



# Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand

Forschungsprojekt Nr. 100898  
COBRA-Austria

Der österreichische Projektteil wird im Rahmen des europäischen ERA-Net-Projekts Core Organic II vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft finanziell gefördert.

**Univ. Prof. Hermann Bürstmayr & Mag. Almuth Müllner**

Universität für Bodenkultur Wien  
Department IFA Tulln  
Biotechnologie in der Pflanzenproduktion  
Konrad Lorenz Straße 20  
A-3430 Tulln  
Telefon: 0043 2272 66280 201  
Email: [hermann.buerstmayr@boku.ac.at](mailto:hermann.buerstmayr@boku.ac.at)  
Web: <http://www.ifa-tulln.boku.ac.at/615.html>

*Tulln, Oktober 2015*

## Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG.....	4
BESCHREIBUNG PROJEKT .....	6
TÄTIGKEITSBERICHT 2015.....	8
I.    Allgemeine Anmerkungen 2015.....	8
1.    Kooperationspartner .....	8
2.    Budget .....	8
II.   Tätigkeiten und Ergebnisse 2015 .....	9
1.    Erschließung neuer Resistenzquellen.....	9
2.    Genetische Kartierung von Resistenzgenen .....	9
2.1.   Erstellen von Kartierungspopulationen .....	9
2.2.   Resistenzprüfung von Kartierungspopulationen .....	10
a.    Kartierungspopulationen – Ergebnisse 2015 .....	12
b.    Elternlinien, Differentialsortiment – Ergebnisse 2015 .....	17
2.3.   Auswahl von Kartierungspopulationen.....	19
2.4.   Genotypisieren von 3 Kartierungspopulationen .....	19
3.    Weitere Tätigkeiten .....	19
III.   Ausblick Tätigkeiten 2016 .....	20
ZUSAMMENFASSUNG .....	22
Literatur .....	23

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1</b> Übersicht Arbeitspakete 2013 bis 2016 .....	7
<b>Tabelle 2</b> Übersicht COBRA Partner .....	8
<b>Tabelle 3</b> Übersicht Budget und Arbeitsaufwand .....	8
<b>Tabelle 4</b> Übersicht Kartierungspopulationen 2015 .....	9
<b>Tabelle 5</b> Übersicht Versuchsstandorte Österreich & USA 2015 .....	10
<b>Tabelle 6</b> Übersicht Versuchsstandorte COBRA Partner 2015.....	11
<b>Tabelle 7</b> Übersicht Ergebnisse 2015 für Kartierungspopulationen .....	14
<b>Tabelle 8</b> Elternlinien Steinbrandresistenz 2014-2015.....	17
<b>Tabelle 9</b> Elternlinien Zwergsteinbrandresistenz 2013-2015 .....	17
<b>Tabelle 10</b> Differentialsortiment Steinbrandresistenz 2014-2015 .....	18
<b>Tabelle 11</b> Differentialsortiment Zwergsteinbrandresistenz 2006, 2014-2015 .....	18
<b>Tabelle 12</b> Übersicht Kartierungspopulationen 2016 .....	20
<b>Tabelle 13</b> Übersicht Versuchsstandorte Österreich & USA 2016.....	21
<b>Tabelle 14</b> Übersicht Versuchsstandorte COBRA Partner 2016.....	21

## **Abbildungsverzeichnis**

<b>Abbildung 1</b> Übersicht Befallsniveau an den Versuchsstandorte 2015.....	11
<b>Abbildung 2</b> Häufigkeitsverteilung der anfälligen und resistenten Linien .....	15
<b>Abbildung 3</b> Vergleich der Befallswerte für Steinbrand und Zwergsteinbrand .....	16

## EINLEITUNG

Entsprechend ökologischer Richtlinien (EU Bio Verordnungen 834/2007 und 889/2008) darf Saatgut im Biolandbau nicht gebeizt werden. Deswegen sind Sorten, welche Resistenzen gegenüber samen- und bodenbürtigen Krankheiten wie gewöhnlichem Steinbrand (verursacht durch *Tilletia caries* und *Tilletia foetida*) und Zwergsteinbrand (verursacht durch *Tilletia controversa*) aufweisen, von besonderem Interesse. Besonders Zwergsteinbrand stellt eine Herausforderung für den Biolandbau dar, da er – anders als der gewöhnliche Steinbrand – bodenbürtig ist und somit nicht mittels Saatguthygiene bekämpft werden kann. Aufgrund fehlender pflanzenbaulicher Bekämpfungsmöglichkeiten bleibt Landwirten auf verseuchten Bio Flächen oftmals einzig die Option, auf Winterweizen Anbau ganz zu verzichten. Der Frage der Sortenresistenz in Winterweizen gegenüber Zwergsteinbrand kommt daher eine große Bedeutung zu.

Die Genetik der Resistenz ist wenig erforscht. Phänotypisch wurden für Weizen 14 Differentialsorten identifiziert, welche jeweils eines der Gene Bt1 bis Bt13 und BtP tragen, die rassenspezifische Resistenz gegenüber Steinbrand bzw. Zwergsteinbrand vermitteln (Hoffmann & Metzger 1976; Metzger & Hoffmann 1978; Goates 1996). Nur 6 dieser Bt Gene (Bt1, Bt4, Bt5, Bt6, Bt7, Bt10) konnten bis *dato* spezifischen Weizen Chromosomen zugeordnet – also grob kartiert – werden (Zusammenfassung in Matanguihan & Murphy 2011). Weiters konnten verschiedene QTL (Quantitative Trait Loci) in Weizen identifiziert werden, welche unvollständige aber rassenspezifische Resistenz gegenüber Steinbrand vermitteln (Fofana et al. 2007; Wang et al. 2009; Dumalasová et al. 2012). Einzig für Bt10 stehen zum jetzigen Zeitpunkt molekulare Marker zur Verfügung stehen, welche in der Praxis Verwendung finden (Laroche et al. 2000).

Zur Wirksamkeit von Resistenzgenen in Österreich, und somit auch das Rassenspektrum von Steinbrand und Zwergsteinbrand betreffend, wurde bisher nur eine Untersuchung veröffentlicht (Huber & Buerstmayr 2006). Gegen Steinbrand wirksame Resistenzgene sind demnach Bt4, Bt5, Bt6, Bt8, Bt9, Bt10, Bt11, Bt12, BtP. Nur ein Teil des Differentialsortiments wurde im Rahmen dieser Untersuchung auch auf Resistenz gegenüber Zwergsteinbrand getestet (Bt8, Bt9, Bt10, Bt12, Bt13, BtP): Besonders interessant ist, dass von diesen die gegen Steinbrand wirksamen Bt Gene Bt8, Bt9 und Bt10 *keine* Resistenz gegenüber Zwergsteinbrand vermitteln konnten. Zusammen mit vorläufigen Ergebnissen aus unserem Projekt kann man zum jetzigen Zeitpunkt davon ausgehen, dass von den beschriebenen Bt-Genen einzig Bt11 und Bt12 stabile und ortsunabhängige Resistenz gegen beide Brand-Krankheiten vermitteln.

Züchtungsbemühungen betreffend Steinbrand und Zwergsteinbrand Resistenz sind mit dem Aufkommen von wirkungsvollen Beizmitteln in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts in den Kinderschuhen steckengeblieben. Die klassische ausschließlich feldbasierte (phänotypische) Resistenzzüchtung für beide Krankheiten ist zeit- und kostenintensiv und diese zusätzlichen Aufwände können von den Züchtern in der Regel nicht gerechtfertigt werden. Im Gegensatz zur phänotypischen Selektion am Feld kann die Selektion mittels molekularer Marker relativ einfach in ein Zuchtprogramm integriert,

und geeignetes Zuchtmaterial rasch und günstig bereits in frühen Generationen identifiziert werden. Voraussetzung für die Anwendung molekularer Markertechnologie in der Sortenentwicklung ist die Entwicklung von verlässlichen Markern: diese benötigt jedoch einen beträchtlichen wissenschaftlichen und finanziellen Aufwand.

