

Strategie zur Bekämpfung des Steinbrandes (*Tilletia caries*) im Bio-Landbau Strategy to control common bunt (*Tilletia caries*) in organic farming

Hartmut Spieß^{1*}

Abstract

Common bunt (*Tilletia caries*) is the most damaging plant disease occurring in organic cultivation of cereals. However, resistance to common bunt is no criteria for the registration of new varieties and there is a lack of resistance breeding for *Triticum* and *Triticosecale* genus. Only few resistant varieties are available. Seed treatments approved in organic agriculture are limited, agronomic measures to prevent infection show unsatisfactory results and soil infections often increase the problem. On this background 'Forschung & Züchtung Dottenfelderhof' started in the early 1980s to develop strategies to control common bunt. Prophylactic agronomic measures were evaluated and in cooperation with the Dr. Schaeffe AG, Bad Waldsee, the preparation Tillecur[®] was developed. It was the first biologic seed treatment preparation and it was approved as 'plant strengthener' for organic agriculture. In the following a resistance breeding programme was started, first for winter wheat and later on for spring wheat. Therefore, pre-breeding projects were necessary to evaluate a wide range of varieties and genebank accessions for resistance to common bunt. So far, 860 winter wheat cultivars/lines have been tested in the last 20 years with the local common bunt. Only 16 showed no infection. Among the 177 registered varieties that are currently available in Germany, Austria and Switzerland only three showed no infection and nine indicated a very low level of infection. The examination of 33 currently approved spring wheat varieties revealed three resistant varieties and eight with a very low susceptibility. But most of them showed low suitability for organic production.

Keywords

resistance breeding, seed dressing, *Triticum aestivum*

Einleitung

Weizenstein- oder Stinkbrand (*Tilletia tritici*; syn. *T. caries*) gilt im Ökologischen Landbau als die wichtigste Getreidekrankheit. Als vorwiegend saattgutbürtiger Pilz befällt der Weizensteinbrand alle Arten der Gattung *Triticum* und auch *Triticosecale*. Der seit dem Altertum bekannte Brand

der Ähre führte vor der Einführung von Saatgutbeizen zu erheblichen Ertragsseinbußen, aber auch durch die Giftigkeit der Sporen (Trimethylamin) zu Erkrankungen von Mensch und Tier, nicht selten mit Todesfolge. Erst mit Einführung der Warm- und Heißwasser- sowie der Quecksilberbeize wurde der Verbreitung des Steinbrandes nachhaltig Einhalt geboten. 1984 wurde die giftige Beize mit Quecksilber verboten und durch chemisch-synthetische Fungizide ersetzt. Deren Einsatz ist im Bio-Landbau nicht erlaubt, weshalb sich der Brand mit zunehmender Ausdehnung der ökologischen Bewirtschaftung ausweitete. In den vergangenen Jahren wurden daher verschiedenste ältere und neuere Verfahren zur Stinkbrand-Bekämpfung wissenschaftlich untersucht (SPIESS und DUTSCHKE 1991, WILBOIS et al. 2007). In wenigen Betrieben wurden die Warm- oder Heißwasserbeize eingesetzt, welche bei exakter Anwendung hohe Wirkungsgrade erreichen können. Die Technik für diese Beizen ist kaum noch vorhanden, weshalb sie heute selten angewendet wird. Auch neue Verfahren mit der Behandlung des Saatgutes mit Heißluft (Thermoseed[®]) oder Dampf ('Steamlab') haben sich wegen zu hoher Kosten nicht durchgesetzt. Demgegenüber kommt die Bürstmaschine der Fa. Westrup (DK), die einen hohen Wirkungsgrad bei der Sporentfernung vom Korn erreicht, häufiger zum Einsatz. Die Anwendung der 'Elektronenbeize' ist im Bio-Landbau umstritten und hat nur geringe Bedeutung erlangt. Zahlreiche Ansätze zur Entwicklung von Öko-Richtlinien konformen Saatgutbehandlungsmitteln wie Magermilchpulver, Meerrettich, Essigsäure, Kompostextrakte oder Senfmehl führten lediglich in letzterem Fall zu einem Handelsprodukt, Tillecur[®]. Zudem wurden Präparate auf Basis antagonistisch wirkender Bodenbakterien entwickelt, die, wie Cerall[®] (Intrachem Bio Deutschland GmbH, Bad Camberg) bei Steinbrand zum Einsatz kommen können (KOCH et al. 2006).

