

## **Entwicklung eines Zuchtgarten- Befallsmanagements für die Züchtung flugbrandresistenter Sommergersten unter natürlichen Befallsbedingungen**

---

**Developing a contamination-management for field nurseries to breed loose smut resistant spring barley under natural infection**

**FKZ: 06OE028**

**Projektnehmer:**

Gesellschaft für goetheanistische Forschung e.V.  
Getreidezüchtungsforschung Darzau  
Darzau Hof 1, 29490 Neu Darchau  
Tel.: +49 5853 1397  
Fax: +49 5853 1394  
E-Mail: [k-j.mueller@darzau.de](mailto:k-j.mueller@darzau.de)  
Internet: <http://www.darzau.de>

**Autoren:**

Müller, Karl-Josef

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

## Schlussbericht



### **Entwicklung eines Zuchtgarten-Befallsmanagements für die Züchtung flugbrandresistenter Sommergersten unter natürlichen Befallsbedingungen**

Developing a contamination-management for field nurseries  
to breed loose smut resistant spring barley under natural infection

**FKZ: 06OE028**

#### **Projektnehmer / Ausführende Stelle:**

Gesellschaft für goetheanistische Forschung eV  
Getreidezüchtungsforschung Darzau  
Darzau Hof  
29490 Neu Darchau  
Tel: +49-5853-1397  
E-Mail: k-j.mueller@darzau.de

**Laufzeit / Berichtszeitraum:** 01.04.2007 – 31.12.2009

#### **Autor:**

Müller, Karl-Josef

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

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	3
1. Zielsetzung .....	4
1.1 Planung und Ablauf des Projekts .....	4
1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	5
2. Material und Methoden.....	5
3. Ergebnisse.....	8
3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse.....	8
3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	17
4. Zusammenfassung .....	19
5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen .....	19
6. Literaturverzeichnis.....	20
7. Veröffentlichungen zum Projekt.....	20

Müller, K.J.: Entwicklung eines Zuchtgarten-Befallsmanagements für die Züchtung flugbrandresistenter Sommergersten unter natürlichen Befallsbedingungen  
*Müller, K.J.: Developing a contamination-management for field nurseries to breed loose smut resistant spring barley under natural infection*

FKZ: 06OE028

### Kurzfassung

Die Ausbreitung von Flugbrand (*Ustilago nuda* (Jens.) Rostr.) wurde über drei Vegetationsperioden in einem Zuchtgarten unter ökologischer Bewirtschaftung anhand spaltender Generation von Sommergerste bis zur F9 unter Einbeziehung von Zuchtstämmen mit resistenten Eltern, ergänzt um anfällige Sorten und genetische Ressourcen untersucht. Saatstreifen mit Flugbrandbefall wurden zur besseren Ausbreitung der Krankheit in einigen Bereichen eingefügt, was sich als geeignet erwiesen hat. Parzellen mit befallsfreiem Saatgut einer anfälligen Sorte wurden zwischen die spaltenden Zuchtstämme eingefügt, um den Grad der Ausbreitung festzustellen. Beginnend in F5 wurden ausgelesene Zuchtstämme ohne Befall mit einer Flugbrandsporensuspension in die Blüten einzelner Ähren inokuliert. Von F5 bis F7 wurden die meisten der anfälligen Zuchtstämme aufgrund der natürlichen Infektion erkannt. Eine Generation unter natürlicher Infektion war nicht ausreichend, um ein nachhaltiges Ergebnis bezüglich der Anfälligkeit zu erhalten, aber nur eine von zehn inokulierten Ähren ergab eine zusätzliche Information. Daher wird vorgeschlagen, durch drei Generationen von F4 bis F6 nur Infektionsstreifen für die Flugbrandausbreitung zu verwenden und die künstliche Inokulation nur für eine Nachprüfung der Resistenz in F7 und für neu zu prüfende Muster einzusetzen. Mit dieser Methode können unterschiedliche Resistenzquellen parallel bearbeitet werden und es ist möglich mit geringem Aufwand darüber hinaus quantitative Resistenzen zu entwickeln.

### Abstract

Spreading of loose smut (*Ustilago nuda* (Jens.) Rostr.) was observed during three vegetation periods in a breeding area under organic farming with segregating generations of spring barley up to F9 including lines with resistant parents and extended with susceptible varieties and genetic resources. Seed stripes with loose smut infection were implemented for a better spreading of the disease in some parts, which was proofed to be suitable. Plots with non-infected seeds of a susceptible variety were implemented in between the segregating lines to detect degrees of spreading. Selected lines without infection were inoculated with a loose smut suspension into the flowers of single ears starting in F5. From F5 to F7 most of the susceptible lines were identified by natural infection. One generation under natural infection was not enough to get a sustainable result about susceptibility, but only one out of ten inoculated ears gave additional information. For this reason it was suggested only to use seed stripes for disease spreading during three generations from F4 to F6 and artificial inoculation only for a check of resistance in F7 and for new accessions to test. With this method different origins of resistance can be handled parallel and it is possible to develop quantitative resistance on a low budget scheme additionally.

## 1. Zielsetzung

Mit dem Vorhaben sollten die Grundlagen für die praktische Durchführung einer Züchtung auf Flugbrandresistenz unter natürlichen Befallsbedingungen im ökologischen Landbau geschaffen werden. Nach fast einem Jahrhundert der Züchtung unter mehr oder weniger regelmäßig vorgenommener chemisch-synthetischer Saatgutbeizung sollte eine ökologische Perspektive zum Umgang mit dem Flugbrand im Zuchtgarten eröffnet werden. Es sollten Erfahrungen gesammelt und dokumentiert werden, um auf diese Weise den Einstieg in eine natürliche Flugbrandresistenzzüchtung für den ökologischen Landbau zu ermöglichen.

Mit dem gezielten Einfügen von Saatstreifen mit Saatgut, das entweder von Flugbrand befallen oder aber flugbrandfrei war, sollte die Auswirkung auf eine Anhebung oder Absenkung des Befallsniveaus anhand über den Zuchtgarten ab Generation F5 wiederholt eingefügter Sporenfängerparzellen untersucht werden. Da es im Zuchtgarten auf einzelne Ährenachkommenschaften ankommt, könnte ein zu hohes Befallsniveau zum Verlust ganzer Zuchtlinien führen, auch wenn diese aufgrund anderer Eigenschaften für die weitere Züchtung besonders erhaltenswert wären. Mit Hilfe zusätzlicher künstlicher Inokulation in bis dahin nicht befallene Zuchtlinien ab der Generation F6 sollte der Infektionsdruck nach Bedarf zusätzlich erhöht bzw. abschließend das Vorhandensein der Resistenz geprüft werden. Vor dem Hintergrund, dass ein zu niedriges natürliches Befallsniveau aufwendige Nachprüfungen mittels künstlicher Inokulation an einer deutlich umfangreicheren Anzahl von Zuchtstämmen erfordert, war zu evaluieren, inwieweit auf eine Inokulation verzichtet werden kann. Über den Flugbrandbefall im Zuchtgarten war für alle drei Jahre je ein Rasterplan zu erstellen, aus dem der Befall in Abhängigkeit von der Parzellenposition ersichtlich wird. Insofern es sich in den Zuchtgärten 2008 und 2009 um eine Fortführung von Proben aus dem Vorjahr handelte, sollte der Befall auch auf die Position im Rasterplan des Vorjahres zurückgeführt werden. Besondere Aufmerksamkeit war dem Nachbau von Proben aus denjenigen Parzellen zu widmen, die mit Saatgut der flugbrandanfälligen, aber noch nicht befallenen Sorte Lawina bestückt waren, und dem Einfangen von Sporen im Versuchsdienste.