Das Projekt „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“ hat zum Ziel, Abschnitte im Weizengenom, welche solide Resistenz gegen Zwergsteinbrand vermitteln, zu kartieren und molekulare Marker für diese zu entwickeln. Molekulare Marker werden die Selektion von regional angepassten Sorten mit optimaler Steinbrand- und Zwergsteinbrand-Resistenz ermöglichen. Solche Sorten sind für den biologischen Weizenanbau in mittleren und höheren Lagen Österreichs (Alpenvorland, Mühl- und Waldviertel) dringend erforderlich: Wir können davon ausgehen, dass durchwegs alle Winterweizen Sorten, von denen derzeit Saatgut in Bioqualität angeboten wird, hoch anfällig sind.

## BESCHREIBUNG PROJEKT

Das Projekt „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“ soll einen Beitrag zur Verminderung der jährlich durch Zwergsteinbrand verursachten Schäden für Österreichs Landwirtschaft leisten, und hat die Bewerksstellung folgender Arbeitspakete zur Aufgabe:

1. Erschließung von neuen, wirksamen Resistenzquellen
2. Genetische Kartierung von Resistenz Genen in hoch resistentem Zuchtmaterial
3. Entwicklung von molekularen Markern für die Anwendung in der Züchtung
4. Bereitstellung von resistenten Zuchtlinien an die praktischen Weizenzüchter

Im Zuge der Projektentwicklung – und in Ergänzung zum ursprünglichen Vorhaben – haben wir uns entschieden, unsere Kartierungspopulationen auch auf Resistenz gegenüber Steinbrand zu testen, um so zusätzliche Informationen bezüglich der Beziehung Resistenz gegen Steinbrand vs. Resistenz gegen Zwergsteinbrand zu erlangen, und nicht zuletzt auch, um molekulare Marker zu entwickeln, welche in der Resistenzzüchtung gegen *beide* Krankheiten verwendet werden können.

Eine Übersicht der Arbeitspakete und der einzelnen Arbeitsschritte für die 3 Projektjahre wird in *Tabelle 1* gegeben. Der Arbeitsschwerpunkt des vorliegenden Projektes liegt auf der genetischen Kartierung von Resistenz Genen und der (damit einhergehenden) Entwicklung von molekularen Markern für diese, um in Folge in der praktischen Weizenzüchtung frühes Zuchtmaterial auf Resistenz hin testen zu können.

In Vorarbeiten wurden in Zusammenarbeit mit Dr. Herbert Huss vom Institut für Biologische Landwirtschaft LFZ Raumberg-Gumpenstein Versuche zur Charakterisierung der Zwergsteinbrand Resistenz in Winterweizen durchgeführt. Einige hoch resistente Winterweizen Linien konnten auf diese Weise identifiziert werden: Bei diesen handelt es sich einerseits um alte Landsorten aus der Türkei, andererseits um Sorten aus den USA – also „exotisches“, an unsere österreichischen Anbaubedingungen *nicht* angepasstes Zuchtmaterial. Es wurden mehrere Kartierungspopulationen erstellt, welche auf Kreuzungen zwischen diesen hoch resistenten (Land-) Sorten und agronomisch angepassten aber anfälligen heimischen Sorten basieren. Diese Kartierungspopulationen umfassen jeweils ca. 100 homozygote Kreuzungsnachkommen, welche wir in mehrjährigen Feldversuchen auf Resistenz gegenüber Steinbrand und Zwergsteinbrand prüfen. Ausgewählte Kartierungspopulationen werden mittels SNP Chip Technologie genotypisiert werden. Die gemeinsame statistische Auswertung der phänotypischen und genotypischen Daten wird uns ermöglichen, Lage und Wirkung jener Abschnitte im Weizengenom zu bestimmen, welche Resistenz gegenüber Steinbrand und Zwergsteinbrand vermitteln und die Entwicklung geeigneter molekularer Marker erlauben. Im Rahmen des Projektes identifizierte, resistente Zuchtlinien werden als Kreuzungseltern für die Sortenzüchtung bereitgestellt.

Unser Projekt (Akronym: „COBRA-Austria“) wird im Rahmen des Core-Organic II (ERA-NET) Projektes COBRA (Coordinating Organic plant Breeding Activities for diversity)

realisiert: Es ist Teil von WP1 Task 1.2, welcher schwerpunktmäßig samenbürtige Krankheiten zum Thema hat.

	Vorarbeiten bis 2013	Jahr 1 2014	Jahr 2 2015	Jahr 3 2016
<b>Erschließung neuer Resistenzquellen</b>	xx	x	x	x
<b>Genetische Kartierung von Resistenzgenen</b>				
Erstellen von Kartierungspopulationen	xxx			
Resistenzprüfung von Kartierungspopulationen	x	xx	xxx	xxx
Auswahl von Kartierungspopulationen		xx	xx	
Genotypisieren von 2-3 Kartierungspopulationen			xx	
Statistische Auswertung der Daten		x	xx	xxx
<b>Entwicklung molekularer Marker</b>				xx
<b>Bereitstellung von Zuchtlinien</b>				x
<b>Weitere Tätigkeiten</b>				
Stakeholdermeeting M6		x		
Stakeholdermeeting M30			x	

**Tabelle 1** Übersicht Arbeitspakete 2013 bis 2016

*Grau unterlegt sind die 2015 durchgeführten Tätigkeiten, welche im Teil II. dieses Zwischenberichtes detailliert beschrieben werden (x-xxx: Intensität Arbeitsaufwand).*

# TÄTIGKEITSBERICHT 2015

Im Folgenden sind allgemeine Anmerkungen betreffend Kooperationspartner, Budget und Arbeitsaufwand, ein ausführlicher Bericht für das Versuchsjahr 2015 und ein Ausblick auf das nächste und letzte Versuchsjahr 2016 für das Projekt COBRA-Austria zu finden.

## I. Allgemeine Anmerkungen 2015

### 1. Kooperationspartner

Als Vertreter Österreichs im COBRA Projekt liegt uns seit Projekt Start an einer guten Vernetzung mit Partnern aus dem Ausland. Im Versuchsjahr 2015 haben wir mit den in *Tabelle 2* angeführten Institutionen im Rahmen von COBRA einen regen Austausch gepflegt. Dies betrifft einerseits die Durchführung von Resistenzprüfungen auf auswärtigen Flächen, andererseits natürlich auch den Wissensaustausch. Besonders freuen wir uns, dass wir den Weizenzüchter Prof. David Hole von der Utah State University in Logan (Utah, USA) als Kooperationspartner für Zwergsteinbrand Resistenzprüfungen der Kartierungspopulationen für das Versuchsjahr 2015 und 2016 gewinnen konnten.

Land	Institut, Kontaktperson
Tschechien	Crop Research Institute (CRI), Dr. V. Dumalasova
Deutschland	Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL), Dr. B. Killermann, Dr. B. Voit, DI R. Bauer
Schweden	Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Dr. I. Ahmann
Dänemark	Agrologica, Dr. A. Borgen

**Tabelle 2** Übersicht COBRA Partner

### 2. Budget

*Tabelle 3* liefert eine Auflistung der bis dato angefallenen Projektkosten und verbrauchten Personenmonate.

