Schlussbericht

Thema:

Verbundvorhaben: Predbreed -
Wissensbasierte Züchtung von Bioenergie-Getreide

Teilvorhaben 3: Feldversuche Triticale

Zuwendungsempfänger:

HegeSaat GmbH & Co.KG, 78224 Singen
(vormals Saatzucht Dr. Hege GbR, 74638 Waldenburg)

Förderkennzeichen:
22406312

Projektlaufzeit:
01.10.2012 bis 30.09.2015

Monat der Erstellung: Januar 2016, Veröffentlichung am 23.11.2016

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

I. Kurze Darstellung des Projektes

1 Einleitung 3

1.1 Motivation 3

1.2 Aufgabenstellung 4

2 Voraussetzungen 5

2.1 Wissenschaftlicher und technischer Stand 5

2.2 Vorarbeiten der HegeSaat GmbH & Co.KG (SH) 7

2.3 Zitierte Literatur 8

3 Projektstruktur 9

3.1 Projektpartner und Vernetzung 9

3.2 Projekt- und Meilensteinplanung 9

II. Eingehende Darstellung des Projektes

4 **Verwendung der Zuwendung und Projektergebnisse** 10

4.1 Materialentwicklung 10

4.2 Durchführung von Feldversuchen für die QTL-Experimente 11

4.3 Phänotypisierungsplattform - Beiträge des Teilprojektes 3 „Feldversuche“ 13

5 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 13

6 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten 14

7 Verwertbarkeit der Ergebnisse 14

8 Fortschritt auf dem Gebiet der Vorhabens bei anderen Stellen 15

9 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen 15

I. Kurze Darstellung des Projektes

1 Einleitung

1.1 Motivation

Durch ihr hohes Ertragspotential ist die Kulturart Triticale optimal geeignet, Fruchtfolgesysteme zur Energiegewinnung zu erweitern. Mit Winter-Triticale in der Fruchtfolge können hohe Biomasseerträge erreicht werden (FNR, 2008), auch unter Low-Input-Bedingungen (Jorgensen, 2007). Da bei Triticale eine breite genetische Variation der Biomasseleistung vorhanden ist (Maurer et al., 2009), lässt sich der Biomasseertrag von Triticale durch wissensbasierte Pflanzenzüchtung sogar noch weiter steigern.

In einem Triticale-Zuchtprogramm zur Korn- und Ganzpflanzennutzung bildet eine effiziente indirekte Selektion auf Pflanzenbiomasse mit Hilfe molekularer Marker die Grundlage für einen schnellen Zuchtfortschritt. Für Triticale stehen mittlerweile Markerchips zur Verfügung, die eine kostengünstige hochdichte Genotypisierung mit tausenden sogenannten Single-Nucleotide-Polymorphism(SNP)-Markern zulassen. Die Verknüpfung dieser molekularen Daten mit Feldversuchsdaten ermöglicht die wissensbasierte Züchtung. Auch im Feldversuchsbereich ist der Einsatz vieler technischer Neuerungen denkbar, die bisher kaum genutzt werden. Vor allem im Bereich der nicht-invasiven Phänotypisierung, also der Nutzung von Sensoren, mit denen Pflanzenbestände charakterisiert werden, ohne sie zu beeinflussen. Hierbei gibt es innovative Ideen, die eine indirekte Selektion von Biomasse ermöglichen. Weiterhin gibt es Innovationen auf den Gebieten Genotypisierung, Bioinformatik und Präzisionsphänotypisierung, deren Verknüpfung ein bisher kaum bearbeiteter Bereich ist obwohl die Integration dieser Teilbereiche einen Durchbruch für die prädiktive Züchtung verspricht.

Das Verbundprojekt liefert wichtige und innovative Beiträge zur Steigerung des Biomasseertrags bei Triticale, Roggen und Weizen. Diese Kulturarten tragen wesentlich zur Diversifizierung von Energiefruchtfolgen bei. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird eine genetisch breite Trainings- und Validierungspopulation für zuchtmethodische Ansätze bei Energie-Triticale entwickelt. In unserem Modellprojekt entwickeln wir die Phänotypisierung des Biomasseertrags bei Triticale, Roggen und Weizen mittels moderner nicht-invasiver Verfahren der Sensorik weiter. Hierbei bauen wir auf Erkenntnissen des vom BMBF geförderten Projekts *BreedVision* auf. Einen weiteren wichtigen Bezug zu den Zielen des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“ stellt die Evaluation der prädiktiven Züchtung von Triticale für die Ganzpflanzennutzung mittels Genomik und Präzisionsphänotypisierung dar.

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens erarbeiteten Methoden sind Grundlage, um effizient den Folgen des Klimawandels über Züchtung zu begegnen. Die Phänotypisierungsplattform erlaubt es, verschiedene Stressfaktoren so wie Trockenstress während und unmittelbar nach Stressphasen zu evaluieren. Dies ist bisher nicht möglich und daher können ausschließlich kumulierte Effekte aus Stresstoleranz und Erholungspotenzial von Genotypen bewertet werden.

1.2 Aufgabenstellung

Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele des Projekts

Das Hauptziel des Projektvorhabens besteht darin, die wissensbasierte Züchtung von Triticale auf Biomasseertrag zu etablieren. Dazu sollen die Innovationen in den Bereichen Genomik und Phänotypisierung genutzt werden. Im Einzelnen stehen im Rahmen des Projektes folgende wissenschaftliche und technische Arbeitsziele zur Bearbeitung:

