

# **Alte Eigenschaften – neue Ansprüche: Schweizer Maislandsorten in der Landwirt- schaft der Gegenwart und der Zukunft**

**Schlussbericht zum NAP-Projekt 03-057  
David Schneider**



Zürich, Januar 2011

## **Zusammenfassung**

Die genetischen Ressourcen von Maislandsorten stellen ein riesiges, wenig genutztes Potential für die Maiszüchtung dar. Die Charakterisierung dieser Sorten ist wichtig, um sie gezielt und effizient zu nutzen. In NAP-Projekt 03-057 wurde untersucht, ob die Schweizer Maislandsorten eine besondere Anpassung an marginale Anbaubedingungen besitzen. Basierend auf drei Studien, welche die Jugendentwicklung und die Ertragsleistung umfassten, musste diese Hypothese verworfen werden. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Genotypen der Landsorten dennoch über interessante Eigenschaften verfügen, die mit unserem Untersuchungsansatz nicht erkennbar waren. Zudem beruhen die Untersuchungen auf einer kleinen Auswahl von Landsorten. Dieser Bericht gibt einen Überblick über die durchgeführten Versuche, die geleistete Öffentlichkeitsarbeit während der gesamten Projektdauer und über die erledigten Arbeiten im letzten Projektjahr.

## **Einleitung**

Die genetische Vielfalt von Mais ist riesig; der züchterisch genutzte Anteil davon jedoch relativ klein (Tabata et al., 2004). In Anbetracht der heutigen weltweiten Bedeutung von Mais, der dadurch bedingten Abhängigkeit von hohen und konsistenten Erträgen und den zukünftigen Herausforderungen für die Ernährungssicherheit (Bevölkerungswachstum, Klimawandel, Verknappung des fruchtbaren Kulturlandes,...) stellen diese genetischen Ressourcen ein grosses Potential für die züchterische Nutzung dar. Ein zentrales Hindernis für ihren effizienten Gebrauch ist allerdings häufig die ungenügende Charakterisierung ihrer Eigenschaften. Verfügbare Informationen zu Genbank-Akzessionen fördern erwiesenermassen ihre Nachfrage durch potentielle Nutzer und ermöglichen das Nutzungspotential der Landsorten besser abzuschätzen (Rubenstein et al., 2006).

Die Schweizer Maislandsorten sind in anderen Projekten bereits ausführlich charakterisiert worden (NAP 02-033 und 03-058; Eschholz et al., 2008, 2010; Peter et al., 2009a und b). Ziel des vorliegenden Projektes war, die Charakterisierung weiter auszudehnen. Ausgehend von der Hypothese, dass gewisse Landsorten besser an marginale Standorte angepasst sind als moderne Hybriden, bildete die Charakterisierung der Stresstoleranz sowohl in der Jugendentwicklung wie auch gemessen in Form des Ertrags (agronomische Charakterisierung) den Schwerpunkt unserer Untersuchungen. Sie sollen dazu beitragen, die nachhaltige Nutzung der Maislandsorten zu erleichtern.

## **Material**

Das vorliegende Projekt wurde mit insgesamt acht Landsorten (003PR, 025VS, 074TM, 198TM, 125PV, 098RV, 103RV und 179RV) und drei Hybriden (Magister, DK 287 und Fabregas) durchgeführt. Die genannten Landsorten gehören zur Kernkollektion der Schweizer Maislandsorten und wurden nach folgenden Kriterien ausgesucht: (1) maximaler Grad an genetischer Diversität zwischen den ausgewählten Akzessionen, (2) minima-

ler Inzuchtkoeffizient und (3) Repräsentation der Hauptherkunftsregionen der Schweizer Maislandsorten. Bei der Untersuchung der Konkurrenzkraft im Jugendstadium beschränkten wir uns auf die grosskörnigen Sorten der obigen Auswahl um den Einfluss der Kornreserven auszuschliessen und da das Testen der Landsorten mit Untersaaten besonders aufwändig war.

### **Erledigte Arbeiten**

Das NAP-Projekt 03-057 beruhte auf Feldstudien. In Tabelle 1 sind deshalb alle Feldversuche mit ihren wichtigsten Eckdaten zusammengefasst.