Budget	Gesamt	Verbraucht
Personalkosten €	140.460,00	89.933,73
Verbrauchsmaterialkosten €	17.000,00	12.182,17
Andere Kosten €	9.200,00	6.418,14
<b>Kosten €</b>	<b>166.660,00</b>	<b>108.534,04</b>
Gemeinkosten 20% €	33.332,00	21.706,81
<b>Gesamtkosten €</b>	<b>199.992,00</b>	<b>130.240,85</b>
<b>Personenmonate</b>	<b>49</b>	<b>31</b>

**Tabelle 3** Übersicht Budget und Arbeitsaufwand

Stand 30.09. 2015

## II. Tätigkeiten und Ergebnisse 2015

Im Folgenden werden die für das Jahr 2015 geplanten und auch erfolgreich durchgeführten Tätigkeiten (siehe *Tabelle 1*) ausführlich beschrieben.

### 1. Erschließung neuer Resistenzquellen

In das Vergleichssortiment unserer Resistenzprüfungen inkludieren wir seit Projektbeginn jeweils interessante Sorten und Genbankeinträge, welche potentielle neue Resistenzquellen darstellen, damit uns mit Projektabschluss erneut resistente Kreuzungspartner zur Verfügung stehen. Mehrjährige Resistenzprüfungen sind notwendig, um zu aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen, so dass diese erst im Abschlussbericht 2016 publiziert werden.

### 2. Genetische Kartierung von Resistenzgenen

Die Hauptarbeit unseres Projektes besteht in der genetischen Kartierung von Resistenzgenen, und besteht aus mehreren Arbeitsschritten (siehe *Tabelle 1*), von denen die Resistenzprüfung von Kartierungspopulationen in mehrjährigen Feldversuchen sicherlich der arbeitsintensivste ist.

#### 2.1. Erstellen von Kartierungspopulationen

In Vorarbeiten wurden seit 2006 mehrere Kartierungspopulationen erstellt, welche auf Kreuzungen zwischen hoch resistenten exotischen Sorten und anfälligen heimischen Sorten basieren. Die Nachkommenschaften dieser Kreuzungen wurden über Einkorn-Ramsche bis zur F5 Generation weitergeführt, so dass seit 2014 je Kreuzung rund 100 weitgehend homozygote RILs (Recombinant Inbred Lines) in ausreichender Saatgutmenge für das Projekt zur Verfügung stehen. 2014 wurden 10 Kreuzungsnachkommenschaften, welche 6 Resistenzquellen zugeordnet werden können, für umfangreiche Resistenzprüfungen im Jahr 2015 und 2016 ausgewählt. *Tabelle 4* liefert eine Übersicht über die COBRA Austria Kartierungspopulationen, welche jeweils 100-130 Linien umfassen.

Population	Kreuzung	Steinbrand	Zwergsteinbrand	Zwergsteinbrand	Zwergsteinbrand
		Tulln CB_TUL15	Utah (USA) DB_UTA15	Schöfeld DB_SCH15	Tulln DB_TUL15
<b>Blizzard</b>	Blizzard/Rainer	120	120	120	
<b>Bonneville</b>	Bonneville/Rainer	120	120	120	
<b>PI119333</b>	PI119333/Midas	20	20	20	
	PI119333/Pannonikus	20	20	20	
	PI119333/Rainer	80	80	80	
<b>M822123</b>	M822123/Rainer	100	100	100	
<b>PI178383</b>	PI178383/Midas	80	80		80
	PI178383/Rainer	50	50		50
<b>PI560841</b>	PI560841/Midas	60	60		60
	PI560841/Rainer	60	60		60

**Tabelle 4** Übersicht Kartierungspopulationen 2015

Für die einzelnen Standorte ist jeweils die Anzahl der verwendeten Linien angegeben.

## 2.2. Resistenzprüfung von Kartierungspopulationen

2015 wurden in Feldversuchen für 6 ausgewählte Populationen Resistenztests gegen Steinbrand und Zwergsteinbrand in Österreich und den USA durchgeführt. Zusätzlich zu den Kartierungspopulationen selbst wurden in allen Versuchen die resistenten und anfälligen Elternlinien, Vergleichslinien, und das gesamte Differentialsortiment getestet. *Tabelle 5* listet die Versuchsstandorte 2015 und die detaillierten Versuchsbedingungen auf. Weiters wurden Elternlinien, Vergleichslinien und das Differentialsortiment in größtmöglichem Umfang an zusätzlichen Standorten im Ausland bei COBRA Partnern getestet. *Tabelle 6* listet die Feldversuche, die 2015 bei COBRA Partnern durchgeführt wurden, auf. In all unseren Versuchen dient uns die Sorte Capo, welche die in Österreich nach wie vor am weitesten verbreitete Winterweizen Sorte im biologischen Landbau ist und rund ein Drittel der biologischen (Qualitäts-) Winterweizenanbaufläche einnimmt, als Standard. Capo ist sowohl gegenüber Steinbrand als auch Zwergsteinbrand hoch anfällig, und lässt Rückschlüsse auf den Erfolg der künstlichen Infektion mit Steinbrand bzw. Zwergsteinbrand Sporen zu: Ein Capo Befall von mindestens 30% ist für verlässliche Daten – insbesondere was die Auswertung der Populationen anbetrifft – *unabdingbar*. Im Folgenden werden die Ergebnisse für die einzelnen Populationen, sowie für Elternlinien und Differentialsortiment beschrieben. **Das Hauptziel 2015 war es, geeignete Populationen für die Genotypisierung auszuwählen.**

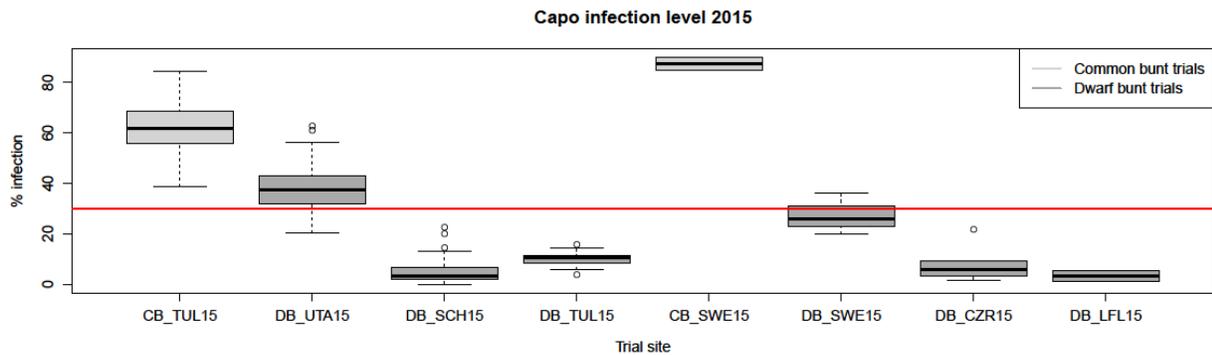
	Steinbrand	Zwergsteinbrand	Zwergsteinbrand	Zwergsteinbrand
	Tulln	Utah (USA)	Schönfeld	Tulln
Resistenzprüfung 2015	CB_TUL15	DB_UTA15	DB_SCH15	DB_TUL15
Pflege Bestand	Konventionell	Konventionell	Konventionell	Konventionell
Aussaat	01.11.2014	06.10.2014	10.10.2014	31.10.2014
Saatstärke (kg/ha)	180	180	180	180
Parzellengröße (m <sup>2</sup> )	0,50	0,25	0,50	1,00
Parzellengröße (Reihen a 1-1.5m)	2	1	2	10
Versuchsaufbau	RCB, 2 Blöcke	RCB, 2 Blöcke	RCB, 2 Blöcke	RCB, 2 Blöcke
<b>Anzahl Kartierungspopulationen</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
Größe Kartierungspopulation	120-130	120-130	120-130	120-130
<b>Anzahl Parzellen Versuch</b>	<b>868x2</b>	<b>850x2</b>	<b>574x2</b>	<b>352x2</b>
Eltern-, Vergleichslinien, Differentialsortiment	Ja	Ja	Ja	Ja
Anzahl Parzellen Extern (inkl. COBRA Partner)	124	0	74	0
Europäischer Ringtest	Ja	Nein	Nein	Nein
<b>Inokulation (Oktober/November)</b>	<b>Saatgut</b>	<b>Boden</b>	<b>Boden</b>	<b>Boden</b>
<b>Sporen Konzentration</b>	<b>0.5-1g/100g</b>	<b>2.0 g/m<sup>2</sup></b>	<b>1.5 g/m<sup>2</sup></b>	<b>1.5 g/m<sup>2</sup></b>
Abdeckung Vlies (November-April)	Nein	Nein	Ja	Ja
<b>Erfolgreiche Infektion</b>	<b>Ja</b>	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>	<b>Nein</b>
<b>Capo % Befall</b>	<b>62.6 (SE 0.7)</b>	<b>37.5 (SE 0.6)</b>	<b>4.5 (SE 0.3)</b>	<b>10.1 (SE 0.2)</b>