1. Für die Etablierung der wissensbasierten Züchtung von Energie-Triticale ist es wichtig, eine geeignete Trainings- und Validierungspopulation aufzubauen. Diese muss hinreichend divers sein und gleichzeitig die agronomischen Mindeststandards einhalten, da sonst eine Evaluierung in Feldversuchen nicht sinnvoll möglich ist. Die Trainingspopulation dient der Eichung der prädiktiven Selektion auf hohen Biomasseertrag. Die Validierungspopulation ist entscheidend, um die nachhaltige Aussagekraft der Vorhersagemodelle von Biomasseertrag robust zu evaluieren (WP-A).
2. Sowohl die Trainings- als auch die Validierungspopulation werden molekular detailliert mittels eines hochdichten SNP-Chips charakterisiert. Dies ist in Triticale mittlerweile möglich, weil die im Weizen entwickelten SNP-Marker für das A- und B-Genom zur Verfügung stehen. Ferner sind die für Roggen (R-Genom) entwickelten SNP-Marker ebenfalls für Triticale nutzbar (WP-A).
3. Ein kombiniertes Zuchtprogramm zur Korn- und Ganzpflanzennutzung erfordert eine effiziente indirekte Selektion auf Pflanzenbiomasse. Bei Triticale ist es vorteilhaft, in Kornertragsprüfungen Biomasseerträge abschätzen zu können. Daher wird im Rahmen des Projektvorhabens eine nicht-invasive Phänotypisierungs-plattform inklusive Trägerfahrzeug für die Bestimmung von Biomasse entwickelt. Hierzu werden separate Experimente durchgeführt, um die nicht-invasive Phänotypisierungsplattform zu kalibrieren (WP-B). Da das Projektvorhaben Modellcharakter hat, wird ebenfalls für die Kulturarten Roggen und Weizen eine Kallibration entwickelt.
4. Mit Hilfe der Kalibrationsexperimente werden die Möglichkeiten und Grenzen der nicht-invasiven Phänotypisierung für eine prädiktive Züchtung von Roggen, Weizen und Triticale zur energetischen Nutzung untersucht (WP-B).
5. Die Trainings- und Validierungspopulation wird in umfangreichen Feldversuchen an mehreren Standorten mit Hilfe der nicht-invasiven Phänotypisierungs-plattform charakterisiert (WP-B).
6. Die Chancen und Grenzen der genomischen Selektion auf Biomasse bei Triticale werden aufgrund der phänotypischen und genomischen Daten der Trainings- und Validierungspopulation untersucht. Hierbei wird ein sogenannter Kreuzvalidierungsansatz verwendet, der auf die Datengrundlage angepasst wird (WP-C).

Innerhalb dieser Aufgabenstellung sind die Arbeiten des Teilprojektes „Feldversuche Triticale“ zu sehen. Sie sind essentiell mit den Arbeiten des Projektpartners Landessaatzuchtanstalt der Universität Hohenheim (UHOH) verflochten. Für die theoretische Ausarbeitung wird daher auf den Schlussbericht zum Förderkennzeichen 22406112 verwiesen. Die praktische Aufgabe für die HegeSaat GmbH & Co.KG (SH) bestand neben der Bereitstellung von Zuchtmaterial darin, die Arbeits- und Versuchskapazitäten der UHOH zu ergänzen, da mehrortige und mehrjährige Versuche die Voraussetzung für eine aussagekräftige und präzise Auswertung sind. Im Einzelnen handelte es sich um:

- Bereitstellen von genetisch divergentem Material hinsichtlich Biomasse zur Schaffung von Ausgangsvariation in Form von weitgehend homogenen Zuchtlinien (F5) bzw. DH-Populationen (Kandidaten). (WP-A,C)
- Vermehrung der Kandidaten, sodass die Erntemenge für die Anlage mehrortiger und mehrjähriger Parzellenversuche ausreichte (teilweise vor Projektbeginn).
- Durchführung von Parzellenversuchen zur Schaffung der mehrortigen Datenbasis für die QTL-Analysen. (WP-A,C)
- Unterstützung des Tests auf Praxistauglichkeit der Phänotypisierungsplattform (WP-B).

2 Voraussetzungen

2.1 Wissenschaftlicher und technischer Stand (Zitat aus dem Verbundantrag)

„Traditionell liegt der Schwerpunkt der Triticale-Züchtung auf der Optimierung der Körnernutzung. Eigenständige Zuchtprogramme zur Ganzpflanzennutzung sind aufgrund der noch zu geringen Flächenzahlen ökonomisch nicht rentabel. Daher ist zumindest in einer Übergangsphase eine duale Nutzung von Körnern und Ganzpflanzenbiomasse anzustreben. Intensive wissenschaftliche Studien bei Triticale zeigen zudem, dass die genetische Korrelation von Korn- und Ganzpflanzenertrag ausreichend hoch ist, um simultane Zuchtprogramme für beide Nutzungsrichtungen erfolgreich durchzuführen (Gowda et al., 2011). Hierbei kann der indirekte Selektionsgewinn substantiell gesteigert werden, falls die Ganzpflanzenbiomasse mit hoher Genauigkeit in den ersten Selektionsstufen der Kornertragsprüfungen vorhersagbar ist.

Mit dem Ziel, die Ganzpflanzenbiomasse aus Kornertragsversuchen vorherzusagen, entwickelten Gowda et al. (2011) auf der Basis von Bestandesparametern Kalibrations-Modelle für Biomasse. Die Ergebnisse sind sehr erfolgversprechend, da die validierte Vorhersagegenauigkeit hoch war. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt in der zeitaufwändigen Erfassung der relevanten agronomischen Parameter in routinemäßigen Feldversuchen. Daher wird in dem vom BMBF im Rahmen von Bioenergie2021 geförderten Projekt *BreedVision* eine Plattform für die nicht-invasive Phänotypisierung von Triticale-Beständen im Feldmaßstab entwickelt. Als Sensoren werden 3D-Kameras, Spectral-Imaging, Lichtgitter und Lasersensoren verwendet. Die bisherigen Ergebnisse sind vielversprechend,

zeigen aber auch, dass ausreichend Raum für Verbesserung gegeben ist. Die Verbesserungsmöglichkeiten beziehen sich auf zwei Bereiche, die im Folgenden detailliert beschrieben werden: die Revolution in der Sensorentwicklung und die starken Fortschritte bei der Eichung der Sensorsysteme.

