korn-TS-Gehalt. Die Heritabilitätsschätzwerte lagen beim Kornertrag im mittleren und beim Korn-TS-Gehalt im hohen Bereich.

3.3.2 Mittelwerte, Varianzen und Heritabilitäten für Kornertrag und Korn-TS-Gehalt der Leistungsprüfung 2006

Die durchschnittlichen Testkreuzungsleistungen der geprüften Materialgruppen lagen zwischen 90 und 110 dt/ha bei ökologischer und zwischen 95 und 125 dt/ha bei konventioneller Wirtschaftsweise (Tab. 14).

Tab. 14: Mittelwerte für den Kornertrag verschiedener Materialgruppen im Rahmen einer vergleichenden Testkreuzungsserie bei ökologischer (ÖKO) und konventioneller (KON) Wirtschaftsweise, gemittelt über drei Standorte 2006

Material	N	ÖKO		KON	
		dt/ha	(% v. FC-L)	dt/ha	(% v. FC-L)
GB-LR-Linien x T	11	91,0	(101,2)	97,9	(98,1)
SM-LR-Linien x T	16	90,9	(101,1)	95,8	(96,0)
GB-Population x T	3	96,6	(107,4)	94,9	(95,1)
SM-Population x T	3	90,3	(100,4)	98,2	(98,4)
Mittelwert LR-Material		91,4	(101,6)	96,6	(96,8)
First-Cycle-Linien x T (= FC-L)	5	89,9	-	99,8	-
Multi-Cycle-Linien x T	3	107,1	(119,1)	120,5	(120,8)
Moderne Elite-Linien x T	26	110,2	(122,5)	125,3	(125,5)
Sortenstandards	9	113,0	(125,6)	129,2	(129,5)

Die mitgeprüften Sortenstandards erreichten Kornerträge von 113 dt/ha unter ökologischen bzw. 129 dt/ha unter konventionellen Anbaubedingungen. Der relative Ertragsrückgang unter ÖKO-Bedingungen war hier größer als beim Landrassenmaterial. Es zeigte sich also eine deutliche spezifische Anpassung der beiden Landrassen ‘Gelber Badischer Landmais’ und ‘Schindelmeiser’ an die Ökologische Wirtschaftsweise.

Die geschätzte genotypische Varianz zwischen den Testkreuzungen der LR-Linien für Kornertrag war niedrig und nicht signifikant (Tab. 14). Mögliche Ursachen für die fehlende Signifikanz sind die geringen Stichprobenumfänge (N = 11 bzw. 16) und die Vorselektion auf Testkreuzungsleistung in 2005.

Tab. 14: Varianzkomponentenschätzwerte und Heritabilitätskoeffizienten für die Testkreuzungen einer selektierten Fraktion von DH-Linien, die aus den beiden Landrassen ‘Gelber Badischer Landmais’ und ‘Schindelmeiser’ entwickelt wurden; Serienverrechnung über drei ökologisch bewirtschaftete Standorte 2006

Parameter	Kornertrag	Korn-TS-Gehalt
Varianzkomponente	(dt/ha)²	(%)²
Genotyp	13,2	1,56 **
G x Ort	21,2 *	0,35 **
Fehler	84,3	1,07

	%	%
Heritabilitätskoeffizient	38,5	84,1

** Signifikanz des entsprechenden MQs für $\alpha = 0,01$ (F-Test).

Anders verhielten sich die Varianzschätzwerte für den Korn-TS-Gehalt. Wie im Vorjahr war eine große Variation unter den LR-Linien festzustellen. Dies schlug sich in einer hochsignifikanten genotypischen Varianzkomponente und einer hohen Heritabilität nieder.