**Tabelle 5** Übersicht Versuchsstandorte Österreich & USA 2015

*Konventionelle Versuche wurden unter Low Input Bedingungen durchgeführt (minimale Düngung und Unkrautbekämpfung, keine Fungizid Behandlung), beim Versuchsanbau handelte es sich um ein Randomized Complete Block Design (RCB).*

	Steinbrand	Zwergsteinbrand	Zwergsteinbrand	Zwergsteinbrand
	Schweden	Schweden	Tschechien	Deutschland
Resistenzprüfung 2015	CB_SWE15	DB_SWE15	DB_CZR15	DB_LFL15
Eltern-, Vergleichslinien, Differentialsortiment	Ja	Ja	Ja	Ja
Inokulation (Oktober/November)	Saatgut	Boden (natürlich)	Boden	Boden (natürlich)
Erfolgreiche Infektion	Ja	Nein	Nein	Nein
Capo % Befall	87.5 (SE 13.5)	24.2 (SE 2.1)	5.2 (SE 0.9)	3.4 (SE 0.7)

**Tabelle 6** Übersicht Versuchsstandorte COBRA Partner 2015



**Abbildung 1** Übersicht Befallsniveau an den Versuchsstandorte 2015

## a. Kartierungspopulationen – Ergebnisse 2015

Die insgesamt 6 Kartierungspopulationen wurden 2015 an 4 Standorten in großflächigen Feldversuchen auf Resistenz gegenüber Steinbrand (Tulln, 6 Populationen) und Zwergsteinbrand (Utah, 6 Populationen; Schönfeld, 4 Populationen; Tulln, 2 Populationen) getestet (*Tabelle 5, Abbildung 1*). Die künstliche Infektion mit Steinbrandsporen für den Feldversuch in Österreich (Tulln) war erfolgreich, die Auswertung des Versuches konnte unter optimalen Befallsbedingungen durchgeführt werden. Die Zwergsteinbrand Feldversuche wiesen in Österreich (Schönfeld und Tulln) ein zu geringes, in den USA (Utah) ein gutes Befallsniveau auf, so dass der letztere Versuch teils zufriedenstellend ausgewertet werden konnte: Wie schon 2014, waren die Witterungsbedingungen in Österreich im Winter 2014/15 (verhältnismäßig warme Temperaturen, keine durchgängige Schneedecke) sehr ungünstig für die Krankheitsentwicklung von Zwergsteinbrand. Auch in Utah handelte es sich um den wärmsten Winter seit Jahrzehnten, mit einer verhältnismäßig kurz ausgeprägten dauerhaften Schneedecke. Bekanntermaßen ist es schwer, künstlich eine starke Zwergsteinbrand Infektion zu provozieren, da dieser – im Gegensatz zu gewöhnlichem Steinbrand – sehr sensibel auf Abweichungen von den optimalen Bedingungen reagiert: Eine durchgehende Schneedecke sorgt für stabil niedrige Temperaturen (3-8°C), hohe Luftfeuchtigkeit und spezielle Lichtverhältnisse, welche für eine erfolgreiche Krankheitsentwicklung notwendig sind (Goates 1996). Für das vorliegende Projekt ist es also umso wichtiger, mehrere Versuchsjahre und -orte zur Verfügung zu haben, um zu aussagekräftigen Ergebnissen betreffend Zwergsteinbrand zu kommen und der Grund weshalb trotz künstlicher Inokulation mit Zwergsteinbrand Sporen mehrjährig und über mehrere Orte geprüft werden muss.

Für alle 6 Populationen konnte die Auswertung für gewöhnlichen Steinbrand (Tulln) erfolgen, für 3 dieser Populationen konnten auch Daten für Zwergsteinbrand (Utah) erhoben werden. Ein Überblick über die Ergebnisse der Resistenzprüfungen 2015 für die einzelnen Populationen ist in *Tabelle 7* zu finden. Die Qualität der Versuche, welche aus der Wiederholbarkeit der Befallswerte (Heritabilität) abzuleiten ist, war für alle Populationen sehr zufriedenstellend. Für alle Populationen konnten signifikante Unterschiede für Steinbrand- bzw. Zwergsteinbrandbefall zwischen den Linien der jeweiligen Populationen festgestellt werden. Die Häufigkeitsverteilung und Anzahl von resistenten und anfälligen Linien ließ für die einzelnen Populationen Rückschlüsse auf die wahrscheinliche Anzahl der wirkenden Resistenzgene zu (*Tabelle 7*).

Für die Populationen Blizzard, Bonneville und PI560841 konnten aussagekräftige Daten sowohl für Steinbrand als auch für Zwergsteinbrand erhoben werden (*Abbildung 2*). Die Häufigkeitsverteilung von resistenten und anfälligen Linien für **Blizzard** und **Bonneville** – Träger unbekannter Resistenzgene – legt die Vermutung nahe, dass es sich um mehr als ein Resistenzgen (nicht die gesamte Resistenzantwort kann durch ein Gen erklärt werden) handelt, da das Verteilungsmuster signifikant von einer 1:1 Verteilung abweicht (*Tabelle 7*); es ist jedoch unwahrscheinlich, dass 2 gleichwertige Resistenzgene am Wirken sind, da das Verteilungsmuster signifikant von einer 3:1 Verteilung abweicht, welche in diesem Fall zu beobachten wäre. Die Vermutung liegt also nahe, dass zusätzlich zu einem „Major Gene“, ein (oder mehrere) „Minor Gene(s)“ für die Modulation der Resistenzantwort zuständig sind. Eine solch stabile, durch 1-2 Gene vermittelte Resistenz wäre in der praktischen Züchtung

wünschenswert. Die Häufigkeitsverteilung von resistenten und anfälligen Linien für **PI560841** – Trägerin unbekannter Resistenzgene – deutet unter Steinbrandbefall hingegen auf eine typisch quantitative Resistenz hin: Eine Kombination von vielen Resistenz Loci, von denen jeder alleine nur einen kleinen Teil der Resistenz bewerkstelligen kann, vermittelt gute Resistenz; nur wenige Linien innerhalb der Population weisen somit komplette Resistenz auf (*Tabelle 7*). Unter Zwergsteinbrandbefall war das Bild unklarer (geringeres Befallsniveau) und liefert Hinweise auf mehr als 2 wirkende Resistenzgene. Eine derartige quantitative Resistenz wäre zwar – einmal in einer Sorte vorhanden – sehr dauerhaft, ist aber in der praktischen Züchtung schwer einsetzbar, da das Kombinieren vieler Genen notwendig wäre, um ein gutes Resistenzniveau zu erreichen.

