

# Wird die Bedeutung von Flugbrand an Sommergerste überschätzt?

K.-J. MÜLLER

## 1. Einleitung

Das Auftauchen mit Flugbrand befallener schwarzer Ähren aus einem üppig grünen Gerstenbestand, von dem sich eine reiche Ernte erwarten lässt, kann zumindest beim ersten Erleben in einen leisen Schrecken versetzen. Es weckt die Befürchtung, dass dies zur Vernichtung ganzer Ernten führen könnte, denn fast immer verzehrt der Flugbrand (*Ustilago nuda* (Jens.) Rostr.) die ganze Ähre, nur selten finden sich partiell befallene Ähren, an denen noch ein paar Körner zur Reife gelangen. Solche Befürchtungen und sicher auch die Erfahrung, dass 10-20% eines Pflanzenbestandes mit Flugbrand befallen sein können, haben wohl mit dazu beigetragen, dass laut Saatgutverordnung (RUTZ 2004a) für die Erzeugung von Z-Saatgut in Deutschland und Österreich nicht mehr als 5 flugbrandkranke Pflanzen auf einer Fläche von 150 m<sup>2</sup> (in der Schweiz auf 100 m<sup>2</sup>) gefunden werden dürfen. Hinweise auf der Grenzwertfestsetzung zugrundeliegende wissenschaftliche Untersuchungen sind im Bundessortenamt nicht bekannt (RUTZ 2004b). Unter Einsatz chemisch-synthetischer Beizmittel konnte der Grenzwert über viele Jahrzehnte hinweg unterschritten werden, was zu dem Eindruck führte, der Flugbrand wäre nahezu verschwunden. Demgegenüber stehen dem Ökologischen Landbau bisher keine Behandlungsmöglichkeiten zur Verfügung, mit denen ein Befall nachhaltig unter diesem Grenzwert gehalten werden kann. Eigene Erfahrungen des Autors mit der Heißwasserbeizung zeigten, dass die im Labormaßstab geprüften Verfahren bisher noch nicht ausreichend effizient auf größere Saatgutmengen übertragen werden können. Auch im Hinblick auf den Energieeinsatz, Zeitbedarf und Geräteinvestitionen käme diese Art der Behandlung vorerst nur für kleinere Saatgutpartien in Frage.

Sollten künftig mehr Vermehrungsgenerationen als nur die bisher vorgeschriebene Z-Saatguterzeugung unter ökologischen Bedingungen angebaut werden, könnte mit flugbrandresistenten Sorten das Aberkennungsrisiko vermindert werden. Über die Anfälligkeit von Handelsorten war bislang wenig bekannt. Die letzte Untersuchung zur Flugbrandanfälligkeit von Sommergerste in Deutschland wurde 1986 veröffentlicht (WICKE 1986). Alle aktuell erhältlichen Sorten wurden aber erst nach 1986 zugelassen. Hinweise auf Sortenversuche, die unter simulierten natürlichen Befallsbedingungen mit hohem Sporendruck vorgenommen wurden, konnten in der Literatur überhaupt nicht gefunden werden. Systematische Untersuchungen stützten sich immer auf Verfahren der künstlichen Inokulation.

Es war daher die Frage zu klären, in welchem Ausmaß aktuell zugelassene Sommergerste gegenüber Flugbrand anfällig ist. Sie als befallsfrei erweisende Sorten und in der Literatur bereits als resistent beschriebene Muster sollten mit verschiedenen Flugbrandherkünften auf mögliche Resistenzunterschiede geprüft werden, um mit Abschluss des Projektes solche Quellen benennen zu können, die gegebenenfalls für eine Züchtung auf Flugbrandresistenz zu bevorzugen wären.

## 2. Material und Methoden

Für die künstliche Infektion von Gerstenmustern mit ausgewiesenen Resistenzen nach der Methode von POEHLMAN (1945) konnten nachfolgende Flugbrandherkünfte in die Untersuchungen mit einbezogen werden. Nur die **fett** hervorgehobenen wurden auch im zweiten Zyklus berücksichtigt, da die Flugbrandherkünfte DE-30453 und DE-64287 wegen mit DE-61118 übereinstimmendem Anfälligkeitsmuster und DK-4200i wegen Übereinstimmung mit DK-04200

nach dem ersten Zyklus nicht mehr weiter verfolgt wurden, um statt dessen mehr Akzessionen auf Anfälligkeit gegenüber den sich unterscheidenden Flugbrandherkünften testen zu können. Akzessionen, bei denen im ersten Testzyklus weniger als drei Pflanzen mit Flugbrand befallen waren, wurden noch einmal nachgeprüft. Da teilweise sehr hohe Ausfälle in der Fertilität und im Feldaufgang nach Inokulation zu beklagen waren, wurden die Ergebnisse über die beiden Testzyklen akkumuliert und in Anzahl kranker Pflanzen pro Anzahl prüfbarer Pflanzen dargestellt.

Nachfolgende Muster wurden mit den verschiedenen Flugbrandherkünften nach der Methode von POEHLMAN (1945) inokuliert. Die *kursiv* abgesetzten wurden erst im zweiten Testzyklus hinzugezogen. MILTON wurde im zweiten Testzyklus wegen hoher Ausfälle im ersten Zyklus durch die Sorte CDC FREEDOM, die über die gleiche Resistenz verfügen soll, ersetzt. Als Befallskontrolle und zur Erhaltung der Flugbrandherkünfte diente die anfällige Sorte LAWINA.