Mehrere DH-Linien aus der Landrasse Schindelmeiser übertrafen die Ausgangspopulation in der Testkreuzungsleistung für den Kornertrag oder Korn-TS-Gehalt oder beides (Abb. 3). Unter den DH-Linien aus dem Gelben Badischen Landmais wies eine Linie eine überragende Ertrag-Reife-Kombination auf. Diese und mehrere Linien aus Schindelmeiser übertrafen auch die bekannten First-Cycle-Linien F2 und F7, die in den 50er Jahren mittels klassischer Pedigremethode aus der Französischen Landrasse ‘Lacaune’ entwickelt wurden. Die Linie ‘F2’ hat bis Anfang der 90er Jahre eine maßgebliche Rolle in der europäischen Maiszüchtung nördlich der Loire gespielt. Ausgehend vom nachhaltigen Beitrag dieser Linie zum europäischen Mais-Zuchtmaterial, betonen GALLAIS et al. 1992 die Unerläßlichkeit der Sammlung und Nutzung von Landrassen als genetische Ressourcen.

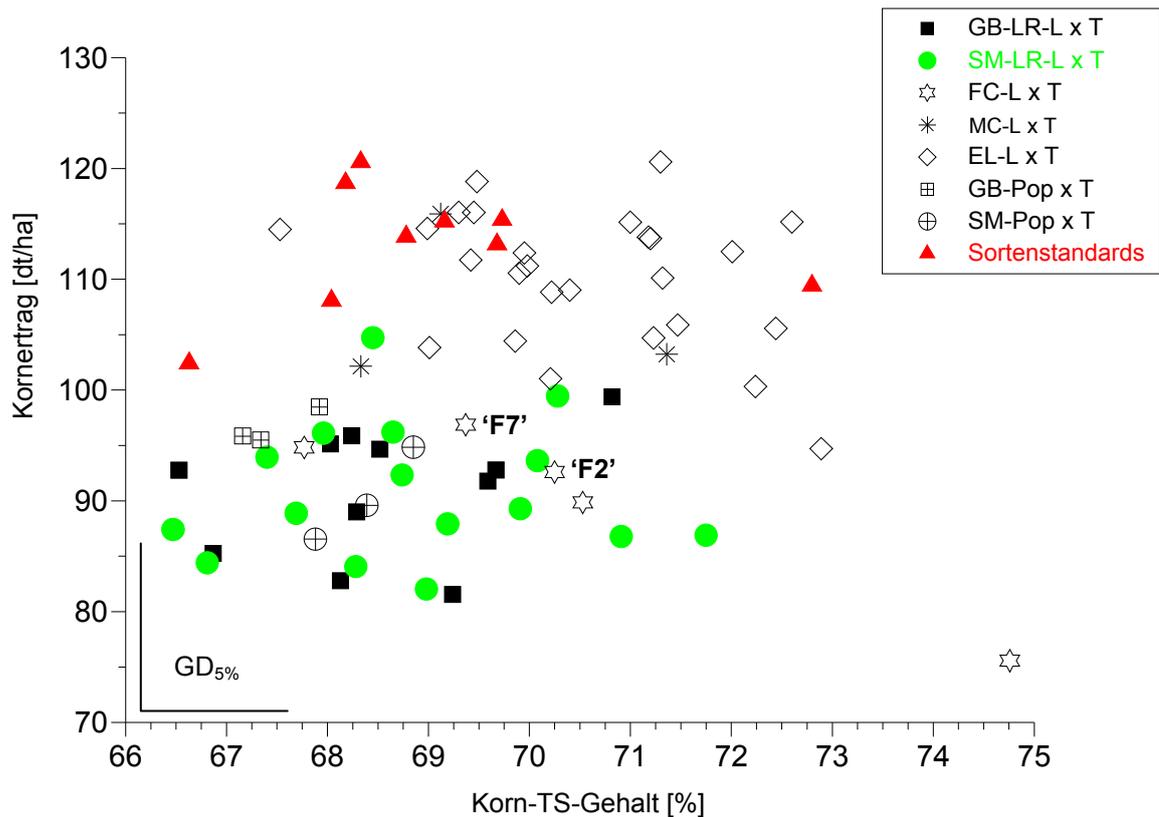


Abb. 3: Beziehung zwischen Kornertrag [dt/ha] und Korn-TS-Gehalt [%] in einer Testkreuzungsserie mit zwei Landrassenpopulationen, mehreren DH-Linien aus diesen Populationen sowie Inzuchtlinien verschiedener Züchtungsepochen; Prüfgliedmittelwerte über drei ökologisch bewirtschaftete Orte 2006 mit KWS-Hybriden als Sortenstandards ($GD_{5\%}$ = Grenzdifferenz bei $\alpha = 0,05$)