Im Bereich der Sensorsysteme gibt es mittlerweile neue Technologien und intelligente Applikationsmethoden. Von den Antragstellern wurden im Rahmen laufender kooperativer Promotionen an der Hochschule Osnabrück (mit der Universität Hannover) neue Erkenntnisse in den Bereichen Spectral Imaging (bildgebende Spektralanalyse in dynamischen Systemen) und Multiview-3D-Kamerasystemen zur Messung von Pflanzeneigenschaften gewonnen, die in das Vorhaben einfließen. Hieraus resultieren insbesondere bildgebende relative Feuchteverteilungen bis hin zu Indikatoren für Inhaltsstoffe sowie die Bestimmung morphologischer Parameter. Darüber hinaus wurden Arbeiten zur Ultraschall-Mehrfachreflexion zur Bestimmung von Pflanzenhöhen und Blattebenen durchgeführt und bereits von einem Unternehmen der Privatindustrie eine Prototypenvorstellung erfolgt.

Neue – z.T. kommerziell verfügbare – Sensorsysteme, die bisher noch nicht in der Feld-Phänotypisierung eingesetzt wurden, sollen ebenfalls evaluiert werden. Dies betrifft die Terahertztechnologie (hier ist ein Machbarkeitstest vorgesehen), die NMR-Technologie (die Antragsteller arbeiten derzeit im Rahmen eines BMBF-Projektes an einem solchen Sensor) sowie eine Lichtfeld-Technologie, bei der – mit nur einer Aufnahme – eine digitale Refokussierung und 3D-Rekonstruktion dynamisch erreicht wird. Solche Technologien sind neuerdings verfügbar (z.B. raytrix GmbH).

Die Verfügbarkeit mehrerer Sensoren mit unterschiedlichen Selektivitäten bietet gegebenenfalls auch Optionen zur indirekten Messung von Bodeneigenschaften über Sensorfusion. Hierzu kann im Projekt auf Grundlage der zur Pflanzenphänotypisierung ohnehin vorhandenen Messdaten eine Einschätzung für diese Verfahren gegeben werden.

Bei der Etablierung der Kalibrations-Modelle gibt es ebenfalls signifikante Fortschritte zu verzeichnen. Mittlerweile wurde erstmals ein 3D-dynamisches Robotermodell mit Integration von Sensorschnittstellen (Treibern) aufgebaut und damit virtuelle Messungen durchgeführt werden, die Daten werden im gleichen Format abgelegt wie die echten Messdaten (Tsukor et al., 2011). Damit können dynamische Sensoreigenschaften in der virtuellen Realität simuliert, Sensorpositionen verändert und neue Sensoren effizient evaluiert werden. Dieses neue Forschungsfeld wird als „Virtual Phenotyping“ bezeichnet und schafft die Voraussetzung, reale Phänotypisierungsplattformen zu optimieren.

Eine genomische Vorhersage des Biomassepotenzials von Triticale ist ein hervorragendes Werkzeug zur Steigerung des Selektionsgewinns bei der Züchtung auf Ganzpflanzennutzung. Bisher waren für Triticale DArT-Marker verfügbar mit maximal 1.000 polymorphen Markern, die klassische QTL-Kartierungsansätze ermöglichen (Alheit et al., 2011). Mittlerweile sind SNP-Chips entwickelt

worden, die auch für Triticale einsetzbar sind. Diese SNP-Marker erlauben eine hochdichte Genotypisierung mit ~10.000 SNPs, was die Grundlage für die Anwendung der genomischen Selektion darstellt. Vorteil der genomischen Selektion im Vergleich zur klassischen marker-gestützten Selektion ist, dass nicht nur QTL mit großen Effekten, sondern auch QTL mit mittleren und kleinen Effekten berücksichtigt werden. Letztere sind speziell für das komplexe Merkmal Ganzpflanzenbiomasse von herausragender Bedeutung.

Die genomische Selektion wurde im Kontext der Tierzüchtung entwickelt (Meuwissen et al., 2001). Kreuzvalidierungsstudien auf der Grundlage experimenteller Daten zeigen das große Potenzial der genomischen Selektion in der Tierzüchtung (Luan et al., 2009). Experimentelle Studien zur genomischen Selektion bei Pflanzen wurden bisher bei der fremdbefruchtenden Kulturart Mais durchgeführt und bestätigen den großen Nutzen der genomischen Zuchtwertschätzung (Albrecht et al., 2011; Zhao et al., 2011). Experimentelle Arbeiten mit Selbstbefruchtern mit ausreichend dimensionierten Populationsgrößen liegen nicht vor, allerdings sprechen die Ergebnisse bei Mais dafür, dass genomische Selektion hier ebenfalls vielversprechend ist. Die Erstellung eines Selektionsindexes unter Verwendung des genomischen Zuchtwerts und phänotypischer Vorhersagemodelle scheint hierbei weitere Möglichkeiten zu bieten, die Genauigkeit der indirekten Selektion auf Ganzpflanzenbiomasse zu erhöhen. Folglich besitzt der in unserem vorgeschlagenen Forschungsprojekt geplante Ansatz das Potenzial, die Züchtung von Bioenergie-Triticale zu revolutionieren.

Das vorgeschlagene Projektvorhaben verfolgt die Ziele, (1) eine Trainings- und Validierungspopulation mit 1.100 Bioenergie-Triticale-Linien aufzubauen und diese mittels hochdichter SNP-Marker zu genotypisieren, (2) eine Präzisionsphänotypisierungsplattform inklusive Trägerfahrzeug zu entwickeln, die eine schnelle und nicht-invasive Schätzung von Biomasse durch die Integration neuer Sensoren und deren Fusion ermöglicht, (3) diese Präzisionsphänotypisierungsplattform für die Kulturarten Triticale, Weizen und Roggen zu eichen und (4) die Daten von Triticale zur prädiktiven Züchtung von Bioenergie-Triticale für Biomasseertrag zu nutzen.“