### Künstliche Inokulation nach POEHLMAN

Nach POEHLMAN (1945) werden Flugbrandsporen in einer wässrigen Lösung suspendiert und von dieser Sporenaufschwemmung mit einer Injektionspritze in jede Gerstenblüte nach Durchstechen der Spelze ein Tropfen injiziert. Nach OERTEL (1955) ist der Infektionserfolg vom Tag des Pollenstäubens bis zum dritten Tag danach gleich hoch und sinkt vom fünften Tag an sehr stark ab. Eine Infektion vor dem Pollenstäuben führt zu einer Überinfektion. In der vorliegenden Untersuchung wurden die Lösungen mit 1g Sporen pro Liter Wasser täglich neu angesetzt. Die Sporen wurden für den ersten Testzyklus in der Weise verwendet, wie sie vorlagen (sie-

**Autor:** Dr. Karl-Josef MÜLLER, Getreidezüchtungsforschung Darzau Hof, D-29490 NEU DARCHAU, E-Mail: k-j.mueller@darzau.de



he Tabelle 1) und zur Erhaltung der Flugbrandherkunft auf die anfällige Sorte LAWINA inokuliert. Im zweiten Testzyklus wurden die Sporen frisch von befallenen Ähren der Sorte LAWINA genommen. Sobald deutlich erkennbar war, dass die Staubbeutel aufgebrochen waren, wurde inokuliert. Von den Handelsorten wurden parallel zur natürlichen Infektion jeweils 8 Ähren mit der Flugbrandherkunft DE-29490 inokuliert und von den vorgenannten Akzessionen jeweils 4 Ähren pro Muster und Flugbrandherkunft. Unmittelbar nach der Inokulation wurden die Ähren der Akzessionen aufgrund der unterschiedlichen Flugbrandherkünfte mit Pergamintüten für 10 Tage vor Fremdinfectionen geschützt. Alle Untersuchungen wurden

unter Feldversuchsbedingungen vorgenommen. Die inokulierten Ähren wurden markiert und zum Zeitpunkt der Ausreifung einzeln geerntet, gedroschen und im Folgejahr magaziniert ausgesät. Nach dem Aufgang der Saat wurde die Anzahl aufgelaufener Pflanzen erfasst und zum Ährenschieben wurde die Anzahl befallener Pflanzen notiert.

### Simulation natürlicher Infektionsbedingungen

Die Auswahl der Sommergersten für die Untersuchung der Anfälligkeit unter Simulation natürlicher Befallsbedingungen stützte sich auf die Beschreibenden Sortenlisten für Getreide des Bundessortenamtes für die Jahre 2001 bis 2003. Da die Anzahl der Proben für den zweiten

Prüfstandort auf 50 eingeschränkt werden musste, wurde im zweiten Testzyklus auf die Prüfung einiger bereits nicht mehr im Handel erhältlicher Sorten zugunsten der neuesten Sorten verzichtet. Am Standort Darzau wurden die Handelsorten in der Vegetation 2002 auf jeweils 3 m<sup>2</sup> zwischen zwei gleich großen Parzellen der Sorte NACKTA einerseits und der Sorte LAWINA andererseits angebaut, die mit der Flugbrandherkunft DE-29490 befallen waren und als Quelle für eine natürliche Infektion dienten. Das Erntegut aus den natürlich infizierten Parzellen wurde zur Befallsauswertung auch an den Standort Dottenfelderhof bei Bad Vilbel übermittelt. In der Vegetation 2003, die in Darzau zur Auszählung des Befalls aus dem Vorjahr und

Tabelle 1: Flugbrandherkünfte

| Code     | Quelle                                      | Ausgangsmaterial                 |
|----------|---|----------------------------------|
| AT-01220 | Herr Zederbauer, BA-Pflanzenschutz, Wien    | Sommergerstenrams, befallen      |
| CZ-76701 | Katerina Vaculova, Zuchtstation Kromeriz    | Sporenmix von Gerste             |
| DE-29490 | Getreidezüchtungsforschung Darzau           | Sommergerste Pasadena            |
| DE-30453 | Frau v. Kröcher, Pflanzenschutzamt Hannover | Wintergerste, befallen           |
| DE-39398 | Fritz Heinrichs, Saat-zucht Hadmersleben    | Sporen von Sommergerste          |
| DE-55239 | Landesanstalt für Pflanzenschutz, Mainz     | Sporen von Sommergerste Scarlett |
| DE-61118 | Dr. Hartmut Spieß, IBDF, Dottenfelderhof    | Wintergerste Igri, befallen      |
| DE-64287 | Dr. Eckhard Koch, BBA, Darmstadt            | Wintergerste Tapir, befallen     |
| DE-90174 | Herr Kempe, Saat-zucht Breun                | Sporen von Wintergerste          |
| DK-04200 | Bent Jörgen Nielson, Slagelse               | Sommergerste Bartok, befallen    |
| DK-4200i | Bent Jörgen Nielson, Slagelse               | Sommergerste Ismene, befallen    |
| FR-63039 | Louis Jestin, INRA, Clermont-Ferrand        | Sporen von Gerste                |
| PL-00950 | Wieslaw Podyma, Genbank Roslin, Warschau    | Sporen von Gerste                |