In der Praxis des Bio-Landbaues steht die Beachtung prophylaktischer Maßnahmen im Vordergrund. Zu deren Umsetzung sind von Seiten der Forschung und Beratung Maßnahmenkataloge für die Praxis erstellt worden (SPIESS 2006), wobei auf die relevanten Punkte noch einzugehen sein wird. Nicht zuletzt wurde von einigen Züchtern wie auch vom Autor die Entwicklung Steinbrand-resistenter Sorten aufgegriffen, da dies die nachhaltigste Form der

¹ Forschung & Züchtung Dottenfelderhof (LBS Dottenfelderhof eV), Holzhausenweg 7, 61118 BAD VILBEL, Deutschland

* Ansprechpartner: Hartmut SPIESS, h.spiess@dottenfelderhof.de

Kontrolle des Steinbrandes im Bio-Landbau darstellt. Als Voraussetzung dafür wurde im Rahmen von verschiedensten Pre-breeding Projekten die Evaluierung von Sorten auf Brandresistenzen begonnen (SPIESS 2003, WÄCHTER et al. 2007). Bei Beginn der Züchtungsarbeiten stand lediglich eine Sorte ('Tambor') mit Brandwiderstandsfähigkeit im damaligen Winterweizensortiment für eine effektive Züchtungsarbeit zur Verfügung. Eine zusammenfassende Darstellung der hier behandelten Problematik findet sich in FISCHER et al. (2002).

Material und Methoden

Versuche zur Steinbrandbekämpfung

In den vergangenen drei Jahrzehnten wurden die in der landwirtschaftlichen Praxis angewendeten Verfahren zur Bekämpfung des Steinbrandes auf ihre Wirksamkeit in randomisierten Feldversuchen mit 6 m² großen Parzellen in dreifacher Wiederholung untersucht. Standort war der nach Richtlinien des Öko-Landbaus zertifizierte Dottenfelderhof (Bad Vilbel). Geprüft wurden sowohl thermische Verfahren wie Warm- und Heißwasserbeizung sowie Saatgutbehandlungen mit mineralischen (Kalk, Holzasche) sowie organischen Hilfsstoffen (Jauche, pflanzliche Mehle), Medizinalpflanzen (Meerrettich, Senf) und Handelsprodukten auf pflanzlicher (Tillecur[®], Milsana[®], Lebermooser u.a.) oder mikrobieller Basis (FZB 24, Serenade, Cedomon, Cerall, Biopro u.a.). Die Anwendungsmengen orientierten sich an Herstellerangaben oder lagen im Bereich von 50 g oder 50 ml je kg Saatgut.

Widerstandsfähigkeit von Sorten und genetischen Ressourcen

Die Resistenzuntersuchungen der Sorten wurden grundsätzlich unter Feldbedingungen in Kleinparzellen von 2,25 m² mit maximal drei Wiederholungen vorgenommen. Die künstliche Inokulation des Saatgutes mit Steinbrand erfolgte entsprechend der Richtlinie zur Prüfung von Beizmitteln mit 2 g Sporen pro kg Saatgut, was etwa 20000 Sporen pro Korn entspricht. Verwendet wurde das lokale *T. caries* Inokulum. Zum Zeitpunkt der Weizen-Blüte wurden die erkrankten Pflanzen und die Bestandesdichte ausgezählt und daraus der Befall in Prozent ermittelt. Zur Einschätzung des Befallsniveaus, welcher starken Jahresschwankungen unterliegt, wurden Check- sowie Referenz-Sorten in die Prüfsortimente gestellt. Sorten, die <10% Befall zeigten, wurden zur Überprüfung des Ergebnisses über einen Zeitraum von vier Jahren getestet. Die Prüfung von Zuchtstämmen ab der F₇ auf rassenspezifische Resistenz wurde im Rahmen des *European Tilletia Ringtest* (MASCHER et al. 2014) und in Kooperation mit Veronika Dumalasoová und Pavel Bartoš (Crop Research Institute, Praha-Ruzyne) vorgenommen. Bei den Sommerweizen, die aufgrund der Anbaubedingungen im Frühjahr (Tageslänge, Temperatur) in der Regel deutlich weniger befallen werden, wurde zusätzlich zur Prüfung im Frühjahr eine parallele Herbstsaat vorgenommen. Dabei zeigte sich erwartungsgemäß eine signifikant höhere Befallsrate.