2.2 Vorarbeiten der HegeSaat GmbH & Co.KG

Die HegeSaat GmbH & Co.KG ist eine der führenden Firmen im Bereich der Triticale-Züchtung in Deutschland. Hierbei war in den letzten Jahren eines der Hauptziele, Triticale für die Gewinnung von Bioenergie zu optimieren. In Kooperation mit der Landessaatzuchtanstalt führte die HegeSaat GmbH & Co.KG umfangreiche Screening-Versuche durch, bei denen Experimentalsorten hinsichtlich ihrer Nutzung für die Biogasproduktion untersucht wurden. Die HegeSaat GmbH & Co.KG war bereits Partner für Feldversuche und Lieferant von Zuchtmaterial im Projekt *BreedVision*. Dort wurde gezielt die genetische Architektur der Biomasseleistung anhand von Elitezuchtmaterial untersucht. Das Verbundprojekt baut auf diesen Ergebnissen. Die HegeSaat GmbH & Co.KG steuert hierzu wiederum

geeignetes genetisches Material mit großer genetischer Diversität bei. Die Saatzucht Dr. Hege ist Mitinitiator der Prüfung auf Biomasseleistung beim Bundessortenamt. Weiterhin stellt HegeSaat GmbH & Co.KG im Bereich des Feldversuchswesens sehr gute Bedingungen für die Durchführung des Forschungsvorhabens zur Verfügung.

2.3 Zitierte Literatur

Albrecht T, Wimmer V, Auinger H-J, Erbe M, Knaak C, Ouzunova M, Simianer H, Schön C-C (2011) Genome-based prediction of testcross values in maize. Theoretical and Applied Genetics 123:339-350.

Alheit KV, Reif JC, Maurer HP, Hahn V, Weissmann EA, Miedaner T, Würschum T (2011) Detection of segregation distortion loci in triticale (x Triticosecale Wittmack) based on a high-density DArT marker consensus genetic linkage map. BMC Genomics 12:380.

Busemeyer L, Klose R, Linz A, Thiel M, Wunder E, Tilenac M, Ruckelshausen A (2010) Agro-sensor systems for outdoor plant phenotyping platforms in low and high densitiy crop field plots; Proceedings 68th International Conference Agricultural Engineering 2010, pp.213 - 218.

FNR 2008. Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_335-brosch_energiepflanzen_eva.pdf

Gowda M, Hahn V, Reif JC, Longin CFH, Alheit K, Maurer HP (2011) Potential for simultaneous improvement of grain and biomass yield in central European winter triticale germplasm. Field Crops Research 121:153-157.

Jørgensen JR, Deleuran LC, Wollenweber B (2007) Prospects of whole grain crops of wheat, rye and triticale under different fertilizer regimes for energy production. Biomass Bioenergy 31:308-317.

Luan T, Woolliams JA, Lien S, Kent M, Svendsen M, Meuwissen TH (2009) The accuracy of genomic selection in Norwegian red cattle assessed by cross-validation. Genetics 183:1119-1126.

Maurer HP, Fischer S, Würschum T, Reif JC (2009) Hybrid breeding in Triticale. Proceedings of the 7th International Triticale Symposium, Obregon, Mexico.

Meuwissen THE, Hayes BJ, Goddard ME (2001) Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. Genetics 157:1819-1829.

Tsukor V, Klose R, Ruckelshausen A (2011) Multi-sensor simulation method for outdoor plant phenotyping based on autonomous field robots, Proceedings CIGR 2011, to be published.

Zhao Y, Gowda M, Liu W, Würschum T, Maurer HP, Longin CFH, Ranc N, Reif JC. Accuracy of genomic selection in European maize elite breeding populations. Theoretical and Applied Genetics. DOI 10.1007/s00122-011-1745-y.

3 Projektstruktur

3.1 Projektpartner und Vernetzung

Das Gesamtvorhaben wurde durch ein interdisziplinäres Team bestehend aus Partnern der Bereiche Ingenieurwissenschaften und Informatik, Agrarwissenschaften und Agrartechnik, sowie der Pflanzenzucht bearbeitet.

Die Koordination des Gesamtprojekts übernahm die Universität Hohenheim.

Genauere Ausführungen finden sich im Abschlussbericht der Landessaatzuchtanstalt Universität Hohenheim (UHOH) FKZ 22406112.

Universität Hohenheim (FKZ 22406112)

- Koordination des Projekts
- Aufbau und Vermehrung der Validierungspopulation
- Vermehrung der Trainingspopulation
- Extraktion der DNA und Koordination der Genotypisierung der Trainings- und Validierungspopulation
- Anlage und Durchführung der Kalibrationsversuche für die Kulturarten Roggen, Weizen und Triticale
- Anlage und Durchführung der Phänotypisierung der Trainings- und Validierungspopulation
- Analyse der umfangreichen Daten aus den Feldversuchen
- Durchführung der Untersuchungen zur genomischen Selektion bei Triticale
- Evaluierung der Chancen und Limitierung der prädiktiven Züchtung für Ganzpflanzenbiomasse

Hochschule Osnabrück (FKZ 22406212)

- Konzeption und Realisierung des Gesamtsystems der Phänotypisierungs-plattform
- Konzeption, Entwicklung und Realisierung der Sensorsysteme, Systemtechnik und Algorithmen
- Testverfahren und Mensch-Maschine-Schnittstelle
- Durchführung von Messungen an den angelegten Feldversuchen

HegeSaat GmbH & Co.KG / Saatzucht Dr. Hege GbR (FKZ 22406312)

- Auswahl und Bereitstellung von geeignetem Zuchtmaterial
- Vermehrung des Kalibrierungssets
- Vermehrung der Trainingspopulation
- Anlage und Durchführung von Feldversuchen zur Phänotypisierung der Trainings- und Validierungspopulation

Nordsaat Saatzuchtgesellschaft mbH (FKZ 22406412)

- Auswahl und Bereitstellung von geeignetem Zuchtmaterial
- Vermehrung des Kalibrierungssets
- Vermehrung der Trainingspopulation
- Anlage und Durchführung von Feldversuchen zur Kalibration für die Kulturarten Roggen, Weizen und Triticale
- Anlage und Durchführung von Feldversuchen zur Phänotypisierung der Trainings- und Validierungspopulation

Verschiedene Unterauftragsnehmer.