Das Vorhaben unterstützt die Ziele des Bundesprogramms Ökologischer Landbau hinsichtlich der „Möglichkeiten und Methoden einer ökologischen Resistenzzüchtung zu saatgutübertragbaren Krankheiten“ und der „Weiterentwicklung der Methoden der klassischen Pflanzenzüchtung“.

### 1.1 Planung und Ablauf des Projekts

Abweichend von der sonst üblichen Vorgehensweise bei der Anlage des Sommergerstenzuchtgartens der Getreidezüchtungsforschung Darzau wurden im Jahr 2007 37 und im Jahr 2008 60 Sporenfängerparzellen über den Zuchtgarten verteilt eingefügt. Dazu wurde nicht mit Flugbrand befallenes Saatgut der für Flugbrand anfälligen Sorte Lawina eingesetzt. Die Ernte aus diesen Parzellen wurde dann zusätzlich 2008 im Zuchtgartenbereich mit angesät und 2009 neben der benachbarten Sommergerstenertragsprüfung. Ebenfalls zusätzlich eingefügt wurden systematisch angelegte Saatstreifen mit bzw. ohne Flugbrandbefall. Die parzellengenaue Erfassung des Flugbrandbefalls im Zuchtgarten machte auch für die bis dahin bereits ausselektierten Zuchtstämme drei Zähldurchgänge für dieses Merkmal erforderlich, da die Flugbrandsporen

bei dem einen Zuchtstamm bereits verweht waren, während bei einem anderen die Ähren noch nicht heraus geschoben waren.

### 1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die saatgutübertragbaren Krankheiten stellen das größte Hindernis einer Züchtung von Sommergersten und der sich anschließenden Vermehrungsschritte unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus dar. Im Forschungsvorhaben 03OE127 konnten effiziente Behandlungsverfahren für mit Streifenkrankheit oder Hartbrand befallenes Saatgut gefunden werden. Flugbrandbefall ließ sich nur mit der sehr umständlichen Warmwasserbeizung unterdrücken, jedoch erfordert nach bisher unverändertem Forschungsstand jede Saatgutpartie eine individuelle Behandlung von deren Erfolg man sich aber erst im Anbau nach Aussaat des behandelten Saatgutes überzeugen kann. Darüber hinaus kann dieses Verfahren mit hohen Keimfähigkeitsverlusten einhergehen und erfordert spezielle Gerätschaften zur Behandlung und Rücktrocknung, sowie hohen Energieaufwand. Stattdessen kann dem Problem ökonomisch nachhaltiger mit Resistenzzüchtung begegnet werden. Eine Übersicht zu Anfälligkeiten deutscher Handelssorten und Resistenzquellen bei Sommergersten mit einem Review findet sich bei MÜLLER 2005. Neuere Veröffentlichungen zu Evaluierungen bei Sommergerste sind bisher nicht bekannt geworden.

Da in den unter konventioneller Bewirtschaftung geführten Zuchtgärten in Deutschland mehr oder weniger regelmäßig eine chemische Beizung aller Zuchtstämme und Ährennachkommenschaften durchgeführt wird, sind keine Erfahrungen über die unkontrollierte Ausbreitung von Flugbrand unter Zuchtgartenbedingungen verfügbar. Aufgrund dieser Züchtungspraxis kann weder auf ein entsprechendes Resistenzniveau selektiert werden, noch die Notwendigkeit zur Nutzung bereits bekannter Flugbrandresistenzen ermittelt werden. Für den ökologischen Landbau stellt demgegenüber der Weg der Resistenzzüchtung die ökologischste aller Möglichkeiten dar.

Im Forschungsvorhaben 01HS027 konnten bereits eine ganze Reihe von genetischen Ressourcen mit Flugbrandresistenz gefunden werden, die auch in Zuchtstämme der Getreidezüchtungsforschung Darzau eingekreuzt worden waren. Damit war eine Grundlage für die Durchführung des Vorhabens gegeben. Bis zum Projektabschluss war der Anteil der Zuchtstämme, die über einen resistenten Elter im Stammbaum verfügen, auf etwa 80% der in Bearbeitung befindlichen Zuchtstämme angewachsen. Der Sommergerstenzuchtgarten der Getreidezüchtungsforschung Darzau bot damit die besten Voraussetzungen, um zu untersuchen, wie der Übergang von einer heute noch verbreiteten Züchtung unter chemischer Beizung zu einer Züchtung unter natürlichem Befall bewerkstelligt werden könnte. Unter dem Gesichtspunkt der Entwicklung einer Ökologischen Pflanzenzüchtung kann die mit dem Vorhaben verfolgte Vorgehensweise als neuartig betrachtet werden.

## 2. Material und Methoden

Die Grundlage für die Untersuchung bildete der Sommergerstenzuchtgarten der Getreidezüchtungsforschung Darzau mit Kreuzungsnachkommenschaften, alten und neuen Vergleichs- und Testsorten, zu prüfenden Zuchtstämmen anderer Züchter, sowie einiger genetischer Ressourcen. Im Bereich der Generationenfolge von F4–F8 war die Reihenfolge, von eingefügten Elternlinien und Vergleichssorten abgesehen, aufsteigend. Bis

zur Vegetation 2009 verringerte sich die Fläche mit mehr oder weniger anfälligen Linien und verschob sich immer mehr in den Bereich erhaltenswerter potentieller Zuchteltern.

Die Bruttogrundfläche pro Zuchtgartenkleinparzelle betrug 2,25m<sup>2</sup> inklusive Zwischenräume zu den Nachbarparzellen. Jede Zuchtgartenparzelle bestand aus sechs Drillreihen von je 1 m Länge mit je einer Ährenachkommenschaft bei 20 cm Drillreihenabstand. In der Vegetation 2007 wurden insgesamt 1760 Zuchtgartenparzellen zwischen Saatstreifen mit bzw. ohne Flugbrandbefall angebaut, die ihrerseits einer Grundfläche von weiteren 880 Zuchtgartenparzellen entsprach. Über alle 2640 Rasterelemente hinweg wurde der Befall mittels Auszählung der von Flugbrand befallenen Ähren erfasst (Rasterplan 1). In der Vegetation 2008 und 2009 wurden jeweils insgesamt 1920 Zuchtgartenparzellen angebaut plus Saatstreifen einer Grundfläche von weiteren 960 Zuchtgartenparzellen. In der Vegetation 2008 wurde über alle 2880 Rasterelemente hinweg der Befall mittels Auszählung der von Flugbrand befallenen Ähren erfasst (Rasterplan 3), in der Vegetation 2009 nur in den 1920 Zuchtgartenparzellen (Rasterplan 5).