Tabelle 2: Gersten mit Flugbrandresistenzen

| Akzessions-Nr. | Name/Herkunft           | Resistenz                                |   |
|----------------|-------------------------|--|---|
| BCC 423        | GangTuoQingKeHao1/China | unbekannt                                | n |
| BCC 900        | Lino/Mexiko             | unbekannt                                | n |
| Ciho 04058     | Ulyasutai/Mongolei      | unbekannt                                | n |
| Ciho 07026     | NORTH CAROLINA26/USA    | unbekannt (Kapuzengerste)(POEHLMAN1947)  | n |
| Ciho 09973     | Shewa/Äthiopien         | Un1 + quantitativ (THERRIEN 1999)        | n |
| Ciho 10877     | KEYSTONE/KANADA         | Un 6 (MOSEMAN & METCALFE 1969)           | s |
| HOR 00248      | Trebi/Türkei            | Un 1 (= Run1a) (METCALFE 1969)           | s |
| HOR 02736      | DJEDDAH/ÄTHIOPIEN       | Un 6 (NOVER et al. 1976)                 | s |
| HOR 03134      | MoB475/USA              | Un 2 (von Kapuzengerste) (METCALFE 1969) | s |
| HOR 04014      | Kitchin/USA             | Un 6 (NOVER et al. 1976)                 | s |
| HOR 04476      | OGALITSU/KANADA         | monogen, unbenannt (NOVER et al. 1976)   | s |
| HOR 04908      | MILTON                  | Un 8 (METCALFE 1966)                     | s |
| HOR 05032      | Jet/Äthiopien           | Un3/6 (METCALFE & JOHNSTON 1963)         | n |
| HOR 11363      | STEFFI/DEUTSCHLAND      | vermutlich Un6                           | s |
| K 08728        | -/Äthiopien             | Un 11 (KIRDOGLO 1990)                    | s |
| K 19907        | -/Mongolei              | Un 13 (KIRDOGLO 1990)                    | n |
| K 22317        | Francette/Belgien       | vermutlich Un6 (HEWETT 1979)             | s |
| K 26337        | PERVONEZ/UKRAINE        | angeblich Un8 (KIRDOGLO 1990)            | s |
| K 29630        | -/Türkei                | Un 12 (KIRDOGLO 1990)                    | s |
| K 30118        | ROLAND/WEIß RUSSLAND    | Un 15 (TERENTIEVA et al. 2000)           | s |
| K 30593        | Mik-1/RUSSLAND          | Un 15 (TERENTIEVA et al. 2000)           | s |
| Linz 358150    | -/Äthiopien             | vermutlich Un6                           | n |
| PI 270730      | -/Peru                  | unbekannt                                | n |
|                | CDC Freedom/Kanada      | Un 8 (= Run2a)                           | n |

s = Spelzgerste, n = Nacktgerste, BCC = Barley Core Collection, Ciho&PI = Genbank Aberdeen, Idaho/USA, HOR = IPK-Gatersleben, K = VIR-Genbank, St. Petersburg.



Abbildung 1: Feldversuchspartellen zur natürlichen Infektion mit Flugbrand

zur Neuinfektion für das Folgejahr dienete, wurden in der ersten Wiederholung je zwei Parzellen mit Saatgut der Handelsorten aus der Ernte 2002 zwischen durchgehenden Parzellen der Sorte LAWINA, die in jeder dritten Fahrspur ausgesät wurde (siehe *Abbildung 1*) und zu durchschnittlich ca. 5% mit Flugbrand befallen war, angebaut. Die künstlich inokulierten Körner der Sorten wurden in dieser ersten Wiederholung in der sechsten Drillreihe neben den fünf Drillreihen mit natürlich infiziertem Saatgut der glei-

chen Sorte angebaut. Diese beiden Maßnahmen zusammen führten gegenüber den Bedingungen im Vorjahr zu einer gleichmäßigeren und höheren Konzentration der Flugbrandsporen im Bereich der unter natürlichem Befall zu prüfenden Sorten (siehe *Abbildung 1*). Das Erntegut aus diesen Parzellen vom Standort Darzau diente wiederum zur Befallsauswertung in der Vegetation 2004 an den beiden Standorten Darzau und Dottenfelderhof. Die Einzelparzellengrößen (Ernteflächen nach BSA-Richtlinie) be-

trugen am Standort Dottenfelderhof 2,25 m<sup>2</sup>, in Darzau 3 m<sup>2</sup>. Die Anzahl der Wiederholungen betrug an beiden Standorten vier. Nach dem Feldaufgang wurde die Anzahl aufgelaufener Pflanzen bestimmt und nach dem Ährenschieben die Anzahl von Flugbrand befallener Pflanzen. Aus diesen Werten wurde der prozentuale Befall berechnet. Die Varianzanalysen wurden mit PLABSTAT (UTZ 2001) vorgenommen. Alle Versuche standen auf nach EU-Richtlinien anerkannt ökologisch bewirtschafteten Flächen.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 Anfälligkeit genetischer Ressourcen nach künstlicher Inokulation

Die beiden Flugbrandherkünfte DE-29490 und AT-01220, sowie die beiden Flugbrandherkünfte DE-90174 und PL-00950 zeigten jeweils für sich betrachtet ähnliche, jedoch nicht vollständig übereinstimmende Befallsschemata (siehe *Tabelle 3*). K-8728 (Un11) erwies sich gegenüber allen Flugbränden als mehr oder weniger anfällig.