3.2 Projekt-und Meilensteinplanung

Das Verbundvorhaben war in mehrere Teilbereiche unterteilt, siehe Bericht UHOH, FKZ 22406112. Die HegeSaat GmbH & Co.KG bearbeitete an ihren Versuchsstandorten unter Federführung der Landessaatzuchtanstalt (UHOH) Aufgaben zu nachfolgenden Arbeitsbereichen:

- WP A: Materialentwicklung
- WP A: Versuche zur Phänotypisierung des Zuchtmaterials in den QTL-Experimenten
- WP B: Erprobung der Phänotypisierungsplattform im Feld

II. Eingehende Darstellung des Projektes

4 Verwendung der Zuwendungen und Projektergebnisse

4.1 AP: Materialentwicklung

4.1.1 Aufgabenstellung

Material aus dem Zuchtprogramm, das in der Ausprägung der Biomasseleistung möglichst breit divergierte und dennoch eine für die genetische Analyse befriedigende Homogenität aufwies sollte selektiert und soweit vermehrt werden, dass das Saatgut für eine mehrortige zweijährige Prüfung ausreichte. Um eine möglichst große Diversität zu erreichen, wurde auch Material berücksichtigt, welches dem Zuchtziel „Ertrag“ (Biomasse / Korn) zuwiderlief. Die erforderliche fortgeschrittene genetische Homogenität schränkte die Auswahl allerdings ein. Es konnten über 300 Kandidaten ausgewählt werden, die aus den DH-Populationen verschiedener Jahre stammten oder bereits F5-Einzelpflanzennachkommenschaften waren. Sodann wurde ein geeigneter Versuchsstandort ausgewählt, der in einem Umkreis von max. 200 km von UHOH entfernt war, und ausreichend gleichmäßige und ebene Bodenverhältnisse aufwies.

4.1.2 Verwendung der Zuwendung und Ergebnis

SH vermehrte die ausgewählten mehr als 300 Kandidaten aus dem eigenen Zuchtprogramm, nachdem rechtzeitig ein Bescheid zum „förderunschädlichen Projektbeginn“ vorlag. Diese Kandidaten wurden als Ährennachkommenschaften aus verschiedenen Triticalepopulationen aus dem Zuchtprogramm der HegeSaat GmbH & Co.KG in 4-facher Wiederholung mittels Magazinsaat ausgesät. Die Kontrolle der Feldbestände, das Drucken der Feldpläne und Etiketten sowie eine Erfassung des Feldaufgangs wurden durchgeführt. Alle pflanzenbaulichen Maßnahmen wie Düngung und Pflanzenschutz erfolgten praxisgerecht. Vor und zur Blüte wurden die Kandidaten auf Homogenität kontrolliert und inhomogene Nachkommenschaften abgesichelt. Eine Bonitur der Wuchshöhe wurde durchgeführt.

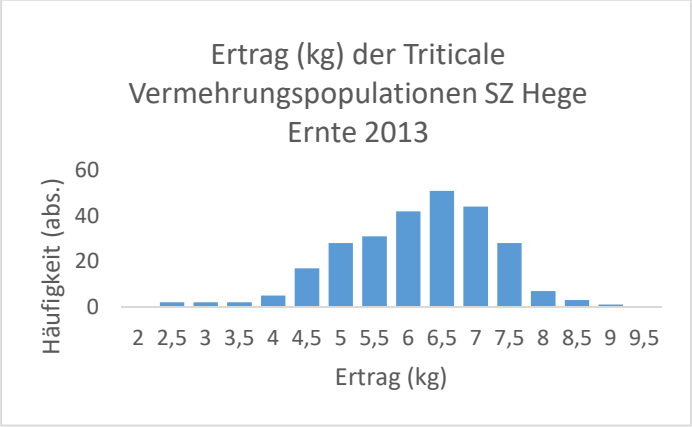


Abb1: Streuung des Ertrages der Vermehrungsparzellen Ernte 2013, Teilprojekt 3 Triticale

Die Nachkommenschaften wurden unter guten Erntebedingungen Anfang August 2013 geerntet und aufgereinigt. Insgesamt konnte Vermehrungssaatgut von mehr als 250 Kandidaten an UHOH zur Aufstellung eines gemeinsamen Sortiments geliefert werden. Die Erträge lagen zwischen 2,0 und 8,5 kg, der mittlere Ertrag war 6 kg.

Für das im dritten Projektjahr anzubauende Validationsset wurden rechtzeitig in Zusammenarbeit mit UHOH aussichtsreiche Kandidaten ausgewählt und bei Bedarf vermehrt.

4.2 AP: Durchführung von Feldversuchen für die Phänotypisierung

4.2.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen des Verbundprojektes stellte SH einen Standort für zwei Prüfjahre für die Kalibrationspopulation und ein Prüfjahr für die Validationspopulation . An mehreren Terminen sollten mit der entwickelten Phänotypisierungsplattform nicht invasiv die Merkmale wie z.B. Pflanzenlänge, Biomasse und Blattfarbe erfasst werden. Parallel hierzu erfolgte eine herkömmliche manuelle Datenerfassung. Diese herkömmlich erfassten Daten sowie eine Probe des geernteten Korngutes und die Parzellenerträge sollten an UHOH geliefert werden. Für die Ziele der Datenauswertung und die Erprobung der Plattform sei auf die entsprechenden Berichte von UHOH und FHOS hingewiesen.

4.2.2 Verwendung der Zuwendung und Ergebnis

Eingebettet in obige Aufgabenstellung erfolgten an den Standorten der SH folgende Arbeiten:

- Jährliche Aussaat der Feldversuche mehr als 1000 bzw. 1600 Parzellen.
- Pflege der Versuche: Düngung, Pflanzenschutz, Mulchen und Kurzhalten der Wege und Wendeflächen für die Phänotypisierungsplattform.
- Manuelle Erfassung von Daten: Stand nach Winter, Pflanzenhöhe, Bestandesdichte, und nach Absprache mit UHOH: Zeitpunkt Ährenschieben und Blüte, sowie Bonituren zur Lager- und Krankheitsanfälligkeit
- Ernte der Parzellen mit Erfassen des Erntegewichts und der Trockenmasse
- Aufbereitung des Erntegutes, Erfassen von TKM, Probenahme und Versand einer 500 g Probe nach UHOH
- Weiterleitung aller durch SH erfassten Daten an UHOH zur Verrechnung über alle Umwelten.