Ergebnisse und Diskussion

Steinbrand-Prophylaxe

Zunächst soll auf die Möglichkeiten vorbeugender Maßnahmen geblickt werden, die in der wissenschaftlichen Literatur belegt sind und gleichzeitig den derzeitigen Stand der Beratung in der Praxis abbilden. Die nachfolgende Zusammenstellung fasst die relevanten Punkte für eine erfolgreiche Steinbrand-Prophylaxe zusammen:

1. Mehr als drei bis vier Jahre Anbauabstand bei Weizen, Dinkel, Emmer, Einkorn und Triticale.
2. Pflege der Feldraine. Mahd vor Abreife der Gräser, die eine Infektionsquelle darstellen.
3. Optimierung von Saatzeit, Saattiefe (flach) und Bodenzustand: Bei schneller Keimung wächst die Pflanze der Infektion davon.
4. Hohe biologische Aktivität des Bodens durch intensive organische Düngung anstreben; wirkt im Boden phytosanitär. Sowohl im Stallmist als auch in Biogasanlagen wird das Sporenpotenzial signifikant vermindert.
5. Gute Saatgutqualität: Hohe Keimfähigkeit, große Tausendkorntmasse, hohe Nährstoffgehalte (N, P) verbessern Feldaufgang, Keimschnelligkeit und Widerstandsfähigkeit.
6. Obligatorische Saatgutuntersuchung: Nur Aussaat von Saatgut, welches auf Sporenbesatz untersucht ist. Im Öko-Landbau gilt bei Z-Saatgut die Obergrenze von 20 Sporen pro Korn.
7. Saatgutbehandlung ab einem Besatz von einer Spore/Korn. Empfohlene Beizmittel: Tillecur[®], Cerall[®] oder Saatgutbürsten.
8. Bei Befallssituation im Betrieb Aussaat widerstandsfähiger Sorten (z.B. 'Butaro', 'Florian'). Ausweichfrucht Dinkel (nicht entspelzt) oder Sommerweizen, welche gegenüber Winterweizen weniger befallen werden; Anbau resistenter Sommerweizen (z.B. 'Michael').
9. Feldbesichtigung zum Zeitpunkt der Weizenblüte, um bei Befall Strategie zur Brandreduzierung vorzubereiten. Befall ist an fehlenden Antheren und gespreizten, bläulich gefärbten Ährchen zu erkennen. Zur Kontrolle Ährchen mit Schere aufschneiden. Bei Befall findet sich stinkende schwärzliche Sporenmasse. Achtung: Es kommt auch partieller Ährenbefall vor.
10. Kontrolle der Mähdröschler auf Verunreinigung mit Brandsporen, vor allem bei Lohndrusch.
11. Nach Feldbefall tiefer pflügen, damit Sporen 'vergraben' werden; in den Folgejahren flacher bearbeiten. Steinbrand-Sporen sind ca. vier bis fünf Jahre im Boden überlebensfähig, Zwergsteinbrand zehn Jahre. Je höher die biologische Aktivität des Bodens, desto höher sein antiphytopathogenes Potential und damit die Sporenreduzierung.
12. Brandsporen sind giftig (Trimethylamin)! Stark mit Sporen befallenes Korn nicht verarbeiten und nicht verfüttern, Stroh nicht verfüttern. Die Höhe des

‘Schwarzbesatzes’ darf bei Saatgut 0,5 Gew.-%, bei Futtermitteln 0,3 Gew.-% nicht überschreiten.

13. Aktuell wird das Verfahren der Biofumigation zur Reduzierung des Sporenpotenzials im Boden erprobt. Dabei werden Senfölglykosid-haltige Zwischenfrüchte wie Senf oder Ölrettich in den Boden eingemulcht. Bisher wurden jedoch noch keine zufriedenstellenden Resultate erzielt, weswegen diese Fragestellung experimentell weiter bearbeitet werden sollte.

Saatgutbehandlungen zur Steinbrandbekämpfung

Bezüglich der Saatgutbehandlung sind neben dem oben genannten effektiven Verfahren des Abbürstens der Sporen vom Korn mit einer Bürstmaschine (Westrup A/S, Slagelse, Dänemark) (VOGT-KAUTE et al. 2007) lediglich zwei Beizen empfehlenswert. Zum einen hat sich in Versuchen gezeigt, dass flüssige Verarbeitungen von Meerrettichpulver und Senfmehl sehr stark phytosanitär wirken und hohe Wirkungsgrade in der Vorbeugung von Steinbrandbefall erzielen. Da Meerrettich (*Armoracia rusticana*) bei Luftzutritt das hochgiftige Allylsenföl entwickelt, kam dieses für ein Behandlungsmittel nicht infrage, obwohl hier die besten Wirkungsgrade gemessen wurden, ohne dass phytotoxische Einflüsse auftraten. Daher wurden die Arbeiten zur Entwicklung eines Saatgutbehandlungsmittels auf Gelbsenf (*Sinapis alba*) konzentriert. Auf dieser Basis unter Zuhilfenahme von Formulierungshilfsstoffen wurde das Pflanzenstärkungsmittel Tillecur® auf den Markt gebracht.