Tabelle 1: Übersicht über die im Rahmen des Projektes NAP 03-057 durchgeführten Feldversuche

<b>Versuche</b>	<b>Saattermine</b>	<b>Verfahren</b>	<b>Sorten</b>
Ertragserhebung, Eschikon No. 1 (Pilotversuch)	16.03.2007	Intensiv vs. extensiv	8 Landsorten, 1 Hybride
Ertragserhebung, Eschikon No. 2 (Pilotversuch)	30.04.2007	Intensiv vs. extensiv	8 Landsorten, 1 Hybride
Saatgut-Vermehrung No. 1	14.05.2007	Standard, UPOV	8 Landsorten
Ertragserhebung, Eschikon No. 3 (Pilotversuch)	22.05.2007	Intensiv vs. extensiv mit allen Zwischenstufen	8 Landsorten, 1 Hybride
Ertragserhebung, Rheinhof Salez No. 1	10.04.2008	Intensiv vs. extensiv	8 Landsorten, 2 Hybriden
Jugendentwicklung, Eschikon No. 1 (Pilotversuch)	28.04.2008	Konkurrenzfrei	8 Landsorten, 3 Hybriden
Ertragserhebung, Eschikon No. 4	07.05.2008	Intensiv vs. extensiv mit allen Zwischenstufen	8 Landsorten, 2 Hybriden
Saatgut-Vermehrung No. 2	14.05.2008	Standard, UPOV	8 Landsorten
Jugendentwicklung, Eschikon No. 2 (Pilotversuch)	22.05.2008	Konkurrenzfrei	8 Landsorten, 3 Hybriden
Ertragserhebung, Eschikon No. 5	23.05.2008	Intensiv vs. extensiv	8 Landsorten, 2 Hybriden
Jugendentwicklung, Eschikon No. 3	15.04.2009	Konkurrenzfrei	8 Landsorten, 3 Hybriden
Jugendentwicklung, Eschikon No. 4 a	01.05.2009	Konkurrenzfrei	8 Landsorten, 3 Hybriden
Jugendentwicklung, Eschikon No. 4 b	01.05.2009	Gras- und Rapsuntersaat, N-Stufen	4 Landsorten 1 Hybrid
Jugendentwicklung, Eschikon No. 5	13.05.2009	Konkurrenzfrei	8 Landsorten, 3 Hybriden

<b>Versuche</b>	<b>Saattermine</b>	<b>Verfahren</b>	<b>Sorten</b>
Jugendentwicklung, Eschikon No. 6 a	28.05.2009	Konkurrenzfrei	8 Landsorten, 3 Hybriden
Jugendentwicklung, Eschikon No. 6 b	28.05.2009	Gras- und Raps- untersaat, N- Stufen	4 Landsorten 1 Hybrid
Ertragserhebung, Rheinhof Salez No. 2	22.04.2009	Intensiv vs. ex- tensiv	8 Landsorten 2 Hybriden

Die Versuche wurden in den Jahren 2007-2009 durchgeführt (vgl. entsprechende Jahresberichte). Im Jahr 2010 haben keine Feldversuche mehr stattgefunden. Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Auswertung der Daten und das Schreiben der Dissertation.

Die schriftliche Arbeit umfasst drei Ergebniskapitel, eine allgemeine Einleitung und eine allgemeine Schlussdiskussion. Die Ergebniskapitel haben die Themen (1) Jugendentwicklung in kontrastierenden Temperaturumwelten, (2) Konkurrenzkraft und Toleranz gegenüber Nährstoffstress im Jugendstadium und (3) Ertragsleistung in kontrastierenden agronomischen Umwelten. In der allgemeinen Einleitung wird die Bedeutung der genetischen Ressourcen für die zukünftige Sicherstellung der Ernährung der Weltbevölkerung und für die Pflanzenzüchtung dargestellt und auf die noch unzureichende Beschreibung vieler genetischer Ressourcen eingegangen. Daneben werden die Anforderungen besprochen, denen Mais voraussichtlich in Zukunft genügen muss. Dann wird die genetische Ressource „Schweizer Maislandsorten“ kurz vorgestellt. In der allgemeinen Diskussion wird nach Ursachen gesucht, welche die geringe Stresstoleranz der Landsorten erklären können, die aus unseren Untersuchungen hervorging. Weiter wird der Frage nachgegangen, wie die nachhaltige Nutzung der Landsorten, auf dem Hintergrund unserer Ergebnisse, aussehen könnte.