### Infektionsstreifen

Die zur Infektion der benachbarten Zuchtgartenparzellen eingefügten Saatstreifen mit flugbrandbefallenem Saatgut (in den Rasterplänen als von links nach rechts durchgehende, schwarze Streifen dargestellt) wurden in der Vegetation 2007 als acht Infektionsstreifen bis in die F5 hinein angelegt. Die durchschnittliche Anzahl von Flugbrand befallener Ähren in diesen Infektionsstreifen betrug in der Vegetation 2007: 23 und 2008: 15 pro Zuchtgartenparzellenäquivalent. In der Vegetation 2008 wurden die Anzahl der Infektionsstreifen bis zum Ende der F5 auf zehn erhöht und zusätzlich zwei Infektionsstreifen im Bereich neu hinzugekommener Sorten, Zuchtstämme anderer Züchter und genetischer Ressourcen zur Anhebung der natürlichen Flugbrandsporenkonzentration in diesem Teilbereich eingefügt. In der Vegetation 2009 wurde der Anteil der Infektionsstreifen mit dem Aufsteigen der potentiell flugbrandresistenten Zuchtstämme in höhere Generationen bis zum Ende der F6 auf fünfzehn und im Bereich der neu zu prüfenden Sorten und Zuchtstämme auf vier Streifen ausgedehnt. Die in den Rasterplänen von links nach rechts durchgehend weiß dargestellten Saatstreifen waren als Trennstreifen ohne Flugbrandbefall.

In den Rasterplänen wurden die Zuchtgartenparzellen ohne Flugbrandbefall weiß dargestellt. Mit zunehmender Anzahl von Flugbrand befallener Ähren von 1 bis 9 je Zuchtgartenparzelle wurden stattdessen zunehmend dunkler grau hinterlegte Kästchen eingefügt. Sofern neun und mehr Flugbrandähren festgestellt wurden, erfolgte die Darstellung der Zuchtgartenparzelle in Schwarz.

### Befallsrückführung auf den Rasterplan des Vorjahres

Der Flugbrandbefall im Zuchtgarten 2008 wurde, insofern es sich um eine Fortführung von Proben aus dem Zuchtgarten 2007 handelte, zusätzlich auf die Position im Zuchtgarten 2007 zurückgeführt. Wenn mehrere Zuchtgartenparzellen auf eine Zuchtgartenparzelle des Vorjahres zurückgeführt werden konnten, wurde für die Rückführung der durchschnittliche Befall in den gesonderten Rasterplan vom Format des Vorjahres übernommen. Ebenso wurde mit den Ergebnissen aus der Vegetation 2009 verfahren. Zuchtgartenparzellen aus denen keine Nachkommenschaften weitergeführt wurden, blieben ohne Befallswert aus dem Folgejahr und wurden in den entsprechenden Rasterplänen mit „xxx“ versehen (Rasterpläne 2 und 4).

### Natürlicher und künstlich hervorgerufener Befall

Die natürliche Infektion beginnt erst mit der Generation F4, welche aus der noch ohne Flugbrandbefall in Neuseeland zwischenvermehrten F3 stammt. Ein natürlicher Befall kann daher erst von der Generation F5 an festgestellt werden. Ab der Generation F5 bis F8 wurden in potentiell zur Weiterführung vorgesehenen Zuchtgartenparzellen ohne Befall und einer Reihe neu zu prüfender Sorten zwei Ähren zusätzlich künstlich mit einer Flugbrandsporensuspension in einer Konzentration von 1g Flugbrandsporen pro 1 Liter Wasser direkt in die einzelnen Blüten inokuliert (Müller 2005). Dies wurde 2007 an ca. 300 und 2008 an ca. 500 Einzelähren vorgenommen. Das Saatgut der künstlich inokulierten Ährennachkommenschaften wurde im Folgejahr einzeln ausgewiesen neben den nicht inokulierten Ährennachkommenschaften der gleichen Nachkommenschaftsgruppe ausgesät. Dadurch erhöhte sich der Befallsdruck insbesondere im Bereich der Parzellen mit neuen, mehr oder weniger anfälligen Sorten. Die aus der künstlichen Inokulation hervorgegangenen Pflanzen dienten immer nur der Befallskontrolle. Es wurde nie aus diesen direkt nachgebaut, sondern nur aus den unmittelbaren Geschwistern selektiert.

### Die Verteilung der Flugbrandsporen anhand von Fangparzellen

In der Vegetation 2007 wurde auf 37 Zuchtgartenparzellen anstelle von Zuchtstämmen Saatgut der flugbrandanfälligen Sorte Lawina ausgesät, das aber noch nicht mit Flugbrand befallen war. Diese Parzellen dienten dem Einfangen von Flugbrandsporen und zur Beurteilung der Flugbrandsporenkonzentration an dieser Position des Zuchtgartens anhand des Befallsgrades im Folgejahr. In der Vegetation 2007 konnte von den Flugbrandsporenfangparzellen wesentlich weniger geerntet werden als erwartet, so dass in der Vegetation 2008 mit dem gewonnenen Saatgut nur Kleinparzellen im Zuchtgartenbereich bestückt werden konnten. Daraufhin wurde für die Vegetation 2008 die Anzahl der Sporenfängerparzellen von 37 auf 60 erhöht. Von den 60 Kleinparzellen konnte dann aber soviel Saatgut geerntet werden, dass damit in der Vegetation 2009 eine kleine Ertragsprüfung mit Parzellen von 6m<sup>2</sup> in zwei Wiederholungen je Kleinparzellennachbau angelegt werden konnte. Die Ertragsauswertung wurde aufgrund der zwangsläufig niedrigen Anzahl von zwei Wiederholungen mittels Nächstnachbaranalyse vorgenommen (Schwarzbach 1984). Für die Beurteilung des Befallsgrades der Sporenfängerparzellen wurde der prozentuale Anteil von Flugbrand befallener Ähren erfasst. Zum unmittelbaren Vergleich wurde der ermittelte Befallsgrad im Rasterplan an der entsprechenden Position in % und fett umrahmt wiedergegeben, obwohl der Wert erst im Folgejahr ermittelt wurde. Auf diese Weise lässt sich anhand des jeweiligen Rasterplans ein visueller Bezug zwischen der Flugbrandsporenschüttung über die Zuchtgartenfläche hinweg und dem, was davon in den Sporenfangparzellen angekommen ist, herstellen.