Mit dem Präparat Cerall® liegt das einzige zugelassene Pflanzenschutzmittel auf Basis des Bodenbakteriums *Pseudomonas chlororaphis* vor, welches zur Behandlung gegen Steinbrand im Bio-Landbau eingesetzt werden darf. Beide Mittel waren mehrfach Untersuchungsgegenstand, u.a. in einem Beizversuch des Landesbetriebs Landwirtschaft Hessen (LLH). Die Wirkung der beiden Mittel auf die Bestandesdichte und den Befall von Winterweizen in Abhängigkeit vom Sporenbefall ist *Tabelle 1* zu entnehmen. Eine Förderung der Keimung des Getreides ist bei Cerall offensichtlich, was scheinbar einen Teil der Wirkung der

Tabelle 1: Wirkung von Saatgutbehandlungen mit Tillecur® und PSM Cerall® auf Bestandesdichte und Steinbrandbefall von Winterweizen (LLH Frankenhausen 2008-09; 1 kg Tillecur + 5 L Wasser pro 100 kg Saatgut; 1 L Cerall pro 100 kg Saatgut) (Quelle: SCHMIDT 2009)

Table 1: Effect of seed treatments using Tillecur® and Cerall® on number of fertile tillers per m² and number of bunt infected spikes per m² of winter wheat (LLH Frankenhausen 2008-09; 1 kg Tillecur + 5 L water per 100 kg seeds; 1 L Cerall per 100 kg seeds) (Source: SCHMIDT 2009)

Sorte/ Behandlung	Anzahl Ähren/m ²	Befallene Ähren/m ²	Befall (%)	Wirkungsgrad (%)
Gemenge ¹ – keine Behandlung	446	187,0	41,8	-
Gemenge – Cerall	476	45,0	9,5	77,3
Gemenge – Tillecur	455	1,7	0,4	99,0
Bussard – keine Behandlung	491	8,0	1,63	-
Bussard – Cerall	572	0,6	0,11	93,8
Bussard – Tillecur	537	0,0	0,00	100,0

¹ Gemenge (‘Bussard’, ‘Capo’, ‘Achat’): 1100 Sporen/Korn; ‘Bussard’: 19 Sporen/Korn

begrenzten Befallsverminderung des Mittels ausmacht. Demgegenüber erreicht Tillecur Wirkungsgrade von 99 bzw. 100%. Beide Mittel erfordern in der Feucht-Anwendung bezüglich Aufwandmenge und Lagerung des gebeizten Saatgutes sehr genaues Arbeiten. Bei Bodeninfektion ist die Wirksamkeit der Mittel deutlich eingeschränkt. Daher ist zu fordern, dass an der Entwicklung wirksamer, anwenderfreundlicher Saatgutbehandlungsmittel für den Bio-Landbau grundsätzlich geforscht wird, was derzeit nicht ausreichend geschieht.