Für die Populationen PI119333, M822123 und PI178383 konnten aussagekräftige Daten für Steinbrand erhoben werden (*Abbildung 3*). **PI119333** ist eine Linie des Differentialsortiments und enthält das Resistenzgen **Bt12**. Die Häufigkeitsverteilung von resistenten und anfälligen Linien unterstützt die Theorie, das PI119333 Trägerin von einem dominant wirkenden Resistenzgen ist. **Bt12** ist ein breit wirksames Resistenzgen, und konnte bis dato nicht kartiert werden. **M822123** ist ebenso im Differentialsortiment zu finden und enthält **Bt11**. Die Häufigkeitsverteilung von resistenten und anfälligen Linien deutet jedoch darauf hin, dass 2 gleichwertige Resistenzgene in dieser Linie vorhanden sein müssen. Für **PI178383** – Trägerin von **Bt8**, **Bt9** und **Bt10** – deutet die Häufigkeitsverteilung auf das Vorhandensein von 2 gleichwertigen, nicht gekoppelten Resistenzgenen hin, was auch damit zu tun haben könnte, dass 2 dieser 3 Bt Gene de facto so eng beisammen liegen, dass sie als eines wirken.

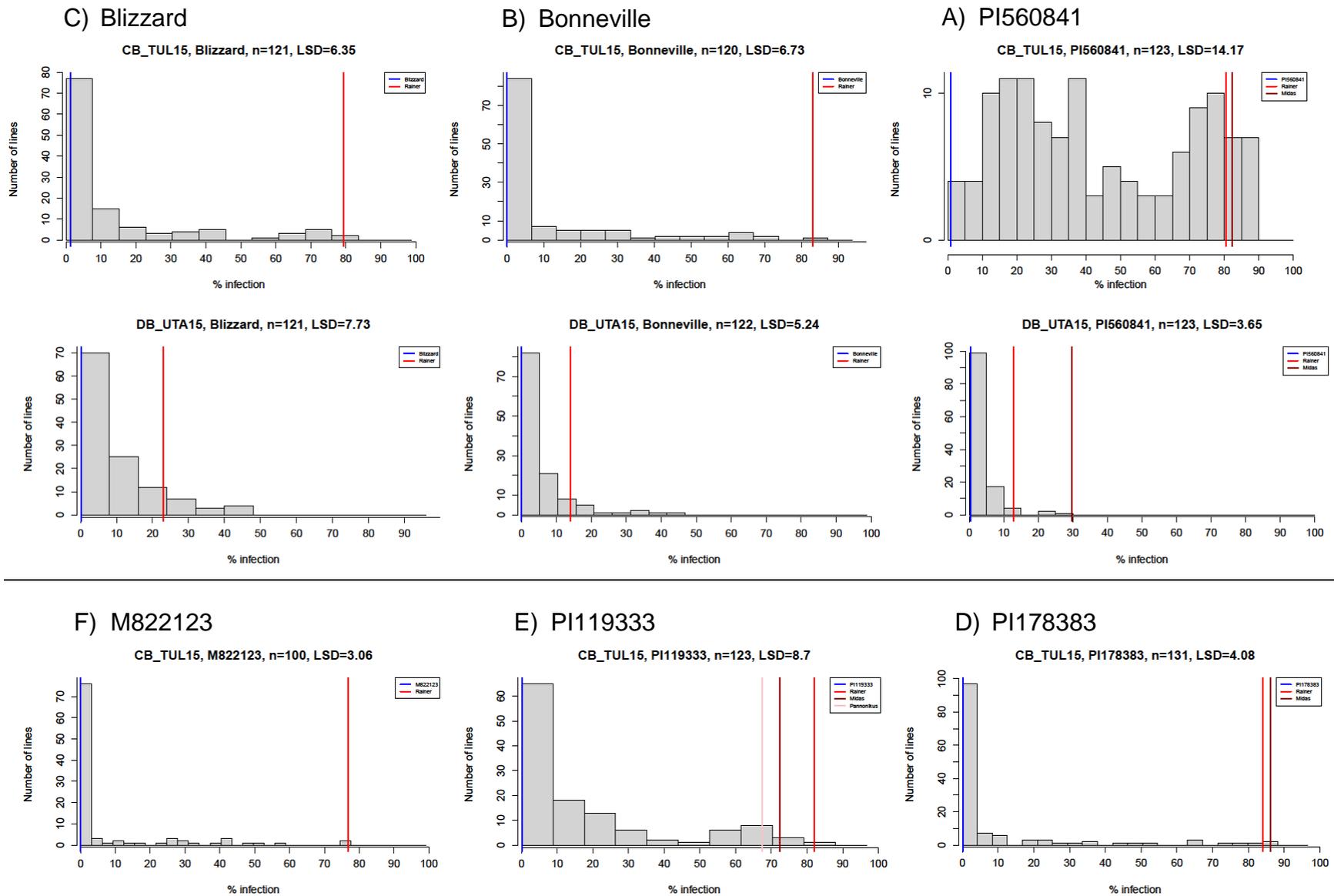
Die für alle Populationen beobachtete Variabilität im anfälligen Bereich legt die Vermutung nahe, dass der „modifizierende“ Effekt sogenannter „Modifier Genes“ (nur dann) zum Tragen kommt, wenn eine Linie beide anfälligen Allele aufweist.

Population	Inokulum	Versuch	Befallsmittel	SD	H2	Linien	Ausreißer	Resistent	Anfällig	Cutoff*	Verteilung	p.value	Hypothese
Blizzard	Steinbrand	CB_TUL15	13,0	3,2	0,99	122	1	77	44	7,6	1:1	0,000	> 1 Gen
Blizzard	Zwergsteinbrand	DB_UTA15	9,9	3,9	0,93	122	1	70	51	8,0	1:1	0,080	> 1 Gen
Bonneville	Steinbrand	CB_TUL15	11,1	3,4	0,95	122	2	84	36	6,7	1:1	0,000	> 1 Gen
Bonneville	Zwergsteinbrand	DB_UTA15	5,4	2,6	0,95	122	0	82	40	5,2	1:1	0,000	> 1 Gen
PI119333	Steinbrand	CB_TUL15	17,4	4,4	0,98	124	1	65	58	8,8	1:1	0,530	1 Gen
PI119333	Zwergsteinbrand	DB_UTA15	1,2	1,0	0,97	124	0	121	3				
M822123	Steinbrand	CB_TUL15	7,6	1,5	1,00	102	2	76	24	3,1	3:1	0,817	2 Gene
M822123	Zwergsteinbrand	DB_UTA15	0,6	0,6	0,94	102	2	86	14				
PI178383	Steinbrand	CB_TUL15	8,6	2,1	0,99	133	2	97	34	4,2	3:1	0,800	2 Gene
PI178383	Zwergsteinbrand	DB_UTA15	1,2	1,0	0,92	133	1	109	23				
PI560841	Steinbrand	CB_TUL15	44,1	7,2	0,96	123	0	4	119	15,1	quantitativ		quantitativ
PI560841	Zwergsteinbrand	DB_UTA15	3,0	1,8	0,92	123	0	99	24	4,0	3:1	0,000	>2