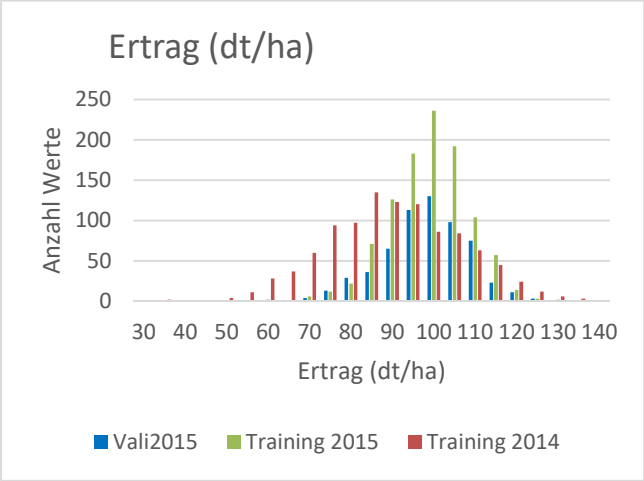
Aufgrund von betrieblicher Umstrukturierung (Arbeiterin in Elternzeit, Technischer Mitarbeiter mit aus persönlichen Gründen reduzierter Arbeitszeit) und Verfügbarkeit einer geeigneten Fläche haben wir uns entschlossen, den Versuch in beiden Vegetationsperioden 2013/2014 und 2014/2015 von einem Dienstleister durchführen zu lassen. Der Mangel an kurzfristig erhältlichen qualifizierten Arbeitskräften in der Region (Sogwirkung des Gastgewerbes und mittlerer Industrie- und Dienstleistungsbetriebe) hätte sonst eine suboptimale Durchführung des Versuches nach sich gezogen. Der Dienstleister führte die gesamte Feldarbeit von der Aussaat bis zur Ernte sowie teilweise auch die Merkmalserfassung

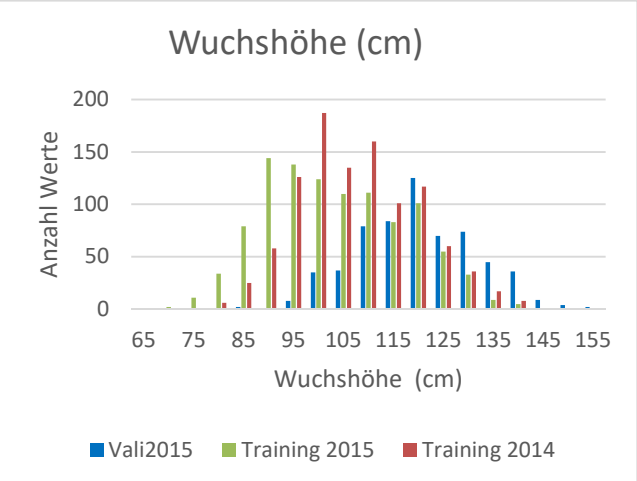
durch. Unsere Mitarbeiter waren zum Teil zur manuellen Datenerfassung während der Vegetation am Standort präsent.

Im Vegetationsjahr 2014 trat vermehrt Gelbrost auf, der durch UHOH an zwei Zeitpunkten erfasst wurde. Es erfolgten zwei außerplanmässige Fungizidmaßnahmen, um den Versuch nicht zu gefährden. Die große Menge der Prüfglieder konnte nicht an einem Erntetag abgedroschen werden, daher kamen zur Ernte 2014 zwei Mähdrescher zum Einsatz, was leider zu einer Fehlerquelle führte und rechnerisch korrigiert wurde (siehe Bericht UHOH). Im Vegetationsjahr 2015 wurden nicht nur die mehr als 1000 Parzellen des Kalibrationssets, sondern auch noch 600 Parzellen für das Validationsset ausgesät. Aufgrund der Erfahrungen aus 2014 konnte schon im Vorfeld ein Standort ausgewählt werden, der vom Gelände her geeigneter war. Trockenheit und Hitze im Mai und Juni 2015 dämmte die Ausbreitung des Gelbrostes ein. Trotz der Trockenheit waren in der Ernte 2015 zufriedenstellende Kornerträge zu verzeichnen. Die Trockenheit manifestierte sich vor allem in der flacheren Verteilung der Häufigkeiten für das Merkmal Wuchshöhe, siehe Abb. 2.

Die gewonnenen Daten wurden an UHOH weitergegeben, um zusammen mit Daten aus anderen Orten / Teilprojekten analysiert zu werden.

Da für eine Auswertung gemäß Aufgabenstellung des Verbundprojektes die Gesamtheit der Arbeiten des Arbeitspaketes WP-A betrachtet werden muss, wird für eine ausführliche Diskussion auf den Ergebnisbericht der Landessaatzuchtanstalt (UHOH), Förderkennzeichen 22406112 verwiesen.





	Ertrag (dt/ha)			Wuchshöhe (cm)		
	Kalibration 2014	Kalibration 2015	Validation 2015	Kalibration 2014	Kalibration 2015	Validation 2015
Minimum	41	35	54	76	67	79
Maximum	135	128	111	147	152	152
Mittelwert	87	96	96	106	112	118

Abbildung 2: Exemplarische Darstellung der Variationsbreite einiger phänotypischer Kenngrößen im Teilprojekt 3, die auf manuelle Weise durch die SH am Versuchsstandort HET (Poppenhausen) in den Jahren 2014 und 2015 erfasst wurden.

4.3 AP: **Phänotypisierungsplattform** – Beiträge des Teilprojektes 3 „Feldversuche Triticale“

4.3.1 Aufgabenstellung

Die Versuche am Standort der HegeSaat GmbH & Co.KG dienten im Sinne von Arbeitspaket A dazu, für die Entwicklung der Phänotypisierungsplattform Feldbedingungen zu bieten, wie sie in Pflanzenzuchtbetrieben zu erwarten waren.