(Abkürzungen: GB = Gelber Badischer Landmais, SM = Schindelmeiser, LR-L = Landrassenlinie, T= Tester, FC-L = First-Cycle-Linie, MC-L = Multi-Cycle-Linie, EL-L = Elite-Linie, Pop = Landrassenpopulation)

Anhand des Vergleich der neu entwickelten LR-Linien mit 'F2' und 'F7' läßt sich aber nicht nur belegen, dass die Landrassen 'Gelber Badischer Landmais' und 'Schindelmeiser' ähnlich gute Nutzungsperspektiven bieten wie die Französische Landrasse 'Lacaune', sondern auch, dass es gelungen ist, mit der DH-Technik ein Werkzeug zur Verfügung zu stellen, das es erlaubt, Landrassengameten schnell und effektiv in Linienform zu „gießen“.

Die Testkreuzungsleistung der LR-Populationen, insbesondere die des Gelben Badischen Landmaises, übertraf 2006 die mittlere Testkreuzungsleistung der LR-Linien. Dies ist möglicherweise auf einen sogenannten maternalen Saatguteffekt zurückzuführen, der dadurch

hervorgerufen wurde, dass das Testkreuzungssaatgut der LR-Populationen auf heterozygoten, vitalen Populationspflanzen und das der LR-Linien auf homozygoten, weniger wüchsigen Linienpflanzen produziert wurde. Die resultierenden Unterschiede in der Saatgutqualität bewirkten während des kühlen Frühjahrs 2006 möglicherweise einen nicht mehr auszugleichenden Entwicklungsvorteil für die Testkreuzungen der LR-Populationen.

Beim Vergleich der Testkreuzungsleistung von Landrassen- und Elite-Linien fällt neben einem Vorsprung der letzteren im Kornertrag auch ein durchschnittlich höherer Korn-TS-Gehalt auf. Im Hinblick auf dieses für die Körnermaiszüchtung maßgebliche Kriterium wird man bei der Nutzung Europäischer Landrassen kurzfristig sicher an Grenzen stoßen. Wenn man aber in Betracht zieht, dass die Europäischen Landrassen häufig mehr der Grünnutzung als der Körnernutzung dienten (SCHLIPF 1950), wäre es naheliegend, deren Eignung als Genetische Ressourcen vor allem für die Silo- und/oder Energiemaiszüchtung zu überprüfen.

Schlußfolgerungen:

Die Testkreuzungsergebnisse der unselektierten Fraktionen von LR-Linien demonstrieren, dass aus Landrassen entwickelte homozygote Linien einen hohen Grad genetischer Differenzierung aufweisen. Die Testkreuzungsergebnisse 2006 von Landrassenpopulationen und –linien bestätigen, dass dieses Material eine wertvolle genetische Ressource für die Züchtung von Öko-Sorten ist. Es konnte außerdem gezeigt werden, dass mit der DH-Technik ein Werkzeug vorhanden ist, das es ermöglicht, Landrassen effektiv für die Pflanzenzüchtung nutzbar zu machen.

3.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse;

Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

Die Verwertbarkeit der erzielten Ergebnisse ist sowohl kurz- als auch langfristig sehr hoch. Wie in Abschnitt 3.2.1. geschildert, wurden bereits nach dem ersten Versuchsjahr verschiedene Linien, die in den Leistungsprüfungen bei ökologischer Wirtschaftsweise vielversprechende Testkreuzungsergebnisse zeigten, in die KWS-Sortenentwicklung einbezogen. Schon 2005 konnten die ersten Öko-Hybriden beim Bundessortenamt angemeldet werden. Die Zulassung der ersten Sorte, die unter ökologischen Anbaubedingungen selektiert