Züchtung von Brand-resistenten Sorten

Im Rahmen der Sortenanerkennung sind keine Untersuchungen auf Anfälligkeit gegenüber Brand- und anderen saatgutübertragbaren Krankheiten vorgesehen. Daher ist mit Ausnahme wissenschaftlicher Untersuchungen nicht bekannt, ob sich Brand-resistente Sorten in den Weizen-Sortimenten finden. Erste Evaluierungen eines eingeschränkten Sortimentes auf Steinbrand-Widerstandsfähigkeit wurden im Rahmen des Öko-Landbaus von PIORR (1991) vorgenommen. Keine der 45 untersuchten Winterweizensorten blieb ohne Befall. Mit Blick auf die Entwicklung Brand-resistenter Sorten war daher zunächst notwendig, aktuelle Sortimente sowie Genbank-Akzessionen auf Brand-Anfälligkeit zu evaluieren und ein Brand-Resistenzsortiment aufzubauen. Für die Kreuzungsarbeiten wurden zunächst Kultursorten präferiert, um möglichst schnell resistente Sorten verfügbar zu haben. Bis dato wurden insgesamt 860 Winter- bzw. 470 Sommerweizen-Sorten und Genotypen/Akzessionen internationaler Herkunft ein- oder mehrjährig geprüft. Davon wurden lediglich 16 Kultursorten bei Winterweizen als befallsfrei getestet, bei Sommerweizen waren es mit 69 Linien deutlich mehr. In *Abbildung 1* findet sich die Zusammenstellung der Steinbrand-Anfälligkeit aktuell verfügbarer zugelassener Sorten. Wegen der großen Anzahl von 177 Winterweizen wird auf die Nennung aller Sorten verzichtet. Bei einer Testung länger als 4 Jahre enthalten die Befallgruppen folgende Sorten: (i) resistent: ‘Floriant’, ‘Intro’ und ‘Kredo’; (ii) sehr gering anfällig: ‘Alatus’, ‘Butaro’, ‘Genius’, ‘Matrix’, ‘Memory’, ‘Sailor’, ‘Tommi’, ‘Winnetou’ und ‘Zobel’; (iii) Befall von 2-8%: ‘Albertus’, ‘Brutus’, ‘Famulus’, ‘Hermann’, ‘Jafet’, ‘Kurt’, ‘Manager’, ‘Nelson’, ‘Pionier’, ‘Premio’, ‘Primus’, ‘Skagen’, ‘SY Ferry’, ‘Türkis’, ‘Xenos’ und ‘Zappa’; (iv) 85% der geprüften Sorten erwiesen sich als mehr oder weniger stark anfällig und scheiden für Resistenzkreuzungen aus.

Mittlerweile liegen mehrere Untersuchungen zur Steinbrand-Anfälligkeit mit Angaben zur Sortenevaluierung und Verfügbarkeit von Resistenzgenen bei Winterweizen vor (BLAŽKOVÁ und BARTOŠ 2002, DUMALASOVÁ und BARTOŠ 2006, WÄCHTER et al. 2007, MATANGUIHAN et al. 2011, GOATES 2012, DUMALASOVÁ et al. 2014). In eigenen Untersuchungen des Differenzialsortiments von GOATES (1996)

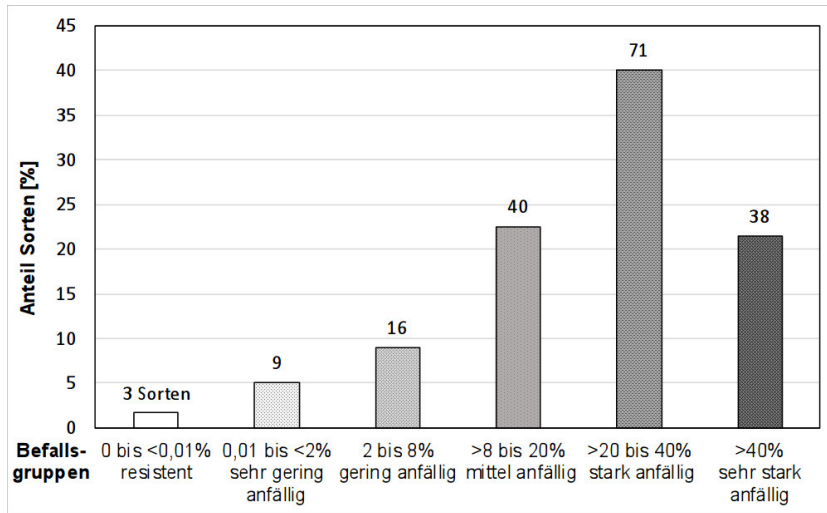


Abbildung 1: Anfälligkeit von 177 aktuell zugelassenen Winterweizen bei Inokulation mit 2 g *Tilletia caries* Sporen/kg Saatgut (Herkunft Dottenfelderhof, Bad Vilbel; Stand: 2014)

Figure 1: Susceptibility of 177 winter wheat cultivars to artificial inoculation with 2 g *Tilletia caries* spores/kg seeds (Origin Dottenfelderhof, Bad Vilbel; Status: 2014)