Die Akzessionen HOR 3134=MoB475 (Un2), aus einer Kreuzung mit MISSOURI

**Tabelle 3: Anfälligkeit von Sommergersten gegenüber verschiedenen Flugbrandherkünften nach künstlicher Inokulation in Anzahl flugbrandbefallener Pflanzen pro geprüfter Pflanzen.**

| Akzessionen, Sorten  | LKZ | Un-Typ | CZ-76701 | FR-63039 | DE-61118 | DE-39398 | DK-04200 | DE-29490 | AT-01220 | DE-90174 | PL-00950 | DE-55239 |
|----------------------|-----|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CHECK:Lawina         | DE  | -      | 113/119  | 43/52    | 23/125   | 13/97    | 87/91    | 74/97    | 66/72    | 67/75    | 79/94    | 82/91    |
| K 8728               | ET  | Un11   | 13/17    | 15/19    | 5/16     | 2/11     | 4/11     | 13/34    | 7/23     | 9/14     | 3/31     | 4/7      |
| K 29630              | TR  | Un12   | 22/71    | 14/55    | 1/81     | 9/18     | 10/38    | 9/45     | 9/32     | 17/47    | 5/30     | 9/26     |
| HOR 3134 MoB475      | US  | Un 2   | 33/58    | 2/6      | 4/19     | 3/6      | 1/13     | 4/18     | 2/7      | 4/18     | 3/5      | 0/52     |
| Ciho 7026 N.Carolina | US  | ?      | 27/38    | 6/37     | 12/50    | 6/44     | 1/32     | 3/55     | 1/68     | 0/42     | 0/53     | 2/43     |
| HOR 248 Trebi        | TR  | Un 1   | 2/2      | 2/2      | 0/54     | 0/45     | 0/50     | 2/6      | 11/14    | 9/17     | 2/3      | 1/59     |
| Ciho 4058 Ulyasutai  | MN  | ?      | 10/20    | 10/24    | 0/37     | 1/45     | 3/9      | 10/72    | 1/36     | 0/9      | 0/18     | 2/56     |
| K 19907              | MN  | Un13   | 2/11     | 1/24     | 4/26     | 1/4      | 0/34     | 1/40     | 0/41     | 3/28     | 0/20     | 0/22     |
| PI 270730            | PE  | ?      | 30/43    | 2/34     | 2/51     | 2/40     | 0/21     | 0/46     | 0/55     | 0/22     | 0/36     | 0/20     |
| HOR 4476 Ogalitsu    | CA  | mono   | 14/70    | 5/57     | 6/71     | 0/38     | 0/72     | 0/36     | 0/50     | 0/23     | 0/90     | 0/56     |
| K 30118 Roland       | BY  | Un15   | 5/28     | 0/19     | 2/51     | 1/66     | 0/19     | 0/51     | 0/30     | 0/34     | 0/49     | 0/45     |
| K 30593 Mik1         | RU  | Un15   | 15/47    | 0/24     | 0/29     | 0/33     | 0/32     | 0/29     | 0/34     | 0/36     | 0/47     | 0/36     |
| HOR 4014 Kitchen     | US  | Un 6   | 12/18    | 0/9      | 0/28     | 0/14     | 0/19     | 0/29     | 0/11     | 0/14     | 0/13     | 0/10     |
| Ciho 10877 Keystone  | CA  | Un 6   | 16/49    | 0/59     | 0/38     | 0/46     | 0/42     | 0/50     | 0/33     | 0/28     | 0/49     | 0/41     |
| HOR 2736 Djeddah     | ET  | Un 6   | 9/22     | 0/29     | 0/26     | 0/14     | 0/17     | 0/19     | 0/7      | 0/2      | 0/16     | 0/26     |
| LINZ 358150          | ET  | (Un6)  | 27/35    | 0/66     | 0/34     | 0/31     | 0/29     | 0/47     | 0/34     | 0/35     | 0/64     | 0/52     |
| K 22317 Francette    | BE  | (Un6)  | 11/14    | 0/16     | 0/10     | 0/28     | 0/11     | 0/14     | 0/12     | 0/11     | 0/5      | 0/12     |
| HOR 11363 Steffi     | DE  | (Un6)  | 19/23    | 0/13     | 0/33     | 0/21     | 0/18     | 0/32     | 0/30     | 0/12     | 0/19     | 0/24     |
| K 26337 Pervonez     | UA  | ?      | 15/18    | 0/3      | 0/31     | 0/17     | 0/3      | 0/18     | 0/17     | 0/3      | 0/3      | 0/17     |
| CDC Freedom          | CA  | Un 8   | 0/21     | 0/7      | 0/30     | 0/30     | 0/12     | 0/17     | 0/5      | 0/20     | 0/14     | 0/19     |
| Ciho 9973 Shewa      | ET  | quant  | 0/57     | 0/47     | 0/65     | 0/49     | 0/45     | 0/62     | 0/22     | 0/43     | 0/19     | 0/41     |
| HOR 5032 Jet         | ET  | Un3/6  | 0/37     | 0/29     | 0/31     | 0/35     | 0/19     | 0/26     | 0/26     | 0/36     | 0/24     | 0/24     |
| BCC423 GangTuo...    | CN  | ?      | 0/16     | 0/50     | 0/32     | 0/40     | 0/44     | 0/33     | 0/35     | 0/45     | 0/40     | 0/23     |
| BCC900 Lino          | MX  | ?      | 0/36     | 0/31     | 0/41     | 0/40     | 0/36     | 0/57     | 0/42     | 0/29     | 0/14     | 0/38     |

EARLY BEARDLESS und CIho 7026 = NORTH CAROLINA HOODED 26, eine Selektion aus TENNESSE BEARDLESS 6, lassen sich beide auf Kapuzengersten, die schon früh in die USA eingeführt worden waren, zurückverfolgen. Trotz ähnlicher Anfälligkeiten gegenüber 7 unterscheidbaren Flugbränden, unterschieden sie sich in ihren Anfälligkeiten gegenüber den Flugbrandherkünften PL-00950, DE-90174 und DE-55239.