### **Ergebnisse**

Die detaillierten Ergebnisse sind der Dissertation, sowie der Zusammenfassung der Dissertation im Anhang dieses Berichts zu entnehmen. Zusammenfassend kann hier gesagt werden, dass der moderne, kühetolerante Hybride Magister in diesem Projekt weder während der Jugendentwicklung noch bezüglich der Ertragsleistung von den Landsorten dauerhaft übertroffen wurde. Immerhin übertrafen einige Landsorten den Hybriden DK 287 klar in der Produktion von Sprossbiomasse im Jugendstadium. Insbesondere war die Ertragsleistung der Landsorten unter extensiven Bedingungen vergleichsweise schwach, speziell bezüglich des Kornertrags. Der Versuchsstandort im Rheintal wirkte sich zudem nicht deutlich auf die Rangfolge der Sorten aus. Es war daher im Rahmen unserer Versuche keine klare lokale Anpassung der Sorten feststellbar. Die Stresstoleranz der Landsorten war allgemein geringer als erwartet. Es muss aber auch betont werden, dass die Landsorten nicht über den Hybrideffekt verfügen und die Resultate der Landsorten Popu-

lationsmittel darstellen, welche seltene, überragende Toleranzeigenschaften von einzelnen Landsortengenotypen evtl. maskieren. Die geringe Stresstoleranz erklären wir uns damit, dass die Landsorten in ihrer traditionellen Umwelt nur selten Stress ausgesetzt gewesen sein dürften, weil die früheren Maisbauern auf sichere Erträge angewiesen waren und deshalb jeglichem Stress durch geeignete Standortwahl und Kulturmassnahmen entgegen wirkten.

### Öffentlichkeitsarbeit

Neben dem Auswerten und Schreiben wurden auch im Jahr 2010 und im Januar 2011 verschiedene Gelegenheiten wahrgenommen, die Schweizer Maislandsorten und die damit verbundene Forschung der Öffentlichkeit vorzustellen. Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, wurde das NAP-Projekt 03-057 im Jahr 2010 erneut den Studenten des vierten Semesters der Agrarwissenschaften der ETH vorgestellt und im Rahmen eines Studentenaustausches Studenten der Universität Kiel präsentiert. Schliesslich wurde das Projekt im Rahmen der öffentlichen Doktorprüfung und eines Züchtungs-Seminars weiteren Interessenten vorgestellt.

Tabelle 2: Übersicht über die im Rahmen des Projektes NAP 03-057 durchgeführte Öffentlichkeitsarbeit

<b>Datum</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Vermittlungsart</b>	<b>Thema</b>
25.04.2008	Studenten-Exkursion zur ETH Forschungsanstalt, Eschikon	Anschauungsunterricht	NAP Landsorten
21.08.2008	Ph.D.-Symposium IPW, ETH Zürich, Kappel a.A.	Poster-Präsentation	Exploring early vigor of Swiss Maize Landraces
13.09.2008	Wädenswiler Spezialitäten-Herbstfest der ZHAW, Wädenswil	Infostand	Mais und Maislandsorten
26.09.2008	Nacht der Forschung, Euresearch und ETH, Zürich	Infostand	Die vielen Farben von Mais
01.10.2008	Gemeinsame Tagung von GPW und GPZ: Biodiversität in der Pflanzenproduktion, Göttingen	Wissenschaftlicher Konferenzbeitrag kombiniert mit einem Poster	Exploring Early Vigor of Swiss Maize Landraces
27.03.2009	Jahrestagung der Schweizerischen Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (SGPW), Changins	Posterbeitrag	Mit Maislandsorten dem Trockenstress entkommen
03.04.2009	Exkursion zur ETH Forschungsanstalt, Eschikon	Anschauungsunterricht	NAP Landsorten