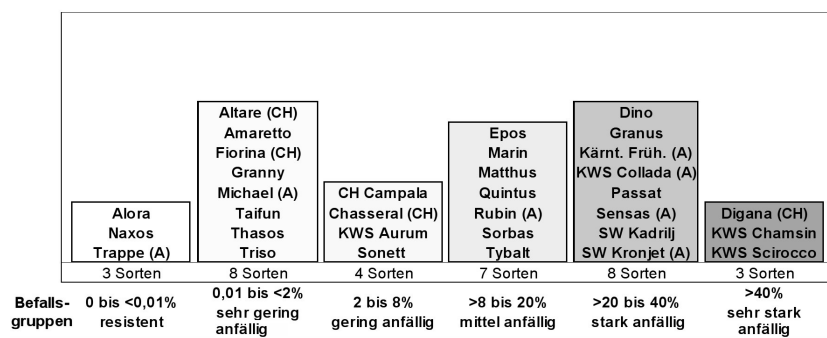


Abbildung 2: Anfälligkeit von 33 aktuell zugelassenen Sommerweizen bei Inokulation mit 2 g *Tilletia caries* Sporen/kg Saatgut (Herkunft Dottenfelderhof, Bad Vilbel; Stand: 2014)

Figure 2: Susceptibility 33 spring wheat cultivars to artificial inoculation with 2 g *Tilletia caries* spores/kg seeds (Origin Dottenfelderhof, Bad Vilbel; Status: 2014)

deckten sich die erzielten Resultate mit denen der Literatur. Danach erwiesen sich als vollständig resistent die Bt-Gene *Bt11* und *Bt12*. Diese wurden bereits erfolgreich in das eigene Material eingekreuzt.

Bei Sommerweizen heben sich die Resultate der Evaluierung erfahrungsgemäß von denen des Winterweizens deutlich ab, obwohl die Tests sowohl bei Herbst- als auch bei Frühjahrsaussaat durchgeführt wurden. In *Abbildung 2* sind die geprüften, derzeit verfügbaren zugelassenen Sorten in Abhängigkeit von Befallsklassen zusammengestellt. Danach sind annähernd die Hälfte der Sorten für Resistenzkreuzungen sehr gut (Befall 0 bis <0,01%), gut (0,01 bis <2%) oder bedingt geeignet (2 bis <8%). Mit dem Resistenzgen *Bt14* in 'Doubbi' steht eine wichtige Resistenzquelle für Sommerweizen zur Verfügung, auch wenn diese Landrasse über keine brauchbaren agronomischen Eigenschaften verfügt. Das Vorgehen in der Brand-Resistenzzüchtung der 'Forschung und Züchtung Dottenfelderhof' (FZD) wird anhand des Pedigree-Schaubildes in *Abbildung 3* dargestellt. In

der Regel werden Doppelkreuzungen mit verschiedenen Brandresistenzen angelegt. Wenn es sich um Resistenzquellen aus Landsorten oder Genbank-Akzessionen handelt, sind mehrere Rückkreuzungen zur Etablierung der relevanten Eigenschaften von Kultursorten erforderlich. Bereits in der F_2 wird der Ramsch mit 2000 Sporen/Korn inokuliert, um bei der Selektion hoch anfällige Typen ausscheiden zu können. Ab der F_3 bis zur F_5 werden die Einzelähren mit rd. 20000 Sporen/Korn inokuliert und nur die Ähren-Nachkommenschaften weitergeführt, welche weniger als fünf Brandähren bei guten agronomischen Eigenschaften aufweisen. In der F_8 wird eine nochmalige Prüfung der Steinbrand-Anfälligkeit in Parzellen vorgenommen.

Unter den vielen Eigenschaften, die eine Getreidesorte mit Eignung für den Bio-Landbau auszeichnen sollen (KÖPKE 2006), steht die Resistenz gegenüber Flugbrand (*Ustilago tritici*) an oberer Stelle. Diese wird entsprechend im Zuchtschema berücksichtigt (*Abbildung 3*). Hier sind aufwändige Sporen-Inokulationen der einzelnen Blüten vorzunehmen, die aber erst mit Erreichen eines ausreichenden Homozygotiegrades ab der F_5 erfolgen und bis zur F_7 beibehalten werden. Die Flugbrand-Widerstandsfähigkeit stellt im Bio-Landbau nicht nur bei Weizen, sondern mehr noch bei Gerste und Hafer ein wichtiges Kriterium dar, weil keine effektiven Bekämpfungsmöglichkeiten verfügbar und nur wenige resistente Sorten vorhanden sind.