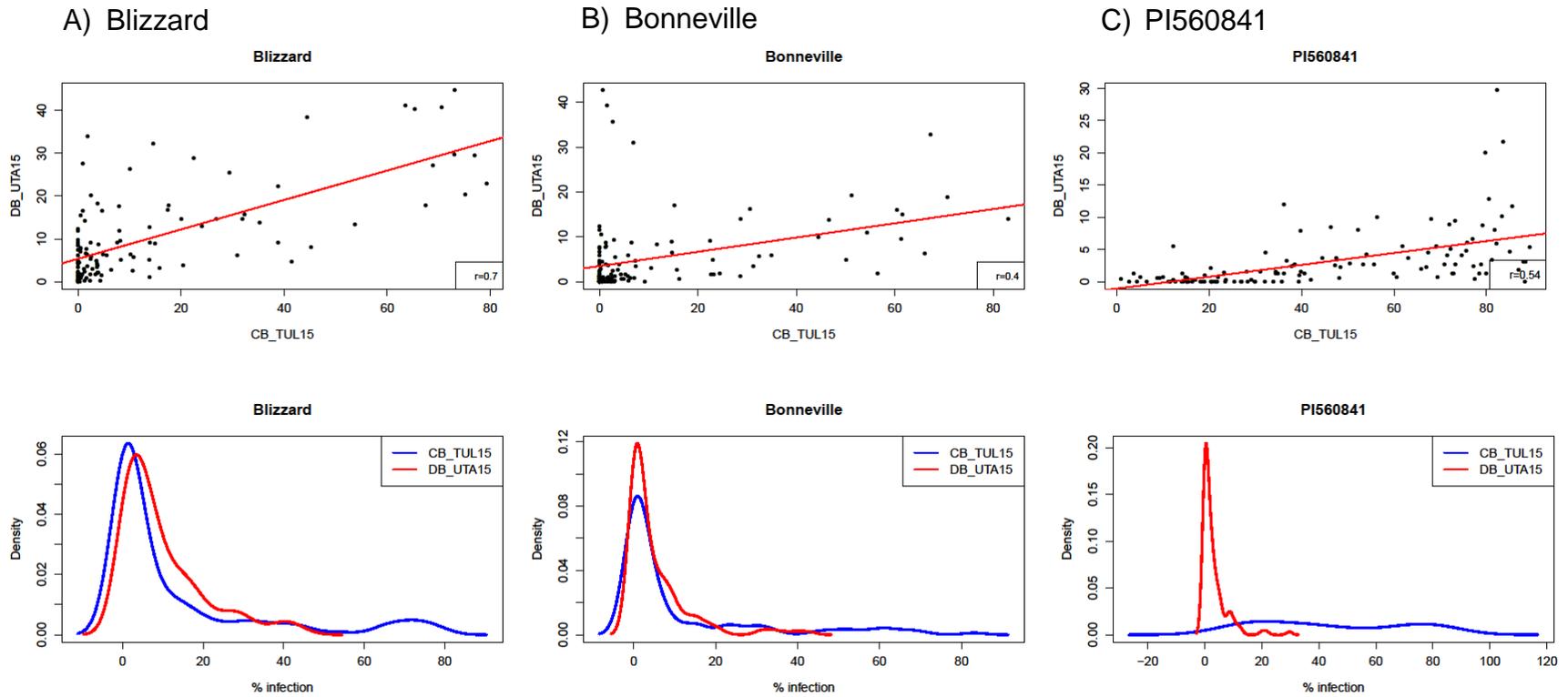
**Tabelle 7** Übersicht Ergebnisse 2015 für Kartierungspopulationen

Grau unterlegt wurden jeweils die Versuche, für die Aussagekräftige Ergebnisse gesammelt werden konnten.

\*Cutoff: Der Cutoff Wert, verwendet um zwischen der resistenten und anfälligen Gruppe zu unterscheiden, errechnet sich aus der Summe des Befallswertes des resistenten Elters und dem LSD5 Wert.



**Abbildung 2** Häufigkeitsverteilung der anfälligen und resistenten Linien für Kartierungspopulationen



**Abbildung 3** Vergleich der Befallswerte für Steinbrand und Zwergsteinbrand

## b. Elternlinien, Differentialsortiment – Ergebnisse 2015

Zusätzlich zu den Standorten in Österreich und den USA, an denen die Populationen getestet wurden, haben wir alle Elternlinien, und in jeweils größtmöglichem Umfang Vergleichslinien und das Differentialsortiment auf Steinbrand und Zwergsteinbrand Resistenz bei COBRA Partnern in Schweden, Tschechien und Deutschland geprüft (*Tabelle 5, Abbildung 1*). Abgesehen vom Steinbrand Standort Schweden, konnte an keinem dieser zusätzlichen Standorte eine Capo Befall von mindestens 30% erreicht werden. Somit konnten zusätzlich zu den Daten von Tulln und Utah, auch die des Steinbrand Standortes in Schweden zuverlässig ausgewertet werden. Die Daten der anderen (Zwergsteinbrand) Standorte können als Hinweise (!) betrachtet, müssen jedoch mit Sorgfalt genossen werden. Alle **resistenten Elternlinien** wiesen auch heuer an allen Standorten sehr gute Resistenz gegenüber Steinbrand und Zwergsteinbrand auf. **Anfällige Elternlinien** wiesen – abhängig vom lokalen Infektionsniveau – unterschiedlich hohe Befallsgrade auf (*Tabelle 8, Tabelle 9*). Die Reaktion der **Differentialsortiment** gegenüber Steinbrand und Zwergsteinbrand wird in *Tabelle 10* und *Tabelle 11* dargestellt: Wenn man Untersuchungen aus vorangegangenen Jahren miteinbezieht, bleiben einzig Bt11 und Bt12, welche gegen beide Krankheiten über die Jahre hinweg verlässliche (monogenische) Resistenz bewirken.

	CB_TUL14	CB_TUL15	CB_SWE14	CB_SWE15
Blizzard	0,0	0,0	0,0	0,0
Bonneville	0,0	0,0	0,0	0,0
PI119333	0,2	0,0	0,0	7,5
M822123	0,0	0,0	0,0	0,0
PI178383	0,0	0,0	0,0	0,0
PI560841	2,0	0,7	16,5	0,0
Rainer	77,3	79,5	80,8	65,0
Midas	86,0	84,9	69,5	57,5
Pannonikus	83,3	71,1	91,7	62,5

**Tabelle 8** Elternlinien Steinbrandresistenz 2014-2015

Grün: Infektionswerte <5% (resistent)

	DB_LAM13	DB_CZR14	DB_CZR15	DB_LFL14	DB_LFL15	DB_UTA15	DB_SCH15	DB_TUL15	DB_SWE15
Blizzard	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5
Bonneville	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
PI119333	0,2	0,0	0,1	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0	2,0
M822123	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
PI178383	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
PI560841	0,0	0,0	0,2	0,0	NA	0,0	0,0	0,0	3,5
Rainer	7,2	22,0	4,9	3,0	2,9	13,4	3,2	3,9	9,5
Midas	14,1	35,5	4,3	8,2	12,0	43,1	2,0	7,2	5,5
Pannonikus	NA	36,8	11,7	3,8	2,7	41,4	4,9	2,1	9,5

**Tabelle 9** Elternlinien Zwergsteinbrandresistenz 2013-2015

Grün: Infektionswerte <1% (resistent)

	CB_TUL14	CB_TUL15	CB_SWE14	CB_SWE15
Bt1	0,0	0,0	35,0	12,5
Bt2	67,5	60,2	57,7	22,5
Bt3	0,0	1,6	14,3	5,0
Bt4	0,0	3,7	26,8	25,0
Bt5	0,0	0,0	16,7	0,0
Bt6	0,0	1,8	27,2	7,5
Bt7	66,0	71,5	90,0	72,5
Bt8	4,5	1,1	6,3	0,0
Bt9	1,0	0,0	12,5	5,0
Bt10	0,0	0,0	69,8	15,0
Bt11	0,0	0,0	0,0	0,0
Bt12	0,2	0,0	0,0	7,5
Bt13	6,0	6,8	10,0	0,0
BtP	0,0	1,1	0,0	0,0

**Tabelle 10** Differentialsortiment Steinbrandresistenz 2014-2015

Rot: Infektionswerte >5% (anfällig)