### Standorte und Witterung

Alle Feldversuche wurden am Standort Köhlingen der Getreidezüchtungsforschung Darzau bei Neu Darchau durchgeführt. Vorfrucht war in allen Jahren Kartoffel. Die Aussaat erfolgte 2007 am 30. März auf einem lehmigen Sandboden mit 49 Bodenpunkten. Im Jahr 2008 konnte der Zuchtgarten in unmittelbarer Nachbarschaft zum Vorjahresstandort erst am 21. April gesät werden. Am 14. April 2009 erfolgte die Aussaat in einen sandigen Lehm mit 52 Bodenpunkten. Die Zuchtgartenflächen in 2007 und 2008 gehörten zum Betrieb von Christian Pahlow östlich von Köhlingen, die Zuchtgartenfläche 2009 zum Betrieb LüBio GbR westlich von Köhlingen. Alle Flächen hatten A-Status nach EU-Bio-Verordnung. Das

Ertragsniveau in den jeweils unmittelbar benachbarten Sommergersten-Leistungsprüfungen lag für die Standardvergleichssorte Barke in 2007 bei 26dt/ha, in 2008 bei 31dt/ha und in 2009 bei 29dt/ha.

Die Witterungsaufzeichnungen stammten vom Standort Tangsehl, ca. 5 km südlich von Köhlingen gelegen. Im langjährigen Mittel lagen die Jahresdurchschnittstemperatur an diesem Standort bei 9°C und der Jahresniederschlag bei 630mm. Die Vegetation im Jahr 2007 war von einem extrem trockenen und warmen April und überdurchschnittlich feuchten Frühsommer geprägt, wobei sich die Sommergerste eher etwas zu üppig in die Länge entwickelte. Im Jahr 2008 war der April feucht und kühl, dafür aber der Mai bis in die erste Junihälfte hinein sehr trocken und warm. Dies behinderte das Streckungswachstum der Sommergerste und begünstigte eine frühe Blüte bereits in der Blattscheide. Im Jahr 2009 war insbesondere der April, aber auch der Mai sehr trocken und warm.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

Die nachfolgenden Seiten zeigen die Rasterpläne der Zuchtgärten aus den Jahren 2007 bis 2009 mit der Anzahl von Flugbrand befallener Ähren für jede Zuchtgartenkleinparzelle, sowie die Lage der mit Flugbrand befallenen bzw. nicht befallenen Saatstreifen dazwischen. Je nach Befallsintensität wurde das eine Zuchtgartenparzelle repräsentierende Kästchen zunehmend dunkler eingefärbt. Der prozentual (%) dargestellte Befall in den Sporenfängerkästchen gibt immer den erst im Folgejahr festgestellten Befallsgrad wieder. In den Rasterplänen 2 und 4 wurden die erst im Folgejahr festgestellten Befallsintensitäten auf die Position der Mutterpflanzen im Zuchtgarten des Vorjahres zurückgeführt.

Anhand der Rasterpläne wird ersichtlich, wie der Anteil mit Flugbrand befallener Zuchtstämme von Jahr zu Jahr in zunehmend höheren Generationen abnimmt. Dies kann aber nicht allein auf die Flugbrandsporenverteilung zurückgeführt werden, denn in der Zuchtstammauslese wurden die anfälligen Linien von Generation zu Generation ebenfalls zunehmend konsequenter ausgeschieden. Im Zuchtgarten 2007 waren flugbrandresistente Eltern erst bis zur Generation F5 konsequent in den Stammbäumen enthalten und Zuchtgartenparzellen mit überwiegend resistenten Sorten und Zuchtstämmen zwischen dem mittleren Bereich mit noch mehr oder weniger anfälligen Zuchtstämmen und dem unteren Bereich mit entsprechend anfälligen Sorten und anderen Herkünften angeordnet.

Anhand der Kästchen mit „xxx“ in den Rasterplänen 2 und 4 zeigt sich, wie viele Nachkommenschaften nicht mehr unmittelbar den Weg in das nächste Anbaujahr gefunden haben. Dass der Zuchtgartenumfang dennoch nicht abnimmt, liegt daran, dass einerseits bestimmte Nachkommenschaftsgruppen ausgeweitet werden und neue in der Generation F4 eine besondere Ausdehnung erfahren.