CIho 10877 KEYSTONE war eine der ersten kanadischen Sorten, die über die Un6-Resistenz von JET verfügte, welche heute in Kanada nicht mehr ausreichend wirksam ist. FRANCETTE und STEFFI führen die Sorte EMIR im Stammbaum, die ebenfalls über die mit JET verwandte Un6-Resistenz verfügen soll. Die Anfälligkeit gegenüber der Flugbrandherkunft CZ-76701 deutet darauf hin, dass es sich bei KEYSTONE, DJEDDAH, LINZ358150, FRANCETTE und STEFFI um die gleiche Resistenz (Un6) handelt. Bemerkenswerterweise erwies sich die Sorte JET, die vielfach als Donor einer Flugbrandresistenz in frühe Zuchtprogramme Eingang gefunden hatte, gegenüber allen getesteten Flugbrandherkünften als befallsfrei. Offensichtlich verfügt JET über eine komplexere Flugbrandresistenz, von der sich nur ein Teil in die aus ihr entwickelten Sorten vererbt hat. Nach MOSEMAN & METCALFE (1969) soll JET über die beiden monogen vererbten dominanten Resistenzen Un3 und Un6 verfügen. Ob die Widerstandsfähigkeit gegenüber der tschechischen Flugbrandherkunft auf Un3 oder ein Zusammenwirken von Un3 mit Un6 oder weitere unbekannte Komponenten zurückgeführt werden kann, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen, da kein Muster getestet werden konnte, das nur über Un3 verfügt.

PERVONEZ soll nach KIRDOGLO (1990) über Un8 verfügen, erwies sich allerdings gegenüber der tschechischen Flugbrandherkunft als anfällig, was eher auf die Un6 Resistenz hinweist. Der bei der Entwicklung der Sorte PERVONEZ verwendete Flugbrand war gegenüber Un6 nicht virulent, was zumindest ermöglicht haben könnte, dass in dieser Sorte ungewollt die Un6- anstelle der Un8-Resistenz etabliert wurde. CDC FREEDOM (Un8) zeigte keinen Befall, hatte aber bei allen Flugbrandherkünften, verglichen

mit den anderen vollständig resistenten Mustern, eine deutlich geringere Anzahl aufgelaufener Pflanzen aufzuweisen. Da bei diesem Resistenztyp eine Zellnekrosis beim Eindringen des Pilzes in den Embryo vorliegt, die im schlimmsten Fall zur Verkümmern des ganzen Kornes und dem Verlust der Keimfähigkeit führen kann, könnte dies zu dem geringeren Auflaufen der Saat mit beigetragen haben, da die Methode nach POEHLMAN zu einem massiven Befallsdruck führt, der mit dem natürlichen Befall nicht vergleichbar ist. In Kanada wird die Un8-Resistenz züchterisch bereits unter Verwendung von Markergenen genutzt (ECKSTEIN et al. 2000).

K-29630 (Un12) konnte im ersten Testzyklus die Ähnlichkeit der Flugbrandherkünfte DE-61118, DE-30453 und DE-64287 am deutlichsten belegen. Darüber hinaus kann Un12 als partiell wirksame Resistenz angesprochen werden, denn gegenüber den virulenteren Flugbrandherkünften wies immer nur ein geringer Anteil der Pflanzen befallene Ähren auf. Dies bestätigt auch den Hinweis von KIRDOGLO (1990), dass Un12 unter trockeneren Anbaubedingungen ausreichend wirksam ist. Trockenere Anbaubedingungen, insbesondere während der Blütezeit, bieten weniger optimale Bedingungen für die Ausbreitung des Pilzes. Eine partielle Resistenz könnte unter diesen Umständen bereits ausreichen. Es kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass wärmere Temperaturen zu einer intensiveren Ausprägung der Resistenz selbst beitragen.

Auch die Akzession K-19907 (Un13), die aus der Mongolei stammt, zeigte eine ausgeprägt partiell wirksame Resistenz, die von der eindeutig abweichenden Anfälligkeit des Musters CIho 4058, welches gleichfalls aus der Mongolei stammt, unterschieden werden kann. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass CIho 4058 über eine andersartige partiell wirksame Resistenz verfügt. Die aus Peru stammende Akzession PI 270730 zeigte im Anfälligkeitsspektrum viele Übereinstimmungen mit K-19907.

Un15 erwies sich verglichen mit Un6 nicht als widerstandsfähiger, was aber durchaus mit den verfügbaren Flugbränden in Zusammenhang stehen kann. Die Sorte ROLAND war im ersten Testzyklus

gegenüber DE-61118 befallsfrei geblieben und blieb im zweiten Testzyklus befallsfrei gegenüber DE-39398, obwohl im ersten Testzyklus eine flugbrandkranke Pflanze gefunden worden war. Von MIK-1 liefen bei diesen beiden Flugbrandherkünften nur wenige Saatkörner auf, so dass die geringe Anfälligkeit von ROLAND nicht eindeutig zur Unterscheidung der Resistenz dieser beiden Sorten herangezogen werden kann.

Die Flugbrandresistenz von HOR 4476 OGALITSU soll nach ZEIDAN (1955) monogen vererbt werden und von Un3, Un6 und Un7 verschieden sein. OGALITSU blieb mit sieben Flugbrandherkünften ohne Befall.