	DB_GÖP06	DB_CZR14	DB_CZR15	DB_LFL14	DB_LFL15	DB_UTA15	DB_SCH15	DB_TUL15	DB_SWE15
Bt1	NA	8,0	NA	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	1,4
Bt2	NA	3,7	NA	3,7	0,9	3,3	1,0	0,0	1,8
Bt3	NA	2,1	NA	1,1	1,0	2,1	0,5	0,0	2,4
Bt4	NA	2,4	NA	0,8	0,3	31,7	1,8	0,1	1,0
Bt5	NA	2,4	NA	0,5	0,6	0,5	0,3	0,0	1,5
Bt6	NA	1,7	NA	0,1	0,1	15,1	1,3	0,0	4,5
Bt7	NA	7,4	NA	3,2	3,0	10,3	0,3	3,3	2,0
Bt8	23,9	0,0	NA	NA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bt9	57,2	6,3	NA	NA	0,8	0,8	0,0	0,0	4,5
Bt10	23,6	2,3	NA	0,3	0,1	0,0	0,3	0,0	1,5
Bt11	NA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
Bt12	0,0	0,0	0,1	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0	2,0
Bt13	0,5	1,3	NA	0,0	0,4	0,3	0,0	0,0	5,5
BtP	9,9	NA	NA	NA	NA	0,2	0,0	0,0	2,0

**Tabelle 11** Differentialsortiment Zwergsteinbrandresistenz 2006, 2014-2015

Rot: Infektionswerte >1% (anfällig)

### **2.3. Auswahl von Kartierungspopulationen**

Die im vorliegenden Projekt verwendeten Kartierungspopulationen wurden in Vorarbeiten zum Projekt erstellt. 2014 wurde eine Vorauswahl von Populationen für den Anbau 2015 und 2016 getroffen, und zwar basierend auf 1) Resistenzquelle, 2) Größe der Population (=Anzahl der zur Verfügung stehenden homozygoten RILs) und 3) Homogenität der RILs einer Population. Diese Kartierungspopulationen sind 6 Resistenzquellen zuzuordnen:

- a) Träger von Bt Genen: M822123 (Bt11), PI119333 (Bt12), PI178383 (Bt8, Bt9, Bt10)
- b) Träger von unbekanntem Resistenz Genen: Blizzard, Bonneville, PI560841

M822123, PI119333, PI178383 und PI560841 sind jeweils Landsorten türkischen Ursprungs oder direkt auf solche zurückzuführen; Bei Blizzard und Bonneville handelt es sich um hoch resistente Sorten aus den USA. Der Umfang der auf diesen Resistenzquellen basierenden 6 „Megapopulationen“ umfasst jeweils 120-130 Linien, für einen Überblick, siehe Tabelle 4. Die Hauptaufgabe 2015 bestand darin, basierend auf den Ergebnissen der Resistenzprüfungen 2015, aus diesen 6 Populationen, 3 vielversprechende Populationen für die Genotypisierung mittels SNP Chip auszuwählen: Wir haben uns für Blizzard, Bonneville und PI119333 entschieden, da diese Träger von je 1-2(?) Resistenzgenen sind, welche bis dato in Österreich keinen Eingang in die Brandzüchtung gefunden. Weiters liegen für diese 3 Populationen bereits phänotypische Daten für je 2 unterschiedliche Umwelten vor (Steinbrand/Zwergsteinbrand 2015 für Blizzard und Bonneville, Steinbrand 2014/2015 für PI119333), sodass mit dem Versuchsjahr 2016 ausreichend Umwelten für eine einwandfreie Kartierung der Resistenzen zustande kommen sollten.

PI119333 enthält mit großer Wahrscheinlichkeit ein starkes Resistenzgen; Blizzard und Bonneville sind miteinander verwandte Linien und enthalten mit großer Wahrscheinlichkeit die gleichen Resistenzgene, sodass die gemeinsame Auswertung der Populationen – und somit größere Anzahl von Linien – uns erlauben wird auch mehr als ein Resistenzgen mit großer Genauigkeit zu kartieren.

### **2.4. Genotypisieren von 3 Kartierungspopulationen**

DNA Proben aller Linien der Populationen Blizzard, Bonneville und PI119333 werden im Laufe des Winters 2015 mittels SNP Chip (15K Illumina SNP Array, Traitgenetics) analysiert. Mit der statistischen Auswertung der Daten kann somit noch im Winter 2015 begonnen werden.

### **3. Weitere Tätigkeiten**

Im Rahmen der 65. Jahrestagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs im November 2014 in Gumpenstein wurde das COBRA Stakeholder Meeting M30 erfolgreich abgehalten, welches von der BOKU organisiert wurde. Außerdem wurde im Rahmen dieser Konferenz ein Vortrag über das COBRA Austria Projekt gehalten; Eine Zusammenfassung des Stakeholder Meetings und ein Extended Abstract des Vortrages wurden im Tagungsband der Konferenz publiziert. Des Weiteren wurde unser Projekt beim Feldtag „Steinbrand im Getreidebau“, organisiert von AGES und BioAustria, im Zuge eines Vortrags vorgestellt.

Wir haben 2015 am European Tilletia Ring Test teilgenommen, welcher rund 60 Linien an 12 unterschiedlichen Standorten, u.a. hier bei uns in Tulln auf Steinbrand Resistenz, prüft. Wiederum haben wir Zuchtmaterial von Züchtern im In- und Ausland (Saatzucht Donau, Saatzucht Edelhof, Getreidezüchtung Peter Kunz, Dottenfelderhof) bei uns auf Steinbrand und Zwergsteinbrand Resistenz getestet.

Nicht zuletzt ist zu erwähnen, dass im Rahmen von COBRA-Austria zur Zeit 2 Masterarbeiten zum Thema „Steinbrandresistenz in Winterweizen“ betreut werden.

### III. Ausblick Tätigkeiten 2016

*Tabelle 1* gibt einen Überblick über die für 2016 geplanten Tätigkeiten. Die Aussaatvorbereitungen fürs nächste Jahr sind Großteils erledigt worden. Einen Überblick über die Kartierungspopulationen und deren Umfang 2016 welche wir erneut auf Resistenz gegenüber Steinbrand und Zwergsteinbrand in Österreich und den USA prüfen werden, findet sich in *Tabelle 12*, *Tabelle 13* bietet eine Beschreibung der Versuchsstandorte. 2016 können wir die Elternlinien zusätzlich an Standorten bei verschiedenen (COBRA) Partnern testen (*Tabelle 14*). Auch 2016 nehmen wir am European Tilletia Ring Test teil, welcher rund 60 Linien an 12 unterschiedlichen Standorten, u.a. hier bei uns in Tulln auf Steinbrand Resistenz, prüft, und werden Zuchtmaterial von Züchtern im In- und Ausland testen.

2016 werden die durchzuführenden Resistenzprüfungen gemeinsam mit der Auswertung der Feldversuchs- und SNP Chip-Daten für die 3 ausgewählten Populationen den Arbeitsschwerpunkt im Rahmen von COBRA Austria bilden. Für das Frühjahr 2016 kann mit ersten vorläufigen Ergebnissen gerechnet werden, was die Kartierung von Resistenzgenen betrifft; das Miteinbeziehen der Feldversuchsdaten des letzten Versuchsjahres 2016 wird im Herbst 2016 zu einem Endergebnis führen.