Ein weiteres Ziel der Sortenentwicklung in der FZD besteht in der Etablierung von Resistenzen gegenüber Zwergsteinbrand (*Tilletia controversa*), welcher sich zur Zeit geographisch ausbreitet und wegen seiner vorwiegenden Infektion über den Boden deutlich schwerer als Steinbrand zu bekämpfen ist. Perspektivisch ist angestrebt, Sortengemenge und Mehrliensorten bzw. *Composite Cross Populations* (CCP) unter Verwendung verschiedener Brand-Resistenzquellen zu entwickeln, um einem Durchbrechen monogenetisch verankerter Resistenzen vorzubeugen. Das setzt allerdings voraus, dass CCP künftig verkehrsfähig werden.

Danksagung

Für die langjährige Unterstützung der Resistenz-Züchtungsforschung zu Brandkrankheiten bei Getreide dankt der Autor den Institutionen BLE im BÖLN, Bonn; MAHLE-Stiftung, Stuttgart; Software AG-Stiftung, Darmstadt; Saatgutfonds der GLS-Treuhand, Bochum; Landwirtschaftliche Rentenbank, Ffm.; Göhre-Stiftung, Ffm. und Kurt & Christoph Eisele-Stiftung, Darmstadt sowie für die gedeihliche Zu-

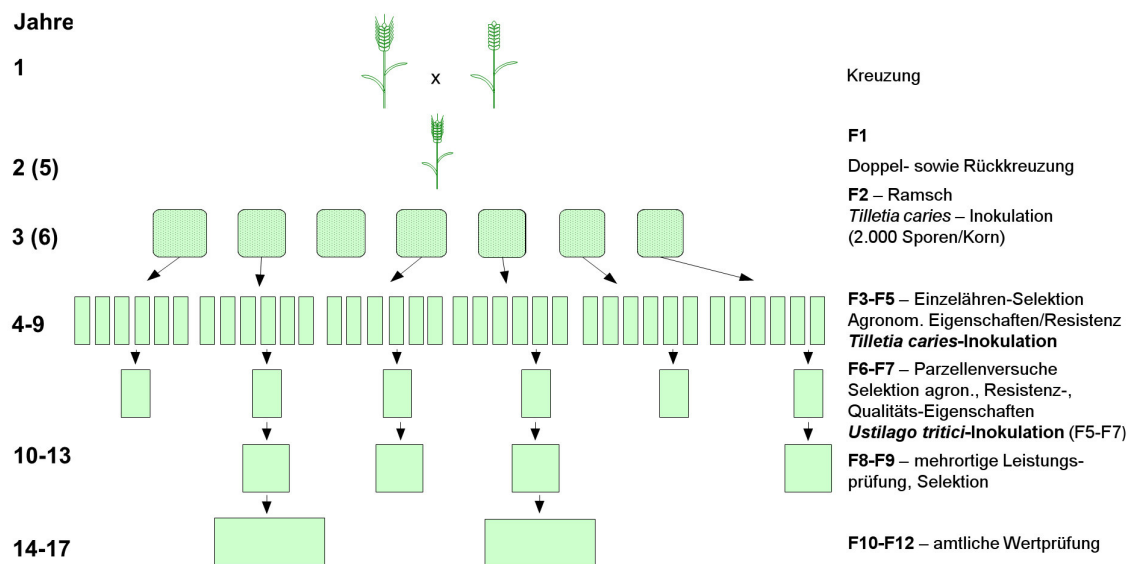


Abbildung 3: Zuchtschema (Pedigree-Methode) der Stein- und Flugbrand-Resistenzzüchtung bei Weizen
 Figure 3: Breeding scheme (pedigree method) of common bunt and smut resistance breeding in wheat

sammenarbeit den Kooperationspartnern des JKI Darmstadt und Kleinmachnow.

Literatur

BLAŽKOVÁ V, BARTOŠ P, 2002: Virulence pattern of European bunt samples (*Tilletia tritici* and *T. laevis*) and sources of resistance. *Cereal Res Commun* 30: 335-342.

DUMALASOVÁ V, BARTOŠ P, 2006: Resistance of winter wheat cultivars to common bunt, *Tilletia tritici* (Bjerk.) Wint. and *T. laevis* Kühn. *J Plant Dis Prot* 113: 159-163.

DUMALASOVÁ V, LEIŠOVÁ-SVOBODOVÁ L, BARTOŠ P, 2014: Common bunt resistance of Czech and European winter wheat cultivars and breeder lines. *Czech J Genet Plant Breed* 50: 201-207.

FISCHER K, SCHÖN CC, MIEDANER T, 2002: Chancen der Resistenzzüchtung gegen Brandpilze bei Weizen für den ökologischen Pflanzenbau. Landessaatzuchtanstalt, Universität Hohenheim, Stuttgart.