wurde, wird Mitte Februar 2007 erwartet. Diese Sorte, die die Sortenbezeichnung 'KWS 5133 ECO' trägt, enthält auf der Pollenspenderseite eine Flintlinie, die aus dem vorliegenden Projekt hervorgegangen ist, und auf der Mutterseite eine bewährte Dent x Dent-Einfachkreuzung, die in diesem Forschungsprojekt als Tester fungierte. Dieser Sorte wurde in den offiziellen Wertprüfungen 2005 und 2006 eine hohe Ertragsstabilität bescheinigt. Solche Sorten werden in Zukunft entscheidend zum Erfolg des Ökologischen Landbaus beitragen. Die KWS SAAT AG hat die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse bereits bei der Planung ihrer zukünftigen Körner- Silo- und Energiemais-Zuchtprogramme für den Ökologischen Landbau berücksichtigt.

Um die Ergebnisse des Projektes einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen, wurden im Jahr 2006 erste Posterbeiträge bei den Züchtungskonferenzen der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung in Weihenstephan und der EUCARPIA, Section Maize and Sorghum, in Budapest präsentiert. Für das kommende Jahr 2007 sind Kongress-Teilnahmen mit Vorträgen bei der Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau im März 2007 in Hohenheim und bei der EUCARPIA, Section Organic Plant Breeding, im November 2007 in Wageningen geplant.

4. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlichen Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellung

Die zentralen Zielsetzungen des Projekts bestanden darin, zum einen grundsätzliche Erkenntnisse zur Entwicklung von optimierten Sorten für den Ökologischen Landbau zu gewinnen, und zum anderen, erste speziell angepasste Körnermais-Sorten für den Ökologischen Landbau zu entwickeln. Beide Zielsetzungen wurden in vollem Umfang erreicht. Die Forschungsergebnisse mündeten bereits in erste aussichtsreiche Sorten-anmeldungen für den Ökologischen Landbau in Deutschland.

Durch die Experimente mit Synthetischen Sorten sollte in erster Linie ermittelt werden, um wieviel sich die Leistung von Synthetics gegenüber der von genetisch vergleichbaren Hybriden unterscheidet. Anhand der im vorliegenden Projekt ermittelten Größenordnungen und weiterführender Experimente wird in Zukunft besser abgeschätzt werden können, ob und – ggf. unter welchen Bedingungen – die günstigen Eigenschaften der Synthetics (genetische

Diversität, Nachbaubarkeit) den Leistungsrückgang durch Heterosisabbau kompensieren können.

Die Untersuchungen zum Einsatz von Landrassen als Genetische Ressourcen bestätigten die Ausgangsvermutung, dass Landrassen eine ausgeprägte spezifische Anpassung an den Ökologischen Landbau besitzen. Es konnte außerdem eindrucksvoll nachgewiesen werden, dass mit der DH-Technik ein Werkzeug zur Verfügung steht, mit dem sich Landrassen effektiv als Genetische Ressource für den Ökologischen Landbau nutzen lassen.

Die Übertragbarkeit der für Körnermais gewonnenen Erkenntnisse auf andere Maisnutzungsrichtungen stellt eine wichtige weiterführende Problemstellung dar. Sowohl Silo- als auch Energiemais erlangen zunehmend Bedeutung für den Ökologischen Landbau. Insbesondere durch die Verfügbarmachung geeigneter Energiemais-Sorten werden sich finanziell zukunftssträchtige Perspektiven für den Ökologischen Landbau eröffnen. Die KWS SAAT AG wird deshalb verstärkt Anstrengungen unternehmen, um angepasste Energiemaissorten auf den Markt zu bringen.