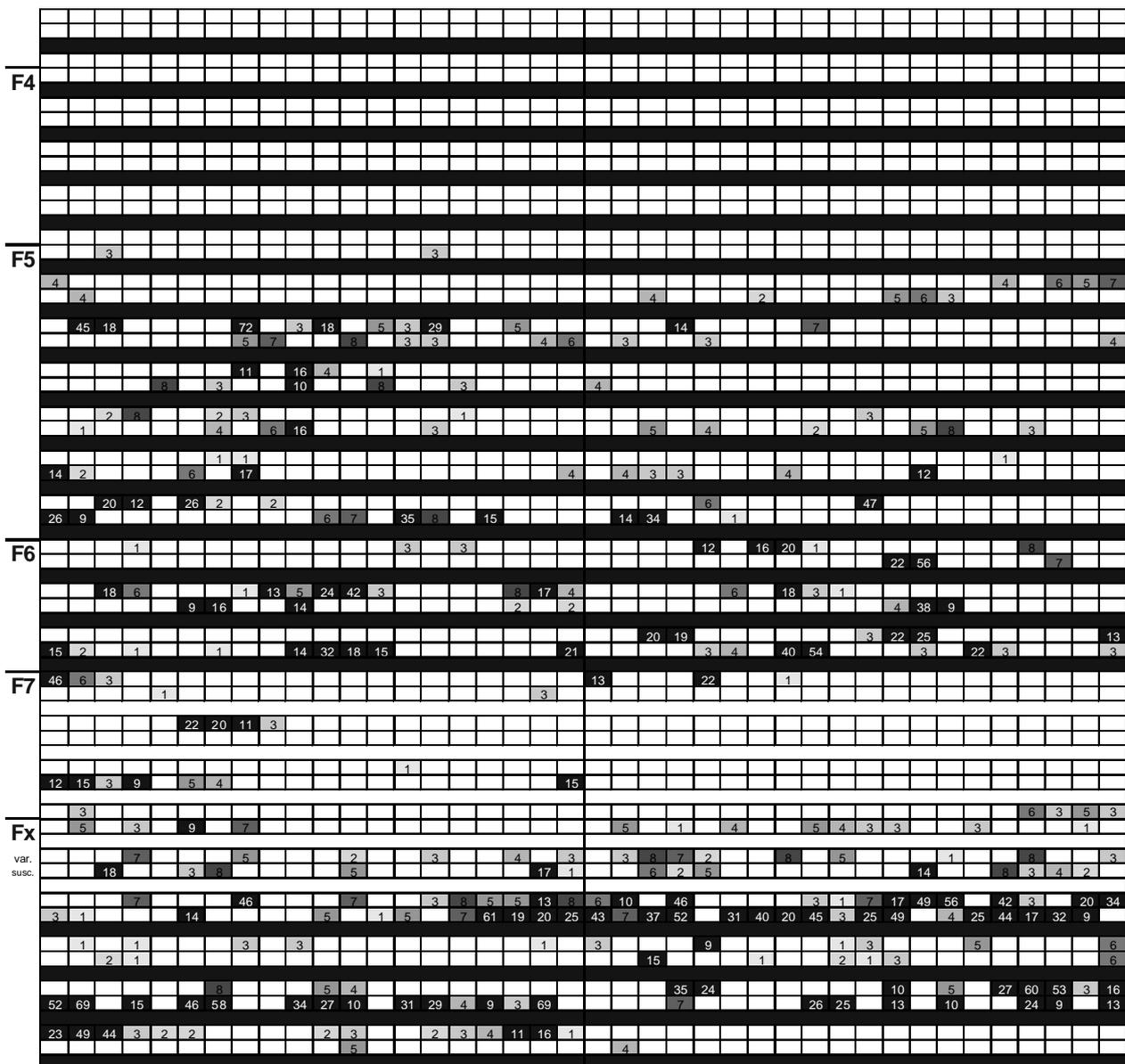








## Rasterplan 5: Zuchtgarten in der Vegetation 2009



### Erläuterung zum Rasterplan 5 auf dieser Seite:

In jeder dritten Fahrspur (von links nach rechts verlaufend) wurde ein durchgehender Saatstreifen als Infektionsstreifen bzw. Abstandshalter angelegt. In den obersten fünfzehn Abstandsstreifen und in den untersten vier, die im Bereich der neuen und alten Sorten liegen, wurde mit Flugbrand befallenes Saatgut angebaut. Von oben angefangen bis einschließlich zur Generation F4 sind die dazwischen angebauten Zuchtgartenparzellen noch ohne Befall. Unterhalb folgen die höheren Generationen in aufsteigender Reihenfolge. Jedes abgebildete Kästchen steht für eine Zuchtgartenparzelle von 2,25 m<sup>2</sup> Grundfläche (inklusive Zwischenraum). Für jede Zuchtgartenparzelle wurde die Anzahl flugbrandbefallener Ähren erfasst (Zahlen in den Kästchen). Zur Visualisierung wurden Parzellen ohne Befall weiß und bis zu neun und mehr Flugbrandähren pro Parzelle in zunehmend dunkler werdenden Grautönen dargestellt. Parzellenflächen mit 9 und mehr Flugbrandähren wurden schwarz dargestellt.

Bei der Rückführung des Flugbrandbefalls auf die Rasterpläne des Vorjahres zeigten sich für die mit der Sporenfängersorte Lawina bestückten Parzellen unterschiedliche Befallsgrade in Abhängigkeit von der Position im Zuchtgarten. Die zwischen den Zuchtgartenparzellen direkt neben den Infektionsstreifen mit Flugbrand angebauten Sporenfängerparzellen zeigten im Nachbau einen Befall von 5-33 % aus dem Anbau 2007 und 1-11 % aus dem Anbau 2008. Demgegenüber zeigten die übrigen Sporenfängerparzellen mit mehr oder weniger größerem Abstand zu den Infektionsstreifen einen Befall von 0-24 % aus dem Anbau 2007 und 0-3 % aus dem Anbau 2008. Wie auf den Rasterplänen ersichtlich ist der Bereich ohne Flugbrandinfektionsstreifen aufgrund der sich als anfällig herausstellenden Zuchtstämme nicht frei von Flugbrandähren und begünstigt damit auch eine Infektion der Sporenfängerparzellen in diesem Bereich.

In Abhängigkeit von der Nähe zu den Flugbrandinfektionsstreifen konnten beim Mittelwertvergleich statistisch signifikante Unterschiede hinsichtlich des Befallsgrades festgestellt werden (Tabelle 1). Sporenfängerparzellen in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Infektionsstreifen wurden im Durchschnitt stärker befallen als die von den Infektionsstreifen weiter entfernten. Der Versuch, den Befallsgrad der Sporenfängerparzellen darüber hinaus in Abhängigkeit von der Anzahl Flugbrandähren aller unmittelbar umliegenden Parzellen mit verschiedenen Methoden der Mittelwertbildung zu betrachten, führte jedoch zu keinem signifikanten Ergebnis. Für die Etablierung eines natürlichen Flugbrandbefalls im Zuchtgarten kommt in erster Linie den Infektionsstreifen mit Flugbrandbefall die hiermit nachgewiesene Bedeutung zur Anhebung der Flugbrandsporenkonzentration zu.

Tabelle 1: Befall der Sporenfängerparzellen in Abhängigkeit von der Nähe zum Infektionsstreifen

<u>Entfernung der Parzelle</u> <u>vom Infektionsstreifen</u>	2007		2008	
	daneben	weiter weg	daneben	weiter weg
im Vorjahr				
Anzahl Parzellen	n=7	n=30	n=28	n=32
Flugbrandbefallsmittel	19,0%**	9,4%**	3,1%**	1,2%**
Standardabweichung	8,2%		1,5%	

\*\* Die Nullhypothese, es besteht kein Unterschied zwischen den Mittelwerten, kann mittels t-Test für beide Jahre hochsignifikant ( $\alpha < 0,01$ ) abgelehnt werden.

Die Hauptwindrichtung lag in den beiden Anbaujahren 2007 und 2008 auf der Westseite des Versuchs, die in den zugeordneten Rasterplänen auf der jeweils rechten Seite anzusiedeln ist. Obwohl der Flugbrandbefall der Sporenfängerparzellen im Folgejahr für die Position der Parzelle im Vorjahr auf der Osthälfte des Zuchtgartens (die in den Rasterplänen linke Hälfte) einen durchschnittlich höheren Befall aufwies (Tabelle 2), konnte aufgrund der großen Streuung der Einzelwerte dieser Unterschied statistisch nicht abgesichert werden. Die Position der Sporenfängerparzellen in Abhängigkeit von der Hauptwindrichtung war den Mittelwertvergleichen nach, bezogen auf die Unterteilung nach Osthälfte und Westhälfte, demnach von geringerer Bedeutung.

Tabelle 2: Befall der Sporenfängerparzellen in Abhängigkeit von der Hauptwindrichtung

<u>Position der Parzelle</u>	Osthälfte	Westhälfte	Osthälfte	Westhälfte
im Vorjahr	2007		2008	
Anzahl Parzellen	n=20	n=17	n=34	n=26
Flugbrandbefallsmittel	12,9%	9,2%	2,7%	1,4%
Standardabweichung	8,8%		1,7%	

Die Nullhypothese, es besteht kein Unterschied zwischen den Mittelwerten, kann nicht abgelehnt werden.