<b>Datum</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Vermittlungsart</b>	<b>Thema</b>
25.09.2009	Nacht der Forschung, Eurerech und ETH Zürich	Infostand	Von den Wurzeln zum Korn
26.01.2010	Jahrestagung der International Association for the Exchange of Students for Technical Expertise (IAESTE), Zürich	Posterbeitrag	Field work of the Group of Agronomy and Plant Breeding at ETH
02.02.2010	Green Plant Breeding Technologies, Conference, Wien	Posterbeitrag	Competitive Ability of Maize Landraces during Early Growth
26.03.2010	Jahrestagung der Schweizerischen Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (SGPW), Stein	Posterbeitrag	Competitive Ability of Maize Landraces during Early Growth
21.05.2010	Exkursion zur ETH Forschungsanstalt, Eschikon	Anschauungsunterricht	NAP Landsorten
26.5.2010	Studentenaustausch Gruppe Kage, Universität Kiel, Zürich	Präsentation	Early Vigor of Maize Landraces in the Field
07.01.2011	Öffentlicher Prüfungsvortrag der aus dem vorliegend Projekt hervorgegangen Dissertation, Zürich	Präsentation	Characterization of Swiss Maize Landraces: Early Growth and Yield Performance in Contrasting Environments
26.01.2011	Züchtungs-Seminar, DSP, Delley	Präsentation	Charakterisierung von Schweizer Maislandsorten: Jungendentwicklung und Ertragsleistung in Kontrastierenden Umwelten

### **Publikationen**

Schneider D., Stamp P., Liedgens M. (2008) Exploring early vigor of Swiss maize landraces. Vorträge für Pflanzenzüchtung 77, Biodiversität in der Pflanzenproduktion, Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V., Göttingen.

Freitag N., Schneider D., Liedgens M., Messmer R., Stamp P. (2009) Mit Kühletoleranz von Schweizer Maislandsorten dem Trockenstress entkommen. Konferenzbeitrag, Wasser für die Landwirtschaft, Jahrestagung der Schweizerischen Gesellschaft für Pflanzenwissenschaften, Nyon.

Schneider D., Freitag N., Stamp P., Liedgens M. (2010) Competitive Ability of Four Maize Landraces during Early Growth. Konferenzbeitrag, Green Plant Breeding Technologies, International Conference, Wien.

Schneider D. (eingereicht) Early growth and yield performance of Swiss maize landraces (*Zea mays* L.) in contrasting environments. ETH Diss. No. 19474, Zürich.

### **Dank**

An dieser Stelle sei allen am Projekt NAP 03-057 beteiligten Institutionen und Personen herzlich gedankt, denn sie haben zum Erfolg viel beigetragen! Insbesondere möchten wir dem BLW dafür danken, dass es mit NAP die nötigen Bedingungen geschaffen hat, um genetische Ressourcen charakterisieren zu können und auch für die finanzielle Unterstützung. Wir danken der ETH Zürich, dass sie das vorliegende Doktorat mit ihrer Infrastruktur und Finanzen unterstützt hat. Hans Oppliger und dem landwirtschaftlichen Zentrum Salez danken wir herzlich für die zur Verfügung gestellten Versuchsflächen und Gastfreundschaft. Weiter danken wir Agroscope Changins-Wädenswil ACW für die Zusammenarbeit beim Testen einer Landsorte in den offiziellen Sortenversuchen. Dieser Dank gilt auch Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, welches an diesem Test beteiligt war. Ihm sei zudem dafür gedankt, dass wir seine Dresch-Infrastruktur benutzen durften. Sehr dankbar sind wir zudem dem technischen Personal der Forschungsanstalt Eschikon, insbesondere unserer ehemaligen Mitarbeiterin Helen Rast, wie auch den beteiligten Landwirten aus dem Raum Effretikon (Familien Weiss, Widmer und Knobel).

### **Bibliographie**

Eschholz T.W., Peter R., Stamp P., Hund A. (2008) Genetic diversity of Swiss maize (*Zea mays* L. ssp. *mays*) assessed with individuals and bulks on agarose gels. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55:971-983.

Eschholz T.W., Stamp P., Peter R., Leipner J., Hund A. (2010) Genetic structure and history of Swiss maize (*Zea mays* L. ssp. *mays*) landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution* 57:71-84.

Peter R., Eschholz T.W., Stamp P., Liedgens M. (2009a) Early Growth of Flint Maize Landraces under Cool Conditions. *Crop Science* 49:169-178.

Peter R., Eschholz T.W., Stamp P., Liedgens M. (2009b) Swiss Flint maize landraces-A rich pool of variability for early vigour in cool environments. *Field Crops Research* 110:157-166.