5. Zusammenfassung

5.1 Kurzfassung (deutsch)

Der Ökologische Landbau hat in den letzten Jahren in Deutschland zugenommen. Die Versorgung mit Saatgut, das dafür geeignet ist, gewinnt deshalb an Bedeutung. In diesem Zusammenhang ist bei der Entwicklung neuer Sorten zu überprüfen, ob die Zuchtziele und ggf. der Sortentyp auf die spezifischen Anforderungen der ökologischen Wirtschaftsweise abgestimmt werden müssen. Zur Beantwortung dieser Frage wurde von der Universität Hohenheim und der KWS SAAT AG von 2004 bis 2006 ein Forschungsprojekt durchgeführt, das vom "Bundesprogramm Ökologischer Landbau" gefördert wurde. Die Zielsetzung des Projekts war dabei in folgende Teilfragestellungen untergliedert:

- (1) Optimierung der Selektionsstrategie zur Entwicklung von Maissorten mit spezifischer Anpassung an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus.
- (2) Entwicklung neuer Sorten (Populations- und Hybridsorten) für den Ökologischen Landbau.
- (3) Erschließung genetischer Ressourcen für den Ökologischen Landbau, insbesondere aus Landsorten, die auf Low-Input-Eignung vorgeprüft worden waren.

Zur Beantwortung der drei Fragestellungen wurden in den Jahren 2004 bis 2006 Feldversuche mit modernem Elite- sowie mit Landrassenzuchtmaterial in drei Regionen Deutschlands vergleichend unter ökologischen und konventionellen Anbaubedingungen durchgeführt.

Anhand zweier Sets spezifisch entwickelter Hybriden konnte gezeigt werden, dass durch Selektion eine spezifische Anpassung an die ökologische Wirtschaftsweise erreicht werden kann. Dies setzt voraus, dass die erforderlichen Leistungsprüfungen auf ökologisch bewirtschafteten Versuchsstationen erfolgen. Die Untersuchungen zeigten auch, dass es eine kleine Spitzengruppe von Hybriden gibt, die sowohl unter ökologischen als auch unter konventionellen Prüfbedingungen überlegene Leistungen erbringen.

Wie aufgrund ihrer Struktur erwartet, zeigten die neu entwickelten Populationsorten eine überdurchschnittliche Anpassung an die ökologische Wirtschaftsweise. Die Ertragsreduktion von konventioneller zu ökologischer Wirtschaftsweise betrug durchschnittlich 8 % für die Populationsorten und 15 % für die Vergleichshybriden. Jedoch war das Ertragspotential der Synthetics deutlich (ca. 23 %) geringer als das der Hybriden.

Die Testkreuzungsergebnisse von Landrassenpopulationen und –linien bestätigten, dass dieses Material eine wertvolle genetische Ressource für die Züchtung von Öko-Sorten ist.

5.2 Abstract (english)

Organic farming has gained in importance in Germany during the last few years. Therefore, the supply with seeds which are suitable for organic farming becomes increasingly important. In this context it becomes necessary to investigate if breeding goals and type of variety have to be conformed to the specific requirements of organic farming. For this purpose a research project was conducted at the University of Hohenheim, Institute of Plant Breeding, Seed Science, and Population Genetics in cooperation with the KWS SAAT AG. It was supported by the “Bundesprogramm Ökologischer Landbau” and lasted from April 2004 to December 2006.

Specifically, the objectives were

- (1) Optimization of the selection strategy for the development of maize varieties meeting the requirements of organic farming;
- (2) Development of new varieties (open-pollinated and hybrid varieties) suitable for organic farming;
- (3) Evaluation of genetic resources for their suitability to organic farming, focussing on landraces which had been preselected for low-input tolerance.

Comparative field experiments with modern elite- and landraces-derived germplasm were carried out under organic and conventional farming conditions in three regions of Germany between 2004 to 2006. Results demonstrate that specific adaptation to the requirements of organic farming can be achieved by selection. This implies that the necessary performance tests are carried out on experimental stations operated by organic farming. The investigations also indicated that there is a small top fraction of hybrids which show outstanding performance under organic as well as under conventional farming conditions.

As expected, the newly developed, genetically heterogeneous synthetic varieties proved to be better adapted to the requirements of organic farming than single-cross hybrids developed from the same lines. The yield reduction from conventional to organic farming amounted in average to 8 % for the open-pollinated varieties and to 15 % for the reference hybrids. However, the yielding potential of the synthetics was much (about 23 %) lower than that of the hybrids.