Zur Unterscheidung der untersuchten Flugbrandherkünfte hätten die neun Akzessionen HOR 248 TREBI (Un1), HOR 3134 MoB475 (Un2), HOR 11363 STEFFI (Un6), CDC FREEDOM (Un8), K-29630 (Un12), K-19907 (Un13), K-30593 MIK-1 (Un15), CIho 4058 ULYASUTAI und HOR 4476 OGALITSU ausgereicht und können daher zur Aufnahme in ein Differentialsortiment empfohlen werden.

Völlig befallsfrei blieben CDC FREEDOM, JET, LINO, CIho 9973 und GANGTUO-QUINGKEHAO1. Letztere wird hier erstmals als Träger einer ausgeprägten Flugbrandresistenz beschrieben.

### 3.2 Anfälligkeit von Handelsorten nach Simulation eines natürlichen Befalls

Die Varianzanalyse zum Flugbrandbefall mit all denjenigen Sorten, die an zwei Orten in zwei Jahren angebaut worden waren, ergab, dass zwar nicht die Nullhypothese für Orts- und Jahresunterschiede abgelehnt werden konnte, jedoch die Nullhypothese für Wechselwirkungen der Sorten mit Orten und Jahren. Jahresunterschiede wurden im wesentlichen durch den Vorjahresinfektionsstandort bedingt. Die Bedingungen während der Ausbreitung des Flugbrandes zur Zeit der Blüte hatten demzufolge einen Einfluss auf den sortentypischen Befallsgrad im nachfolgenden Testjahr (Jahre). Die Schwankungsbreiten der Sorten ergeben sich durch diesen Einfluss. Für die Standortunterschiede im Testjahr (Orte) kommen die Bedingungen während der Keimung, wie beispielsweise die Ablagetiefe, Unterschiede

de in der Bestandesbildung durch Überwachsen, aber auch witterungsbedingt erschwertes Wachstum der Pilzhyphen auf dem Weg zur Ährenanlage in Betracht. Dadurch ergaben sich Wechselwirkungen zwischen Sorten und Orten. Für die künftige Prüfung der Anfälligkeit unter natürlichen Infektionsbedingungen wäre demzufolge der Anzahl der Umwelten, unter denen die Infektion stattfindet, eine mindestens ebenso große, wenn nicht sogar höhere Bedeutung beizumessen, wie der Anzahl Standorte, an denen der Befall erfasst wird.

Die Anfälligkeit nach künstlicher Inokulation in die Blüte zeigte keine Korrelation zur Anfälligkeit unter natürlichen Befallsbedingungen. Lediglich die nach Inokulation befallsfrei gebliebene Sorte STEFFI war auch unter natürlicher Infektion befallsfrei. Nur die Sorte STEFFI erwies sich gegenüber der Flugbrandherkunft DE-29490, mit der alle Handelssorten geprüft wurden, als resistent. Die Sorte SIGRID zeigte ein ausgeprägt cleistogames Blühverhalten und wurde daher unter natürlichen Befallsbedingungen am wenigsten von Flugbrand befallen; zeigte nach künstlicher Inokulation allerdings eine hohe Anfälligkeit. Da SIGRID zum weit überwiegenden Teil bereits blüht, wenn die Ähren noch in der Blattscheide stecken, können die Flugbrandsporen nicht rechtzeitig auf die Narben der Blüten gelangen. Allerdings hat SIGRID aufgrund ihrer sehr geringen Pflanzenhöhe nur eine geringe Beikrautkonkurrenz, wodurch ihr im ökologischen Landbau bisher keine Beachtung zuteil wurde. Mit einem natürlichen Befall von unter 1% auf allen Standorten fielen die Sorten AURIGA, DENISE, DJAMILA, HENDRIX, JACINTA, JOSEFIN, LANDORA, MADRAS, MODENA, PERDITA, URSA und ZENOBIA auf. Unter ökonomischen Gesichtspunkten im Produktionsanbau wäre die Auswirkung eines Befalls unter 1% auf den Ertrag statistisch kaum nachweisbar. In Kanada beispielsweise gilt erst ein Maximalbefall von 2% der Körner als ökonomischer Schwellenwert für Zertifiziertes Saatgut (Canadian Seeds Act vom 1. Juli 1987). Ökologisches Saatgut könnte jedoch schon bei einem Befall über 0,01% in Deutschland nicht mehr produziert werden. 33 von 63 geprüften Handelssorten hatten einen durchschnittlichen Befall unter 2%. Da-

**Tabelle 4: Flugbrandanfälligkeit von Handelssorten unter natürlichen Infektionsbedingungen im Vergleich zur Anfälligkeit nach Inokulation**