Population	Nr.	Kreuzung	Genotypisieren	Steinbrand	Zwergsteinbrand	Zwergsteinbrand
				Tulln	Utah (USA)	Schönfeld
				CB_TUL16	DB_UTA16	DB_SCH16
Blizzard	1	Blizzard/Rainer	120	120	120	120
Bonneville	2	Bonneville/Rainer	120	120	120	120
PI119333	4	PI119333/Midas	20	20		20
		PI119333/Pannonikus		20		20
		PI119333/Rainer	80	80		80
M822123	3	M822123/Rainer		100		
PI178383	5	PI178383/Midas		80		
		PI178383/Rainer		50		
PI560841	6	PI560841/Midas		60	60	
		PI560841/Rainer		60	60	

**Tabelle 12** Übersicht Kartierungspopulationen 2016

Für die einzelnen Standorte ist die Anzahl der verwendeten Linien angegeben

	<b>Steinbrand</b>	<b>Zwergsteinbrand</b>	<b>Zwergsteinbrand</b>
	<b>Tulln</b>	<b>Utah (USA)</b>	<b>Schönfeld</b>
<b>Resistenzprüfung 2016</b>	<b>CB_TUL16</b>	<b>DB_UTA16</b>	<b>DB_SCH16</b>
Pflege Bestand	Konventionell	Konventionell	Konventionell
Aussaat	November 2015	Oktober 2015	Oktober 2015
Saatstärke (kg/ha)	180	180	180
Parzellengröße (m <sup>2</sup> )	0,50	0,25	0,50
Parzellengröße (Reihen a 1-1.5m)	2	1	2
Versuchsaufbau	RCB, 2 Blöcke	RCB, 2 Blöcke	RCB, 2 Blöcke
<b>Anzahl Kartierungspopulationen</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Größe Kartierungspopulation	120-130	120	120
<b>Anzahl Parzellen Versuch</b>	<b>868x2</b>	<b>452x2</b>	<b>456x2</b>
Eltern-, Vergleichslinien, Differentialsortiment	Ja	Ja	Ja
Anzahl Parzellen Extern (inkl. COBRA Partner)	69x2	0	69x2
Europäischer Ringtest	Ja	Nein	Nein
<b>Inokulation (Oktober/November)</b>	<b>Saatgut</b>	<b>Boden</b>	<b>Boden</b>
<b>Sporen Konzentration</b>	<b>0.5-1g/100g</b>	<b>2.0 g/m<sup>2</sup></b>	<b>1.5 g/m<sup>2</sup></b>
Abdeckung Vlies (November-April)	Nein	Nein	Ja

**Tabelle 13** Übersicht Versuchsstandorte Österreich & USA 2016

Konventionelle Versuche werden unter Low Input Bedingungen durchgeführt (minimale Düngung und Unkrautbekämpfung, keine Fungizid Behandlung), beim Versuchsanbau handelt es sich um ein Randomized Complete Block Design (RCB).

	<b>Zwergsteinbrand</b>	<b>Zwergsteinbrand</b>	<b>Steinbrand</b>
	<b>Tschechien</b>	<b>Deutschland</b>	<b>Schweiz</b>
<b>Resistenzprüfung 2016</b>	<b>DB_CZR16</b>	<b>DB_LFL16</b>	<b>DB_SVI16</b>
Eltern-, Vergleichslinien	Ja	Ja	Ja
<b>Inokulation (Oktober/November)</b>	<b>Boden</b>	<b>Boden (natürlich)</b>	<b>Saatgut</b>

**Tabelle 14** Übersicht Versuchsstandorte COBRA Partner 2016

## ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“ hat zum Ziel, molekulare Marker für Zwergsteinbrand Resistenz in Winterweizen zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurden mehrere Kartierungspopulationen, basierend auf Kreuzungen zwischen nicht angepassten, aber hoch resistenten (Land-)sorten und anfälligen, aber an hiesige Bedingungen angepasste Weizensorten, erstellt.

Für 2015 wurden 6 Kartierungspopulationen – basierend auf unterschiedlichen Resistenzquellen – ausgewählt, welche je 100-130 Linien umfassen. Diese wurden an zwei Versuchsstandorten in Österreich und einem zusätzlichen Standort in den USA auf Zwergsteinbrand Resistenz getestet. Zusätzlich wurde das gesamte Sortiment an einem Standort in Österreich auf Resistenz gegen gewöhnlichen Steinbrand geprüft. Die Standorte mit Zwergsteinbrand Inokulation in Tulln und Schönfeld zeigten witterungsbedingt niedrigen Befall; der Zwergsteinbrand Versuch in den USA, sowie der Steinbrand Versuch in Tulln lieferten jedoch ausreichend Befallsstärke und aussagekräftige Ergebnisse. Basierend auf den Ergebnissen der bis dato durchgeführten Feldversuche konnten 3 Populationen ausgewählt werden, welche im Herbst 2015 mittels SNP Chip analysiert (genotypisiert) werden.

Die Elternlinien wurden bei COBRA Partnern auf Steinbrand (Schweden) und Zwergsteinbrand (Schweden, Tschechien und Deutschland) getestet und hielten dem lokalen Befallsdruck in allen Experimenten stand. Das Befallsmuster innerhalb des Differentialsortiments, welches in mehreren Ländern auf Resistenz gegenüber Steinbrand und Zwergsteinbrand getestet wurde, zeigt, dass – wenn man auch Untersuchungen aus früheren Jahren miteinbezieht – einzig Bt11 und Bt12 solide (monogenische) Resistenz gegen Zwergsteinbrand und Steinbrand vermitteln können; ansonsten bietet komplexe Resistenz, so wie wir sie in einigen der hochresistenten Elternlinien vermuten können, wie z.B. Blizzard und Bonneville, den besten Schutz.

Die gemeinsame statistische Analyse von Phänotyp und Genotyp Daten wird uns nächstes Jahr – nach einem letzten Feldversuchsjahr in Österreich und den USA 2016 – ermöglichen, jene Genomabschnitte zu bestimmen, welche für die Resistenz von Winterweizen gegen Zwergsteinbrand und Steinbrand verantwortlich sind und geeignete molekulare Marker zu entwickeln, welche in der praktischen Züchtung von Steinbrand resistenten Sorten für den Biolandbau Anwendung finden können.

## Literatur

- Dumalasoová, V. et al., 2012. Location of genes for common bunt resistance in the European winter wheat cv. Trintella. *Euphytica*, 186(1), pp.257–264. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10681-012-0671-7> [Accessed October 22, 2014].
- Fofana, B. et al., 2007. Mapping quantitative trait loci controlling common bunt resistance in a doubled haploid population derived from the spring wheat cross RL4452 × AC Domain. *Molecular Breeding*, 21(3), pp.317–325. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11032-007-9131-9> [Accessed November 5, 2013].
- Goates, B.J., 1996. Common bunt and dwarf bunt. In R. D. Wilcoxson & E. E. Saari, eds. *Bunt and smut diseases of wheat: concepts and methods of disease management*. pp. 12–25.
- Hoffmann, J.A. & Metzger, R.J., 1976. Current Status of virulence genes and pathogenic races of the wheat bunt fungi in then northwestern USA. *Phytopathology*, 66, pp.657–660.
- Huber, K. & Buerstmayr, H., 2006. Development of methods for bunt resistance breeding for organic farming. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 42, pp.66–71.
- Laroche, A. et al., 2000. Development of a PCR marker for rapid identification of the Bt-10 gene for common bunt resistance in wheat. *Genome*, 43(2), pp.217–223.
- Matanguihan, J. & Murphy, K., 2011. Control of Common Bunt in Organic Wheat. *Plant Disease*, 95(2), pp.92–103.
- Metzger, R.J. & Hoffmann, J.A., 1978. New races of common bunt useful to determine resistance of wheat to dwarf bunt. *Crop Science*, 18(1), pp.49–51.
- Wang, S. et al., 2009. Markers to a common bunt resistance gene derived from “Blizzard” wheat (*Triticum aestivum* L.) and mapped to chromosome arm 1BS. *Tag Theoretical And Applied Genetics Theoretische Und Angewandte Genetik*, 119(3), pp.541–553. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19471904> [Accessed May 15, 2013].