Da es nicht vorhersehbar ist, aus welcher Richtung der Wind zu dem Zeitpunkt weht, in dem die Blüten für eine Flugbrandinfektion empfänglich sind, können auch solche Positionen im Zuchtgarten von Flugbrandsporen erreicht werden, die von den Flugbrandähren weiter entfernt waren. In beiden Infektionsjahren war keine Sporenfängerparzelle mehr als 5 Meter von einer Parzelle entfernt, in der mindestens eine Flugbrandähre zu finden war. Dies ergab sich dadurch, dass Zuchtgartenbereiche mit vollständig resistenten Zuchtstämmen zwar teilweise eine vollständige Ost-West-Ausdehnung, aber keine größere Nord-Süd-Ausdehnung erreichten. Insofern fanden sich über den ganzen Zuchtgartenbereich hinweg immer wieder Einzelparzellen oder Parzellengruppen mit Flugbrandähren. Mit zunehmendem Anteil flugbrandresistenter Zuchtstämmen stieg über die Jahre hinweg auch die Anzahl flugbrandfreier Parzellen, wodurch die Bedeutung der Flugbrandinfektionsstreifen für die natürliche Infektion ebenfalls zunahm.

Hinsichtlich der Position im Zuchtgarten unter Berücksichtigung der natürlich hervorgerufenen Befallswerte aus dem Folgejahr (Rasterpläne 2 + 4) zeigte sich die Bedeutung des auf natürliche Weise mit Infektionsstreifen in der Generation F4 hervorgerufenen Flugbrandbefalls. Er führte in der Generation F5 zu einer ausgeprägten Differenzierung von befallsfreien bis hoch befallenen Nachkommenschaften. Wie viele Nachkommenschaften in den Generationen ab F6 nur aufgrund einer künstlichen Inokulation als anfällig erkannt wurden, dokumentieren die Tabellen 3 und 4.

Tabelle 3: Flugbrandbefall der Nachkommenschaften in den Generationen F5-F9 im Zuchtgarten 2008

<u>Generation</u>	<u>Anzahl Nachkommenschaften</u>	<u>Mit Flugbrand-befall</u>	<u>davon nur aufgrund Inokulation erkannt</u>
F5	340 davon 0 inokulierte	169	
F6	196 davon 170 inokulierte	77	33
F7	61 davon 49 inokulierte	7	2
F8	11 davon 11 inokulierte	0	0
F9	9 davon 9 inokulierte	1	0
Neue Sorten/Stämme	28 inokulierte	25	11

Tabelle 4: Flugbrandbefall der Nachkommenschaften in den Generationen F5-F9 im Zuchtgarten 2009

<u>Generation</u>	<u>Anzahl Nachkommenschaften</u>	<u>Mit Flugbrand-befall</u>	<u>davon nur aufgrund Inokulation erkannt</u>
F5	437 davon 0 inokulierte	76	
F6	312 davon 201 inokulierte	73	44
F7	254 davon 133 inokulierte	43	7
F8	35 davon 31 inokulierte	0	0
F9	41 davon 9 inokulierte	0	0
Neue Sorten/Stämme	67 inokulierte	59	50

Der Flugbrandbefall in den Generationen F5 bis F9 aus den beiden Anbaujahren 2008 und 2009 zeigte in Relation zum Gesamtumfang für das Jahr 2009 einen insgesamt niedrigeren Anteil Nachkommenschaften mit Flugbrandbefall in den Generationen F5 bis F7 (Tabelle 4). Auch bei der als Sporenfänger eingesetzten Sorte Lawina war der durchschnittliche Befall mit 2,1 % im Jahr 2009 deutlich niedriger als der Durchschnittsbefall von 11,2 % im Jahr 2008. Ob der insgesamt niedrigere Befall im Jahr 2009 auf eine geringere Neigung zur Offenblütigkeit im Vorjahr zurückzuführen war oder auf weniger günstige Bedingungen für den Flugbrandpilz, um unmittelbar nach der Keimung der Gerste in den Vegetationspunkt vorzudringen, lässt sich rückblickend nicht beurteilen. Die Verteilungsdichte der Flugbrandähren in den Infektionsstreifen war 2008 mit 15 nur um 35% niedriger als 2007 mit 23 pro Zuchtgartenparzellenäquivalent. Daran allein konnte es auch nicht gelegen haben. Die beiden Jahre zeigten ihrerseits im Ergebnis die enorme Schwankungsbreite im natürlichen Befall.

Der Anteil der auf natürliche Weise mit Flugbrand befallenen Nachkommenschaften in der Generation F5 fällt 2009 mit 17% (76 von 437) sehr viel niedriger aus als im Vorjahr mit 50% (169 von 340). Selbst unter der Annahme, dass es sich ausschließlich um Nachkommenschaften mit der Einkreuzung einer monogen dominant vererbten Flugbrandresistenz handeln würde, müssten statistisch gesehen 44% einen Flugbrandbefall aufweisen. Für das Jahr 2010 muss daher ein entsprechend höherer Anteil flugbrandanfälliger Nachkommenschaften in F6 erwartet werden. Von der Generation F5 zur F6 war der Anteil der Nachkommenschaften, die aufgrund eines natürlichen Befalls erkannt wurden, im Verhältnis zu denjenigen, die nur aufgrund einer Inokulation erkannt wurden in beiden Jahren in etwa gleich hoch. In der Generation F7 wurden die meisten der noch flugbrandanfälligen Nachkommenschaften aufgrund der natürlichen Infektion und nur noch vereinzelte aufgrund der Inokulation erkannt. In den Generationen F8 und F9 konnte auch mittels Inokulation keine flugbrandanfällige Nachkommenschaft mehr auffindig gemacht werden. Unter nur natürlichen Befallsbedingungen wäre eine einzige Generation unter Befall für eine Prüfung auf Resistenz noch nicht ausreichend gewesen.

In den zugrunde liegenden Untersuchungen brachte nur jede 10. künstlich inokulierte Ähre einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn über die Anfälligkeit des Zuchtstammes. Bei bis zu 500 inokulierten Ähren pro Vegetation ist dies gemessen am Ergebnis ein sehr hoher Aufwand, wenn zugleich über drei Generationen unter Flugbrandbefall selektiert werden kann. Die Hälfte des Aufwandes für künstliche Inokulationen fiel bei dem in dieser Untersuchung verfolgten Ansatz in der Generation F5 an. Andererseits führte bei Neuzugängen (Sorten, Testzuchtstämme, genetische Ressourcen) die künstliche Inokulation zu einem schnelleren Ergebnis, weshalb in diesem Bereich stattdessen auf Flugbrandinfektionsstreifen verzichtet werden könnte, da eine Generation unter natürlichem Befall für eine abschließende Beurteilung nicht ausreichte.