| Sorte         | % Befall nach simulierter natürlicher Infektion |             |             |             |             | % Befall nach künstlicher Inokulation |
|---------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
|               | Mittelwert                                      | Dottenf.    | Darzau      | Dottenf.    | Darzau      |                                       |
| Adonis        | 1,98  | 2,61        | 0,88        | 2,25        | 2,16        | 90                                    |
| Alexis        | 3,76  | 9,40        | 2,55        | 1,57        | 1,53        | 92                                    |
| Annabell      | 4,49  | 8,45        | 3,13        | 3,95        | 2,44        | 100                                   |
| Apex          | 2,30  | 4,31        | 1,61        | 1,72        | 1,54        | 69                                    |
| Aspen         | 3,70  | 8,54        | 3,62        | 1,36        | 1,27        | 67                                    |
| Auriga        | 0,42  | 0,24        | 0,19        | 0,48        | 0,78        |                                       |
| Baccara       | 1,73  | 3,31        | 1,81        | 0,95        | 0,84        | 50                                    |
| Barke         | 3,93  | 7,77        | 2,77        | 3,39        | 1,82        | 75                                    |
| Baronesse     | 3,19  | 4,89        | 2,70        | 2,74        | 2,42        |                                       |
| Birte         | 2,39  | 3,78        | 1,42        |             | 1,99        | 100                                   |
| Bodega        | 1,08  |             |             |             | 1,08        |                                       |
| Braemar       | 2,49  | 2,22        | 1,29        | 3,83        | 2,61        |                                       |
| Brenda        | 1,64  | 2,94        | 1,91        | 0,75        | 0,94        | 81                                    |
| Cellar        | 1,40  | 2,11        | 0,83        | 1,71        | 0,94        | 71                                    |
| Chantal       | 2,99  | 7,93        | 2,45        | 0,72        | 0,87        |                                       |
| Chariot       | 2,20  | 4,20        | 2,19        | 1,54        | 0,85        | 79                                    |
| Danuta        | 12,63   | 18,62       | 10,69       | 12,92       | 8,30        | 67                                    |
| Denise        | 0,22  |             |             | 0,21        | 0,23        |                                       |
| Derkado       | 2,80  | 5,31        | 2,19        |             | 0,91        | 65                                    |
| Djamila       | 0,26  |             |             | 0,30        | 0,22        |                                       |
| Erika         | 4,24  |             |             |             | 4,24        |                                       |
| Eunova        | 0,78  | 1,76        | 0,51        | 0,37        | 0,47        | 90                                    |
| Extract       | 3,92  | 7,99        | 4,80        | 1,72        | 1,17        | 80                                    |
| Hanka         | 1,64  | 2,07        | 1,47        | 1,46        | 1,55        | 91                                    |
| Havanna       | 0,64  | 1,05        | 0,59        | 0,60        | 0,33        | 68                                    |
| Hendrix       | 0,68  | 0,99        | 0,52        | 0,65        | 0,57        | 100                                   |
| Henni         | 3,19  |             |             | 3,02        | 3,37        |                                       |
| Jacinta       | 0,52  | 0,97        | 0,42        | 0,36        | 0,31        | 67                                    |
| Josefin       | 0,27  |             |             | 0,23        | 0,31        |                                       |
| Krona         | 2,95  | 6,97        | 2,45        | 1,23        | 1,14        | 76                                    |
| Landora       | 0,58  |             |             |             | 0,58        |                                       |
| LAWINA        | 4,03  |             |             | 4,34        | 3,73        |                                       |
| Madeira       | 3,51  | 9,53        | 2,81        | 0,72        | 1,00        | 84                                    |
| Madonna       | 2,25  | 4,19        | 1,55        | 2,36        | 0,90        | 86                                    |
| Madras        | 0,63  |             |             |             | 0,63        |                                       |
| Maresi        | 5,36  | 10,64       | 4,83        | 3,19        | 2,80        | 100                                   |
| Margret       | 3,31  |             |             | 3,91        | 2,71        |                                       |
| Marnie        | 1,05  | 2,89        | 0,56        | 0,40        | 0,34        |                                       |
| Meltan        | 1,72  | 3,62        | 0,72        | 1,44        | 1,10        | 100                                   |
| Modena        | 0,51  |             |             |             | 0,51        |                                       |
| Neruda        | 1,86  | 4,16        | 2,16        | 0,49        | 0,62        | 59                                    |
| Orthegea      | 1,18  | 2,02        | 1,07        | 0,79        | 0,84        | 66                                    |
| Otis          | 1,55  | 2,27        | 1,28        |             | 1,12        | 50                                    |
| Pasadena      | 1,48  | 1,57        | 1,12        | 1,85        | 1,39        | 32                                    |
| Peggy         | 2,29  | 4,58        | 1,97        | 1,55        | 1,08        | 80                                    |
| Perdita       | 0,27  |             |             | 0,15        | 0,38        |                                       |
| Pewter        | 1,42  | 1,56        | 0,90        | 1,89        | 1,32        | 100                                   |
| Prestige      | 1,12  | 3,00        | 0,81        | 0,24        | 0,42        | 67                                    |
| Prolog        | 1,51  | 3,33        | 0,94        |             | 0,26        | 67                                    |
| Ria           | 2,27  | 4,08        | 1,41        | 2,19        | 1,40        | 40                                    |
| Ricarda       | 2,46  | 5,40        | 2,23        | 1,36        | 0,86        | 78                                    |
| Roxana        | 3,94  | 7,56        | 2,96        |             | 1,28        | 40                                    |
| Sally         | 2,22  | 4,21        | 1,90        |             | 0,56        | 83                                    |
| Saloon        | 3,31  | 7,82        | 3,16        | 1,07        | 1,19        | 57                                    |
| Scarlett      | 1,41  | 4,19        | 0,95        | 0,39        | 0,12        | 47                                    |
| Sigrid        | 0,14  | 0,18        | 0,04        | 0,10        | 0,24        | 73                                    |
| <b>Steffi</b> | <b>0,01</b>                                     | <b>0,00</b> | <b>0,03</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>                           |
| Taiga         | 3,23  | 4,69        | 2,37        | 3,63        | 2,23        | 89                                    |
| Thuringia     | 0,85  | 0,69        | 0,25        | 1,22        | 1,26        | 55                                    |
| Tunika        | 3,30  | 4,69        | 1,94        | 3,17        | 3,41        | 67                                    |
| Ursa          | 0,64  |             |             | 0,53        | 0,74        |                                       |
| Viskosa       | 8,54  | 12,04       | 4,57        |             | 8,99        | 75                                    |
| Zenobia       | 0,72  | 0,61        | 0,57        |             | 0,98        | 17                                    |

GD5% bezüglich natürlichem Befall: 2,84%

mit würde über die Hälfte der deutschen Sorten den produktionsökonomischen kanadischen Schwellenwert nicht überschreiten.