The results of testcrosses with landraces and DH-lines derived therefrom indicated that these materials are valuable genetic resources for the development of Eco-varieties.

6. Literatur

Albrecht, B. and J.W. Dudley. 1987. Evaluation of Four Maize Populations Containing Different Proportions of Exotic Germplasm. *Crop Sci.* 27:480-486.

Becker, H.C. 1993. *Pflanzenzüchtung*. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.

Becker, H.C. and F.W. Schnell. 1988. Performance of advanced generations of eight maize synthetics differing in number and genetic diversity of constituent lines. *Maydica* 33:151-162.

Falconer, D.S. and T.F.C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics* (4. ed). Longman Group Ltd, Essex.

Gallais, A., H. Duval, P. Garnier, A. Charcosset. 1992. Un exemple de gestion des ressources génétiques en vue de la sélection. Pp. 477-490. Actes du colloque en hommage à Jean Pernes. BRG, Paris.

Harrer, S. und H.F. Utz. 1990. Modellstudie zur Züchtung von Low-Input-Sorten am Beispiel des Mais. S. 9-19. *In* Bericht über die 41. Arbeitstagung 1990 der „Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter“ innerhalb der „Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter“. BAL Gumpenstein.

Presterl, T., G. Seitz, W. Schmidt, H.H. Geiger. 2002. Improving nitrogen-use efficiency in European maize - Comparison between line per se and testcross performance under high and low soil nitrogen. *Maydica* 47:83-91.

Presterl, T., G. Seitz, M. Landbeck, E. M. Thiemt, W. Schmidt, and H.H. Geiger. 2003. Improving nitrogen-use efficiency in European maize - Estimation of quantitative genetic parameters. *Crop Science* 43:1259-1265.

Röber, F.K., G.A. Gordillo, H.H. Geiger. 2005. In vivo haploid induction in maize – performance of new inducers and significance of doubled haploid lines in hybrid breeding. *Maydica* 50:275-283.

Sattler, F. 1985. Hinweise zur Saatguterzeugung von Futterpflanzen. *Lebendige Erde* 2/85:84-88.

Schlipf, J.A. 1950. *Handbuch der Landwirtschaft*. Parey Verlag. Berlin.

Tretter, R.N.; G. Seitz und H.H. Geiger. 1997. Untersuchung zur Bedeutung von Rekombinationsverlusten in Intrapool- versus Interpool-Populationen bei Mais. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 36:65-68.

Utz, H.F. 2004. *PLABSTAT*. Version 3Awin. Universität Hohenheim. Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik. Stuttgart.

Wricke, G. und W.E. Weber. 1986. *Quantitative Genetics and Selection in Plant Breeding*. Walter de Gruyter, Berlin.

7. Übersicht über die im Berichtszeitraum realisierten Veröffentlichungen

Burger, H., M. Schloen, W. Schmidt, H.H. Geiger. 2006. Comparative evaluation of European maize germplasm under organic *versus* conventional farming conditions. XXth International Conference of the EUCARPIA Maize and Sorghum Section. 20-24 June 2006. Budapest, Hungary:75.

Anhang

Partiell balancierter Kreuzungsplan zur Erzeugung von Einfachhybriden zwischen selektierten Dent- und Flintlinien

11 Flintlinien mit den besten Ergebnissen bei ökologischer Wirtschaftsweise 2005

11 Dentlinien mit den besten Ergebnissen bei ökologischer Wirtschaftsweise 2005

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	x	x	x	x	x	x	x				
2		x	x	x	x	x	x	x			
3			x	x	x	x	x	x	x		
4				x	x	x	x	x	x	x	
5					x	x	x	x	x	x	x
6	x					x	x	x	x	x	x
7	x	x					x	x	x	x	x
8	x	x	x					x	x	x	x
9	x	x	x	x					x	x	x
10	x	x	x	x	x					x	x
11	x	x	x	x	x	x					x