Bemerkenswert ist, dass von den weitergeführten flugbrandanfälligen Zuchtstämmen und Sorten nicht eine einzige aufgrund des natürlichen Befalls verloren gegangen ist. Immer fanden sich ausreichend viele Geschwisterpflanzen mit denen ein Fortbestand des Zuchtstammes gewährleistet werden konnte.

Da von den Sporenfängerparzellen der Ernte 2008 zur Flugbrandbefallsermittlung eine Ertragsprüfung mit Parzellen von 6m<sup>2</sup> in zwei Wiederholungen angelegt werden konnte, war es möglich den Ertrag in Abhängigkeit vom Flugbrandbefall zu untersuchen (Abb.1). Dabei zeigte sich, dass nur mit Hilfe der Probe Nr. 5881 eine signifikante Korrelation über alle 60 Proben hinweg ermittelt werden konnte. Unter Ausschluss dieser einen Probe war mit den anderen 59 Proben keine Signifikanz mehr zu erzielen. Demnach waren für die Ertragsbildung bei einem Flugbrandbefall bis 5% und einem Ertragsniveau von 2t/ha andere Faktoren von bedeutenderem Einfluss als der Kornverlust durch mit Flugbrand befallene Ähren.

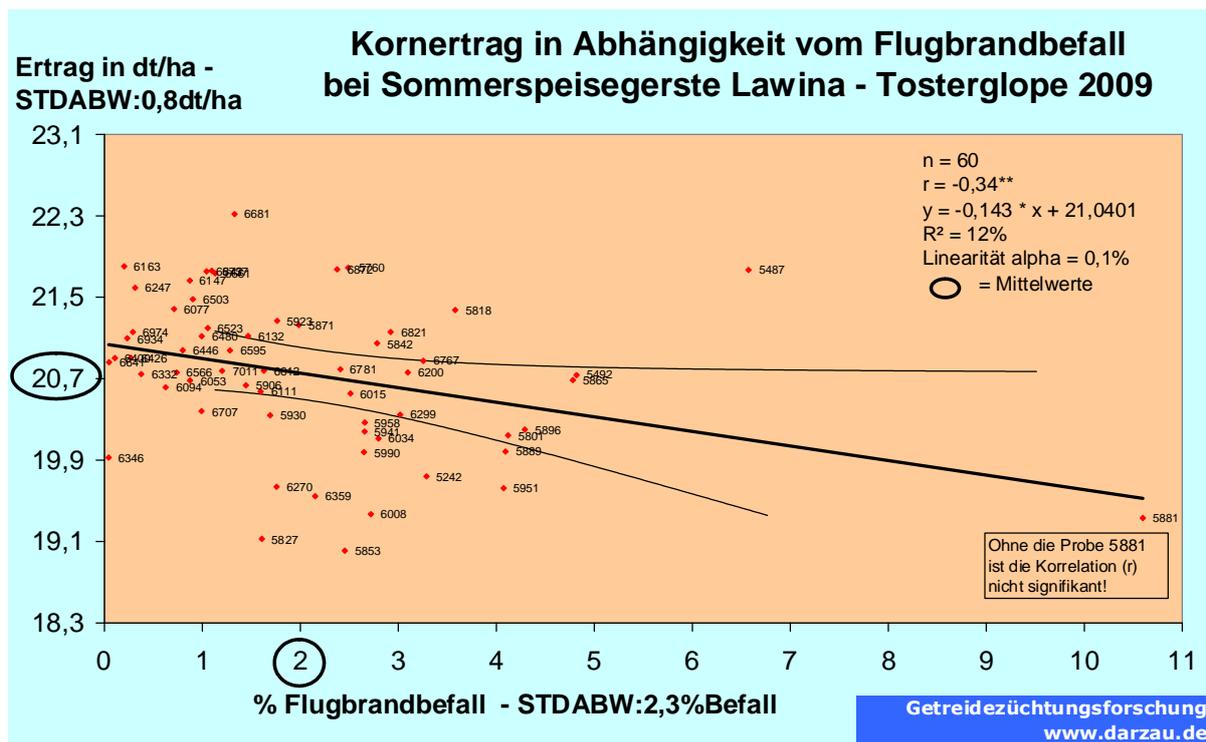


Abbildung 1: Kornertrag in Abhängigkeit vom Flugbrandbefall in der Vegetation 2009 am Nachbau der mit der Sorte Lawina bestückten Sporenfängerparzellen aus der Ernte 2008.

### 3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Untersuchungen haben deutlich gemacht, dass für die Züchtung auf Sommergerstenflugbrandresistenz einerseits auf Infektionsstreifen in späteren Generationen und im Bereich von Neuzugängen verzichtet werden kann und andererseits die personalaufwendige künstliche Inokulation auf Nachprüfungen ab der Generation F7 und die Prüfung von Neuzugängen beschränkt werden kann. Damit wird das dafür erforderliche Fachpersonal in dieser arbeitsintensiven Jahreszeit für andere Aufgaben frei.

Um bis zur Generation F8, in der letztendlich die Entscheidung fällt, ob aus dem Zuchtstamm ein neuer Sortenkandidat oder nur ein Kreuzungselter wird, Gewissheit über den Status der

Flugbrandanfälligkeit erreichen zu können, zeichnet sich aufgrund der Ergebnisse folgende **Vorgehensweise in der Züchtung auf Flugbrandresistenz** ab:

**- Mit Hilfe von Flugbrandinfektionsstreifen wird nur in den Generationen F4 bis F6 auf natürliche Weise ein hoher Infektionsdruck erzeugt. Neuzugänge werden mittels künstlicher Inokulation auf Anfälligkeit geprüft. In Jahren mit zu geringem Flugbrandbefall und bei Zuchtstämmen mit überwiegend geschlossenem Blühverlauf wird der Anfälligkeitsstatus mittels künstlicher Inokulation der Generation F7 nachgeprüft.**

Gegenüber einer Züchtung unter Verwendung genetischer Marker kann bei diesem Verfahren mit jeder x-beliebigen Resistenzquelle gezüchtet werden und es kann parallel dazu mit der langfristig angelegten Entwicklung quantitativer Resistenzen begonnen werden, die spätestens dann umso bedeutender werden, wenn die wenigen bekannten monogenen Resistenzen in Folge einer vereinseitigten, sortenübergreifenden Markerselektion verbraucht sind.

Die für eine kontinuierliche ökologische Saatgutproduktion unverzichtbare Flugbrandresistenz kann mit dem hier entwickelten Ansatz verhältnismäßig kostengünstig zu einem dauerhaften und nachhaltig verfolgten Zuchtziel gemacht werden. Jeder Zuchtbetrieb kann mit dem hier evaluierten Verfahren unmittelbar beginnen, sobald entsprechende Kreuzungsnachkommenschaften zur Prüfung anstehen. Von den ohnehin unverzichtbaren künstlichen Inokulationen bei Neuzugängen oder zur Nachprüfung abgesehen sind keine zusätzlichen Techniken dafür erforderlich. Die Befürchtung, dass mehr oder weniger anfälliges Zuchtmaterial aufgrund eines Flugbrandbefalles überhaupt kein Saatgut mehr hervorbringen kann und verloren gehen könnte, hat sich als unbegründet erwiesen, wenn eine Nachkommenschaft wie in der Untersuchung auf mindestens 1m<sup>2</sup> angebaut wird. Ob künftig entsprechende Sorten für eine Vermehrung im ökologischen Landbau zur Verfügung stehen werden, hängt nunmehr lediglich davon ab, ob mit entsprechenden Kreuzungen und Selektionsprozessen begonnen wird.