Rubenstein K.D., Smale M., Widrlechner M.P. (2006) Demand for genetic resources and the U.S. National Plant Germplasm System. *Crop Science* 46:1021-1031.

Tabata S., Eberhart S.A., Pollak L.M. (2004) Germplasm Resources, in: C. W. Smith, et al. (Eds.), Corn: Origin, History, Technology, and Production. John Wiley & Sons Inc., New Jersey, USA. pp. 99-132.

## **Anhang:**

### **Zusammenfassung der ETH-Dissertation 19474**

Die Ernährungssicherheit stellt heute eine grosse Herausforderung für die Pflanzenzüchter dar. Die Erträge der Kulturpflanzen müssen in den nächsten 50 Jahren voraussichtlich verdoppelt werden, um die steigende Nachfrage zu decken, die aus dem Bevölkerungswachstum und dem anwachsenden Prokopfverbrauch an pflanzlichen Produkten hervorgeht. Dies, obwohl die durchschnittliche Produktionsumwelt stressreicher wird, weil das fruchtbare Land knapp werden wird und das Klima extremer. Zudem ist die Welt immer stärker von wenigen Hauptkulturpflanzen abhängig und damit ist auch wahrscheinlicher, dass ertragswirksame Schadensereignisse an diesen Kulturen, wenn sie eintreten, sehr rasch ein verheerendes Ausmass annehmen. Das Risiko für grossflächige Ertragsausfälle steigt somit, obwohl die Nachfrage nach pflanzlichen Rohstoffen extrem zunehmen wird. Um dieses Risiko zu schmälern und um die Erträge zu steigern, sind stresstolerante Sorten von Kulturpflanzen und grössere genetische Variabilität in Bezug auf Stresstoleranz gefragt. Genetische Ressourcen, wie Landsorten von Kulturpflanzen, können potentiell wertvolle Eigenschaften zu Züchtungsprogrammen beisteuern. Landsorten zeigen eine grundlegende Anpassung an spezifische agronomische Umwelten und besitzen wegen ihres Populationscharakters eine relativ grosse Diversität von Allelen. Entsprechend ist ihr potentieller Beitrag zur Ernährungssicherheit unbestritten. Der Hauptgrund jedoch, welcher die Pflanzenzüchter davon abhält, genetische Ressourcen vermehrt in ihren Züchtungsprogrammen einzusetzen, ist das Fehlen von adäquater Information über die einzelnen Akzessionen der genetischen Ressourcen in den Genbanken. Um eine nachhaltige Nutzung dieser Ressourcen, d.h. einen Gebrauch, der das Nutzungspotential der Landsorten und anderen beteiligten Ressourcen aufrecht erhält, zu ermöglichen, muss ihre Charakterisierung verbessert werden.

Mais (*Zea mays*, L.) ist bezüglich seines Ertrags weltweit zur wichtigsten Kulturpflanze aufgestiegen, hauptsächlich wegen seiner grossen Flächenproduktivität und seiner breiten Verwertbarkeit für Lebens- und Futtermittel, sowie in der Industrie. Im Licht der bevorstehenden Herausforderungen für die Ernährungssicherung, erwachsen neue Aufgaben hinsichtlich der Verbesserung des Ertrags und der Ertragsstabilität: (1) Obwohl die Kältetoleranz von Mais bereits erfolgreich verbessert worden ist, ist Mais immer noch ungenügend an die tiefen Temperaturen angepasst, die in vielen heutigen Maisbaugebieten der gemässigten Breiten, wie in Nord- und Zentraleuropa, vorkommen. Dennoch wird er immer häufiger in solchen Gebieten angebaut, weil er eine so grosse potentielle Produktivität hat. Dies birgt ein beträchtliches wirtschaftliches Risiko. (2) Bedeutender zusätzlicher

Stress entsteht für Mais heute, weil post-moderne Anbausysteme versuchen, seine inhärenten Umweltrisiken (beispielsweise Verunreinigung des Grundwassers und Bodenerosion) zu minimieren, indem Low-input-Praktiken angewendet werden. Solche alternativen Produktionssysteme (beispielsweise bodenkonservierende und biologische Anbauverfahren) können zu langsamerer Bodenerwärmung, Nährstoffknappheit und erhöhter Unkrautkonkurrenz führen. Deshalb muss die Toleranz der Maissorten gegenüber solchen Stressarten verbessert werden.