4.3.2 Verwendung der Zuwendung und Ergebnis

Beitrag zu WP-B (Nutzung und Optimierung der Phänotypisierungsplattform)
Die Auswahl des Feldes und die Anlage des Versuches musste auf die besonderen Ansprüche der Phänotypisierungsplattform Rücksicht nehmen. Die Versuche wurden platzmäßig etwas großzügiger angelegt als die üblichen Standardanlagen im Zuchtgarten. Die Wege zwischen den Versuchsblöcken waren etwas breiter und an den Stirnseiten wurde ausreichend Platz zum Wenden der Phänotypisierungsplattform berücksichtigt. Neben den üblichen Maßnahmen zum Pflanzenbau und Pflanzenschutz wurden vor jedem Messtermin der Phänotypisierungsplattform die Parzellen- und Feldränder gemulcht, um unbeschwertes Manövrieren der Plattform sowie eine präzisere Datenerfassung zu ermöglichen.

Aufgrund des verzögerten Projektbeginns und Verzögerungen bei der Fertigstellung der selbstfahrenden Plattform musste im Jahre 2014 noch mit der aus BreedVision stammenden gezogenen Plattform durch die Bestände gefahren werden. Leider verhinderte die minimale Hangneigung des Versuchsgeländes eine optimale Datenerfassung durch die Plattform am Standort HET2014, weil die gezogene Plattform die Spur nicht halten konnte.

Für weitere Details wird auf den Schlussbericht der FHOS unter FKZ 22046212 verwiesen.

5 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Ursprünglich waren die Personalkosten die größte Position der für die HegeSaat GmbH & Co.KG insgesamt bewilligten Mittel. Aufgrund von betrieblicher Umstrukturierung (Arbeiterin in Elternzeit, Technischer Mitarbeiter mit aus persönlichen Gründen reduzierter Arbeitszeit) und Verfügbarkeit geeigneter Flächen hatten wir uns jedoch entschlossen, den Versuch in beiden Vegetationsperioden 2013/2014 und 2014/2015 von einem Dienstleister durchführen zu lassen. Der Mangel an kurzfristig erhältlichen qualifizierten Arbeitskräften in der Region (Sogwirkung des Gastgewerbes und mittlerer Industrie- und Dienstleistungsbetriebe) hätte sonst eine suboptimale Durchführung des Versuches nach sich gezogen. Zwangsläufig reduzierten sich dadurch die direkten Personalkosten. Die Umwidmung wurde zunächst zum 13.11.2013 genehmigt. Die Ausweitung der Validationspopulation erforderte eine weitere Umlagerung der Kosten. Insgesamt beliefen sich die Personalkosten damit auf

ca. XXXXX € und die Sonstigen unmittelbaren Vorhabenkosten umfassten ca. XXXXX € und beinhalteten die Hinzuziehung eines externen Dienstleisters. Für Reisekosten zu Projekttreffen und zur Bearbeitung des Versuchsstandortes wurden weniger als 500€ verausgabt. Teilnahme an nationalen / internationalen Tagungen waren nicht vorgesehen.

6 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten

Da phänotypische Daten durch Umwelteinflüsse überlagert werden, müssen Feldversuche mehrortig und mehrjährig durchgeführt werden, um diese Umwelteffekte durch entsprechende statistische Verfahren zu minimieren. Das Teilprojekt „Feldversuche“ wurde daher durch die HegeSaat GmbH & Co.KG zweijährig an einem Ort ausgeführt. Dies diente zum einen der Erweiterung der Vielfalt der Umwelten hinsichtlich Klima, Bodenqualitäten und Krankheitsdruck, und zum anderen der Senkung der Arbeitsbelastung an der UHOH. Die Förderung der Arbeiten war notwendig und angemessen, da die durchgeführten Feldexperimente nicht Bestandteil der routinemäßigen Versuche bei der HegeSaat GmbH & Co.KG und sehr umfangreich waren.

Im Vergleich zu den ursprünglichen Zielen bezüglich des Verbundteilprojektes 3 „Feldversuche Triticale“ ist festzuhalten: Unter der Verantwortlichkeit von SH konnten Material und Versuchsflächen bereitgestellt werden und die erfassten phänotypischen Daten (Bonituren, Wuchshöhe und Kornertrag) sowie Teilproben von Korngut zeitnah zur weiteren Auswertung an die UHOH geliefert werden.

7 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Da für eine Auswertung gemäß Aufgabenstellung des Verbundprojekts die Gesamtheit der Arbeiten des WP-A betrachtet werden muss, wird für eine ausführliche Diskussion auf den Ergebnisbericht der Landessaatzuchtanstalt (UHOH), Förderkennzeichen 22406112, bzw. der FH Osnabrück (FHOS), Förderkennzeichen 22406212 verwiesen. Aufgrund von Verzögerungen bei der Genehmigung des Gesamtprojektes und durch Verzögerungen bei der Erstellung des neuen Fahrzeugs für die Phänotypisierungsplattform läuft das Projekt „Predbreed“ an der Hochschule Osnabrück (FHOS) noch bis zum 31.08.2016 (FKZ 22406212), an der Landessaatzuchtanstalt (UHOH) noch bis zum 28.02.2017 (FKZ 22406112).

Aus der Perspektive eines mittelständischen Züchters, der aufgrund seiner Bedingungen keine Grundlagenforschung oder technologische Entwicklungen dieses Ausmaßes leisten kann, war dieses Projekt ein sehr ermutigender Erfolg. Insgesamt ist zu erwarten, dass die Ergebnisse für die Vorlaufforschung zur Züchtung effizienter Triticalesorten sowohl für das Nutzungsziel Biomasse als auch für das Ziel Kornertrag sehr gut verwendbar sind. Dies zeigten bereits die wissenschaftlich verwertbaren Ergebnisse aus dem Vorläuferprojekt „BreedVision“. Die Synthese aus diesen

Ergebnissen und aus dem laufenden Verbundprojekt wird die Ableitung praktischer Erkenntnisse zur Strukturierung der Züchtungsarbeit für die Entwicklung leistungsstarker Triticalesorten erlauben.