Zwecks Verbreitung wurden die Ergebnisse Ende November 2009 auf der Arbeitstagung der Pflanzenzüchter in Gumpenstein vorgestellt und auf der Internetseite der Getreidezüchtungsforschung Darzau, sowie unter [www.organiceprints.de](http://www.organiceprints.de) eingestellt.

#### 4. Zusammenfassung

Der Sommergerstenzuchtgarten der Getreidezüchtungsforschung Darzau diente über drei Jahre hinweg der Entwicklung einer Methode zur Selektion auf Flugbrandresistenz unter weitgehend natürlichen Befallsbedingungen. Regelmäßig eingefügte Flugbrandinfektionsstreifen unterstützten die gleichmäßige Sporenausbreitung in den jüngeren Spaltungsgenerationen. Saatstreifen ohne Flugbrandbefall sollten die natürliche Sporenkonzentration in den höheren Generationen ausdünnen. Mittels unregelmäßig eingefügter Sporenfängerparzellen, die mit befallsfreiem Saatgut der flugbrandanfälligen Sorte Lawina bestückt waren, wurde anhand des Befallsgrades im Nachbau die Sporenausbreitung untersucht. Über die gesamte Zuchtgartenfläche wurde ein Parzellenraster gelegt, in dem die Anzahl der Ähren mit Flugbrand pro Teilfläche festgehalten wurde. Von allen weitergeführten Zuchtstämmen wurde der Befall auch auf die Position der Erntefläche im Vorjahr zurückgeführt. Zur genaueren Prüfung der Zuchtstämmen wurden einzelne Ähren zusätzlich mit einer Flugbrandsporensuspension künstlich inokuliert.

Es zeigte sich, dass die Sporenfängerparzellen aus dem mit Flugbrandinfektionsstreifen bestückten Zuchtgartenbereich im Nachbau einen deutlich höhern Befall aufwiesen. Bei entsprechend hohem Flugbrandsporendruck in den Generationen F4 bis F6 kann der größte Teil der flugbrandanfälligen Zuchtstämmen bis zur Generation F7 ausgeschieden werden. Der mittels Inokulation künstlich hervorgerufene Flugbrandbefall konnte unter diesen Umständen nur für eine von zehn inokulierten Ähren eine zusätzliche Information über die Anfälligkeit eines Zuchtstammes hervorbringen. In den Generationen F8 und F9 konnte auch mit Inokulation kein flugbrandanfälliger Zuchtstamm mehr ausfindig gemacht werden. Da ein Anbaujahr unter natürlichem Befall für eine sichere Beurteilung der Anfälligkeit noch nicht ausreichend war, hat sich die künstliche Inokulation für die unmittelbare Prüfung neu zugangener Gerstenproben als besser geeignet erwiesen. Darüber hinaus wird die Inokulation aufgrund der Untersuchungsergebnisse nur noch für die Nachprüfung befallsfreier Zuchtstämmen in der Generation F7 empfohlen.

In einem auf die Entwicklung von Sorten mit Flugbrandresistenz ausgerichteten Zuchtgarten kann durch Implementierung von Infektionsstreifen in spaltende Generationen der Aufwand für künstliche Inokulationen in die Blüte erheblich reduziert werden. Auf diese Weise kann die in einer ökologischen Sommergerstenzüchtung unverzichtbare Selektion auf Flugbrandresistenz mit geringem Aufwand zum Grundbestandteil eines Zuchtgartens gemacht werden.

#### 5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen: Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Wie geplant konnten mit dem Vorhaben die Grundlagen für eine einfache und unkomplizierte praktische Züchtung auf Flugbrandresistenz bei Sommergerste unter natürlichen Befallsbedingungen im ökologischen Landbau geschaffen werden. In der Getreidezüchtungsforschung Darzau hat uns der direkte Umgang mit dem Flugbrand und mit den Möglichkeiten einer Resistenzzüchtung zwar die Angst vor seiner unkontrollierten Ausbreitung genommen, nicht jedoch die Angst vor der Feldbestandskontrolle in der Sommergerstensaatguterzeugung, bei der bereits mehr als drei flugbrandkranke Ähren auf einer Fläche von 150m<sup>2</sup> zur Aberkennung führen. Diese gesetzlich geforderte Praxis

erfordert eine absolut hundertprozentige Hart- und Flugbrandresistenz, die zumindest langfristig als lebensunwirklich angesehen werden muss, auch wenn kurzfristig mit den derzeit verfügbaren und noch wirksamen Resistenzquellen dieses Ziel erreicht werden kann.

Es kann aufgrund der unmittelbaren Verwandtschaft zur Sommergerste davon ausgegangen werden, dass eine Übertragung der in der Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse auf Wintergerste möglich ist. Für eine Übertragung auf Weizen sind möglicherweise Verfahrensanpassungen nötig, die weitere Untersuchungen erfordern könnten. Eine Übertragung auf Hafer erscheint nicht zweckdienlich, da die Inokulation beim Hafer mit Flugbrandsporen in der Zeit zwischen Ernte und Aussaat direkt am Korn vorgenommen werden kann.

## 6. Literaturverzeichnis

Müller KJ 2005 Wird die Bedeutung von Flugbrand an Sommergerste überschätzt? IN: Bericht über die 55.Arbeitstagung 2004 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, BAL Gumpenstein, 23.-25.November 2004, 81-86.

Schwarzbach E 1984 A new approach in the evaluation of field trials: the determination of the most likely genetic ranking of varieties. Vorträge für Pflanzenzüchtung 6, 249-259.

## 7. Veröffentlichungen zum Projekt

Müller KJ 2010 Sommergerstenselektion unter Flugbrandbefall mit Infektions- und Trennstreifen statt Marker. IN: Bericht über die 60.Arbeitstagung 2009 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, BAL Gumpenstein, 24.-26.November 2009, 6p.

<http://www.darzau.de/fileadmin/PDF/flugbrandselektiongumpenstein2009.pdf>

Müller KJ 2009 Entwicklung eines Zuchtgarten-Befallsmanagements für die Züchtung flugbrand-resistenter Sommergersten unter natürlichen Befallsbedingungen. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) [Hrsg.], Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Abschlussbericht (Projekt FKZ 06OE028).

<http://www.darzau.de/fileadmin/PDF/flugbrandmanagement2009.pdf>