GOATES BJ, 1996: Common bunt and dwarf bunt. In: WILCOXSON RD, SAARI EE (Eds), *Bunt and smut diseases of wheat: concepts and methods of disease management*, pp 12-25. CIMMYT, Mexico, D.F. [http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1211/61965.pdf; accessed 23 Jan 2015].

GOATES BJ, 2012: Identification of new pathogenic races of common bunt and dwarf bunt fungi, and evaluation of known races using an expanded set of differential wheat lines. *Plant Dis* 96: 361-369. DOI: 10.1094/PDIS-04-11-0339.

KOCH E, WEIL B, WÄCHTER R, WOHLLEBEN S, SPIESS H, KRAUTHAUSEN HJ, 2006: Evaluation of selected microbial strains and commercial alternative products as seed treatments. *J Plant Dis Protect* 113: 150-158.

KÖPKE U, 2006: Welchen Beitrag könnte die Pflanzenzüchtung für die Ertragssicherheit im Ökologischen Landbau leisten? Vortrag, Rundgespräch "Ökologischer Landbau", Senatskommission für Stoffe und Ressourcen in der Landwirtschaft, Wissenschaftsforum, 11. Sept., Berlin.

MASCHER F, AL-MAROOF EM, BABAYANTS O, BUERSTMAYER H, DU CHEYRON P, DUMALASOVA V, GOATES B, JALLI M, KLAUSE S, KUNZ P, LIATUKAS Z, MÜLLER KJ, SPIESS H, VOGELGSANG S, ITTU M, 2014: Outcome of the European

Tilletia Ringtest (ETR) between 2007 and 2010. The XVIII Biennial International Workshop on the Smuts and Bunts, 3-5 Feb, Abstracts, p 14. [http://www.agrologica.dk/publikationer/BuntSmutProgramme.pdf; accessed 19 Jan 2015].

MATANGUIHAN JB, MURPHY KM, JONES SS, 2011: Control of common bunt in organic wheat. *Plant Dis* 95: 92-103. DOI: 10.1094/PDIS-09-10-0620.

PIORR HP, 1991: Bedeutung und Kontrolle saatgutübertragbarer Schadreger an Winterweizen im Organischen Landbau. Dissertation, Universität Bonn.

SCHMIDT R, 2009: Pflanzenbehandlungsmittel gegen Weizensteinbrand zeigen gute Wirkung. *Öko-Beratungs-Fax* 29/2009, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen.

SPIESS H, 2003: Stand der Weizensteinbrandbekämpfung im Ökologischen Landbau. In: FREYER B (Hrsg.), *Ökologischer Landbau der Zukunft, Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*, pp 565-566. Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur, Wien.

SPIESS H, 2006: Getreidebrand nachhaltig kontrollieren. *Ökologie & Landbau* 138 (2): 26-28.

SPIESS H, DUTSCHKE J, 1991: Bekämpfung des Weizensteinbrandes (*Tilletia caries*) im Biologisch-Dynamischen Landbau unter experimentellen und praktischen Bedingungen. *Gesunde Pflanzen* 8: 264-269.

VOGT-KAUTE W, SPIESS H, JAHN M, WALDOW F, KOCH E, WÄCHTER R, MÜLLER KJ, WILBOIS KP, 2007: Physikalische Verfahren zur Behandlung von Saatgut im ökologischen Anbau. In: ZIKELI S, CLAUPEIN WC, DABBERT S, KAUFMANN B, MÜLLER T, VALLE ZARATE A (Hrsg.), *Zwischen Tradition und Globalisierung, Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, pp 393-396. Verlag Dr. Köster, Berlin.

WÄCHTER R, WALDOW F, MÜLLER KJ, SPIESS H, HEYDEN B, FURTH U, FRAHM J, WENG W, MIEDANER T, STEPHAN D, KOCH E, 2007: Charakterisierung der Resistenz von Winterweizensorten und -zuchtlinien gegenüber Steinbrand (*Tilletia tritici*) und Zwergsteinbrand (*T. controversa*). *Nachrichtenbl Deut Pflanzenschutz* 59: 30-39.

WILBOIS KP, VOGT-KAUTE W, SPIESS H, JAHN M, KOCH E, 2007: Leitfaden Saatgutgesundheit im Ökologischen Landbau – Ackerkulturen. FiBL Deutschland e.V., Frankfurt. [http://orgprints.org/11674/; accessed 19 Jan 2015].