8 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Da die HegeSaat GmbH & Co.KG lediglich einen kleinen Teilbereich des Verbundprojektes hauptsächlich als Zulieferer von Daten bearbeitete, wird hierzu auf den Schlussbericht der Landessaatzuchtanstalt / Universität Hohenheim UHOH, Förderkennzeichen 22406112, verwiesen.

9 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Geplante Veröffentlichungen:

Da die HegeSaat GmbH & Co.KG lediglich einen kleinen Teilbereich des Verbundprojektes hauptsächlich als Zulieferer von Daten bearbeitete, wird hierzu auf den Schlussbericht der Landessaatzuchtanstalt / Universität Hohenheim UHOH, Förderkennzeichen 22406112, verwiesen.

IV. Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN keine	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Schlussbericht des Projektes: Verbundprojekt PredBreed Wissensbasierte Züchtung von Bioenergie-Getreide Teilvorhaben 3: Feldversuche Triticale	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Weissmann, Sigrid Weissmann, Elmar	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.09.2015 6. Veröffentlichungsdatum geplant 7. Form der Publikation -
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Saatzucht Dr. Hege GbR, nunmehr HegeSaat GmbH & Co.KG Schlossstr.12, 78224 Singen	9. Ber. Nr. Durchführende Institution - 10. Förderkennzeichen 22406312 11. Seitenzahl 18
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 11 14. Tabellen 1 15. Abbildungen 2
16. Zusätzliche Angaben: keine	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich, 1.2.2016	

18. Kurzfassung

Ziel des Verbundprojektes ist es durch eine Nutzung von Innovationen in den Bereichen Genomik und Phänotypisierung den Korn- und Biomasseertrag bei der Modellkulturart Triticale mittels einer wissensbasierten Züchtung in einem kombinierten Zuchtprogramm zu steigern. Um dieses Ziel zu erreichen, werden erstmals Daten einer sensorbasierten nicht-invasiven Phänotypisierungsplattform mit genomischen Daten kombiniert, um indirekt das Merkmal Biomasseertrag vorhersagen zu können. Diese Methodenentwicklung zur prädiktiven Züchtung legt die Grundlage für die gleichzeitige Verbesserung von zwei unterschiedlichen Zuchtzielen Korn- und Biomasseertrag in einem Zuchtprogramm. Neben Triticale soll auch für die Kulturarten Roggen und Weizen eine Kalibration für die indirekte Bestimmung der Biomasse modellhaft erarbeitet werden. Auf Basis dieser Kalibrationen ist es dann möglich mit der Phänotypisierungsplattform den Einfluss verschiedener Stressfaktoren wie beispielsweise Trockenstress während und unmittelbar nach Stressphasen zu evaluieren. Darüber hinaus wird das Verbundprojekt es erlauben innovative Züchtungsstrategien mithilfe von Genomik und Hochdurchsatz-Phänotypisierung zu entwickeln.

Im Rahmen des Verbundprojektes stellte das „Teilprojekt 3 – Feldversuche Triticale“ aktuelles Zuchtmaterial und Versuchskapazitäten bereit, um u.a. Daten von Triticale zur prädiktiven Züchtung von Bioenergie-Triticale für Biomasseertrag sowie für Kornertrag zu nutzen. Eine genetische Auswertung der Feldversuche dieses Teilprojektes ist nach dem 28.2.2017 zusammen mit den Felddaten aus anderen Teilprojekten im Schlussbericht des Förderkennzeichens FKZ 22406112 zu finden.

19. Schlagwörter
Phänotypisierung; Genotypisierung; Pflanzenzüchtung; Feldversuche; Sensorplattform; Biomasse; QTL, Triticale, prädiktive Züchtung

20. Verlag keiner	21. Preis kostenfrei

IV. Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN none	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report
3. Titel Schlussbericht des Projektes: Verbundprojekt PredBreed Wissensbasierte Züchtung von Bioenergie-Getreide Teilvorhaben 3: Feldversuche Triticale	
4. author(s) (family name, first name(s)) Weissmann, Sigrid Weissmann, Elmar	5. end of project 30.09.2015 6. publication date In preparation 7. form of publication -
8. performing organization(s) (name, adress) Saatzucht Dr. Hege GbR, now: HegeSaat GmbH & Co.KG Schlossstr.12, 78224 Singen	9. originator's report no. - 10. reference no. 22406312 11. no. of pages 18
12. sponsoring agency(name, adress) Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 53170 Bonn	13. no. of references 11 14. no. of tables 1 15. no. of figures 2
16. supplementary notes none	
17. presented at (title, place, date) Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich, February 2nd, 2016	

18. abstract

The main objective of this joint research project is to increase the grain and biomass yield in a combined breeding program of the model crop triticale using innovative genomics and phenomics approaches. In order to achieve this goal data from a non-invasive phenotyping platform and genomic information is combined to indirectly predict the biomass yield. The development of this predictive breeding lays the foundation for the simultaneous improvement of two different breeding goals, grain and biomass yield in one breeding program. In addition to triticale, calibration models for the indirect prediction of biomass yield with a non-invasive phenotyping platform will be developed for rye and wheat. These calibration models will enable the evaluation of the influence of different stress factors (e.g. drought stress) during and immediately after stress phases. Moreover the findings will allow to develop innovative breeding strategies with respect to using high throughput genomics and phenotyping methods.

Within the frame of this joint project, the described work of „Teilprojekt 3 – Feldversuche Triticale“ consisted in providing relevant breeder's material and capacities for field trials in order to establish stable and reliable data for predictive breeding of triticale for biomass or grain use. This data will be integrated into the joint evaluations to be part of the final report of grant no FKZ 22406112 after 28.02.2017.

19. keywords
Field trials; plant phenotyping; genotyping; plant breeding; biomass; sensor platform; image-based sensors; triticale, predictive breeding

20. publisher none	21. price Free of charge