Schweizer Landsorten könnten über entsprechende Eigenschaften verfügen, weil sie sich über Jahrhunderte an das wechselhafte gemässigte Klima angepasst haben und weil sie zu einer Zeit entstanden sind, als Maisherbizide noch nicht existierten. Zudem entwickelten sich diese Landsorten in alpinen und voralpinen Tälern und dürften deshalb eine spezifische Anpassung an unterschiedliche Stressumwelten besitzen.

Das vorliegende Projekt wurde im Rahmen des Nationalen Aktionsplans (NAP) zur Erhaltung und zur nachhaltigen Nutzung von pflanzengenetischen Ressourcen für die Ernährung und die Landwirtschaft der Schweiz durchgeführt. Absicht war die Charakterisierung einer Untergruppe der kürzlich festgelegten Kernsammlung der Schweizer Maislandsorten bezüglich der Toleranz gegenüber Kühle-, Nährstoff- und zwischenartlichem Konkurrenzstress während der Jugendphase, sowie gegenüber einer kompetitiven und nährstoffarmen Umwelt während der späteren Entwicklung. Dabei gingen wir von der Hypothese aus, dass Schweizer Maislandsorten besser an marginale Wachstumsbedingungen angepasst sind als moderne Hybriden.

Drei Feldstudien wurden ausgeführt: Die erste Studie (Kapitel 2) befasste sich mit dem Wachstum der Sprosstrockenmasse vom 1-Blattstadium bis zum 6-Blattstadium. Die Hypothese war, dass einige Landsorten besser an Umwelten mit tiefer Umgebungstemperatur angepasst sind und diesbezüglich moderne Hybriden im Ertrag übertreffen. Deshalb wurden acht Landsorten (003PR, 025VS, 074TM, 198TM, 125PV, 098RV, 103RV und 179RV) und drei Hybriden (Magister, DK 287 und Fabregas) unter Feldbedingungen in sechs Umwelten, die sich im Saattermin unterschieden, getestet. Dazu wurde eine funktionelle Wachstumsanalyse durchgeführt. Jedoch unterschieden sich die Experimente bezüglich der durchschnittlichen Tagesmittelwerttemperaturen nur gering und der Kühlestress war allgemein schwach. Unter diesen Umständen wuchs keine der Landsorten konsequent besser als die Referenzsorten Magister und Fabregas. Hingegen waren einige Landsorten besser als DK 287. Gewöhnlich waren die nördlichen Landsorten besser als die südlichen, während jene aus den zentralalpinen Tälern eine durchschnittliche Leistung zeigten. Die beiden Hybriden Magister und DK 287 schienen eine unterschiedliche Wachstumsstrategie zu besitzen: Magister zeigte gutes Jugendwachstum aber meist mit kleinerer relativer Wachstumsrate als DK 287. Letzterer hingegen hatte anfänglich ein sehr schwaches Wachstum, aber besass oft eine vergleichsweise hohe relative Wachstumsrate. Gelegentlich wurden bei Landsorten im frühen autotrophen Stadium ähnlich hohe Wachstumsraten beobachtet. Deshalb stellt sich die Frage, ob einige Landsorten, die

unmittelbar nach dem Auflaufen ebenfalls sehr schwach waren, dennoch interessante Eigenschaften für schnelles Wachstum in der frühen autotrophen Phase besitzen.

Die zweite Studie (Kapitel 3) konzentrierte sich auf das Jugendwachstum in unterschiedlichen agronomischen Umwelten zwischen dem 1- und dem 6-Blattstadium, was ebenfalls mit Hilfe von funktioneller Wachstumsanalyse untersucht wurde. Die Hypothese war, dass in nährstoffarmen Umwelten oder bei Konkurrenz von Unkraut einige Landsorten mehr Biomasse akkumulieren als moderne Hybriden. Deshalb wurden vier Landsorten (003PR, 025VS, 098RV und 179RV) und der hybrid Magister in vier Feldexperimenten, welche stressreiche und stressarme Behandlungen enthielten, verglichen. Marginale Bedingungen wurden erreicht, in dem auf Stickstoffdüngung verzichtet wurde und/oder durch untersäen von Raygras (*Lolium perenne*, L.) oder Raps (*Brassica napus*, L.). Die Stärke der Konkurrenz schwankte beträchtlich zwischen den einzelnen Experimenten. Dennoch wurden zwischen den Sorten keine systematischen Unterschiede bezüglich ihrer Reaktion auf die verschiedenen Niveaus von Stickstoff und Unkrautkonkurrenz gefunden.

Die dritte Studie (Kapitel 4) befasste sich mit der Ertragsleistung am Schluss der Wachstumsphase in kontrastierenden Umwelten. Die Hypothese war, dass unter marginalen Umweltbedingungen einige Landsorten mehr Sprossbiomasse und/oder Kornertrag bilden als Hybriden. Deshalb wurden acht Landsorten (003PR, 025VS, 074TM, 198TM, 125PV, 098RV, 103RV und 179RV) und der moderne Hybrid Magister in insgesamt sechs Feldumwelten, verteilt über drei Orte, getestet. Die marginalen Bedingungen wurden mit wenig Stickstoffdünger und einer Untersaat von Raygras erzeugt. In diesem Verfahren war die Pflanzendichte tief (44,500 Pflanzen ha<sup>-1</sup>), weil die Pflanzendichte in der traditionellen Landwirtschaft ebenfalls tief war. Das intensive Verfahren entsprach der jetzt üblichen landwirtschaftlichen Praxis, mit hoher Stickstoffdüngung, Herbizidanwendung und im Vergleich zum marginalen Verfahren einer doppelt so hohen Pflanzendichte. Der Hybrid zeigte bessere Stresstoleranz als alle Landsorten. Nur für Kornertrag trat eine signifikante Genotyp-x-Intensitäts-Interaktion auf. Die Landsorte 025VS war die einzige Landsorte, die gewisse spezifische Anpassung an marginale Umwelten zeigte ohne aber grossen Einfluss auf die Rangfolge der Sorten zu nehmen. Es wurde gefolgert, dass die Hybridzüchtung nicht nur den Spross- und Korn-Ertrag verbessert hat, sondern auch die Stresstoleranz.

Insgesamt waren die Landsorten weniger stresstolerant als erwartet. Man darf jedoch nicht vergessen, dass die Landsorten nicht über den Hybrideffekt verfügen. Zudem sind sie Populationssorten und das Resultat repräsentiert somit einen Populationsmittelwert der überragende Eigenschaften einzelner Genotypen verdecken könnte. Wie auch immer, die fehlende Überlegenheit der Landsorten in Bezug auf Stresstoleranz könnte darin begründet sein, dass die Landsorten in der traditionellen Landwirtschaft weniger Stress erfahren, als wir zu Beginn dieser Studie erwartet haben. Die Stresstoleranz hat sich vermutlich nicht entwickelt, weil ihr Bedarf an Ressourcen, vor allem an Nährstoffen, wegen

ihres geringen Ertragspotentials relativ tief war. Zudem war vermutlich in der traditionellen Landwirtschaft auch die Unkrautkontrolle intensiver, als wir ursprünglich annahmen und in der Vergangenheit wurde Stress durch die Anpassung der Pflanzendichte erfolgreich reguliert. Umgekehrt sind moderne Hybriden an hohe Pflanzendichten angepasst, was auch zur Koevolution von allgemeiner Stresstoleranz geführt hat.

Unsere Erkenntnisse suggerieren, dass für die nachhaltige Nutzung der Landsorten, weder eine direkte Eingliederung der Landsorten in die Züchtung noch ein Fortführen des bisherigen Testens von Landsorten vielversprechend sind. Nachhaltige Ansätze für die Zukunft könnten jedoch das Identifizieren von Allelen in Doppelhaploiden Linien von Landsorten sein, sowie die Weiterentwicklung von Landsorten in bewusst stressreich gehaltenen Umwelten, um so die Anti-Stress-Gene anzureichern. Eine Renaissance der Landsorten in ihrer aktuellen Form in der Landwirtschaft scheint nur nachhaltig zu sein, wenn sie in Kombination mit der Erhaltung von regionalem Brauchtum stattfindet.

Abbildung 1(s. unten): Eindrücke von den Feldversuchen: Gras- und Rapsuntersaaten (Reihen 1 und 2) und der Landsortenvermehrung (Reihe 3).