Einen natürlichen Befall von im Mittel über 5% hatten die Sorten MARESI, VISKOSA und DANUTA, wobei letztere mit durchschnittlich 12% befallener Pflanzen die flugbrandanfälligste Sorte im Sortiment war. Da die Flugbrandherkunft DE-29490 im Vergleich mit den anderen Flugbrandherkünften als von mittlerer Virulenz angesprochen werden kann, bleibt offen, ob mit der hochvirulenten tschechischen Flugbrandherkunft insgesamt höhere Befallsgrade unter natürlichen Befallsbedingungen erreicht worden wären.

#### 4. Zusammenfassung

Nach künstlicher Inokulation mit verschiedenen Flugbrandherkünften erwiesen sich nur CDC FREEDOM mit Un8-Resistenz, JET mit Un3/6-Resistenz, CIHO9973 mit quantitativer Resistenz, sowie LINO und GANGTUOQUINGKEHAO1 mit noch unbekanntem Resistenzverhalten als befallsfrei. Mit TREBI, MoB475, STEFFI, K-29630, K-19907, MIK-1, CIHO 4058 und OGALITSU, die über unterschiedliche Flugbrandresistenzverhältnisse verfügen, konnten die geprüften Flugbrandherkünfte voneinander unterschieden werden. 63 Sommergersten der Beschreibenden Sortenlisten für Getreide in Deutschland 2001 - 2003 wurden unter natürlichen Infektionsbedingungen auf ihre Anfälligkeit gegenüber Flugbrand geprüft, davon 42 über zwei Testzyklen an zwei Standorten. Keine der 63 Handelssorten war gegenüber allen geprüften Flugbrandherkünften befallsfrei. 12 von 42 Sorten blieben wiederholt unter einem Befallsgrad von 1%. Die Ergebnisse deuten an, dass der Befall um einen sortentypischen Wert schwankt und nicht zwingend bei jeder

Sorte nach Auftauchen von flugbrandinfizierten Ähren mit einem Befallsanstieg gerechnet werden muss.

Der für die Saatgutenerkennung in Deutschland und Österreich geforderte Maximalbefall von 3 Ähren auf 150 m<sup>2</sup> für Basissaatgut (<<0,01% Befall) kann den Ergebnissen zufolge ohne Saatgutbehandlung nur mit absolut widerstandsfähigen Sorten unterboten werden. Das aktuelle Sortenspektrum stellt für eine Saatgutvermehrung über mehrere Generationen unter ökologischen Anbaubedingungen mangels ausreichender Resistenzen für Landwirte, Züchter und VO daher ein nicht zu vernachlässigendes Risiko dar, zumal derzeit keine ökologisch anerkannten und ausreichend zuverlässigen Behandlungsverfahren verfügbar sind.

#### 5. Danksagung

Für die Bereitstellung von Saatgutproben und Flugbrandherkünften danke ich den im Text erwähnten Züchtern, Genbanken, Pflanzenschutzämtern und Forschern. Den Mitarbeitern am IBDF, Zweigstelle Dottenfelderhof gilt mein Dank für die Betreuung des zweiten Standortes und dem Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Berlin für die Förderung des Vorhabens unter dem Kennzeichen 01HS027.

#### 6. Literatur

ECKSTEIN, P.E., D. VOTH, N. KRASICHYNSKY, B.G. ROSSNAGEL and G.J. SCOLES, 2000: Identification and Development of Markers for the Un8 Gene for True Loose Smut (*Ustilago nuda*) Resistance in Barley. LOGUE, S. (editor): Barley Genetics VIII, Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Barley Genetics Symposium, 22.-27. Oct. 2000, Adelaide, ISBN 0-086396-680-2, Vol.2, p. 98-100.

HEWETT, P.D., 1979: Reaction of selected spring barley cultivars to inoculation with loose smut, *Ustilago nuda*. Plant Pathology 28, p. 77-80.

KIRDOGLO, E.K., 1990: Breeding barley for resistance to smut and leaf/stem diseases. Vestnik Sel'skochozjajstvennoj Nauki Moskva 10, p. 98-104.

METCALFE, D.R., 1969: Genetics of host resistance to loose smut of barley. Barley Genetics II. Proc. 2<sup>nd</sup> Intern. Barley Genetics Symp. Pullman, Washington 1971, p. 508-512.

METCALFE, D.R. and W.H. JOHNSTON, 1963: Inheritance of loose smut resistance. II Inheritance of resistance in three barley varieties to races 1, 2 and 3 of *Ustilago nuda* (Jens.) Rostr. Can. J. Plant Science 43, p. 390-396.

MOSEMAN, J.G. and D.R. METCALFE, 1969: Identification of resistance genes in barley by reactions to *Ustilago nuda*. Can. J. Plant Science 49, p. 447-451.

NOVERI, I., C.O. LEHLMANN and A. SEIDENFADEN, 1976: Resistenzeigenschaften im Gersten und Weizensortiment Gatersleben. 20. Prüfung des Verhaltens von Gersten gegen Flugbrand, *Ustilago nuda* (Jens.) Rostr. Kulturpflanze 24, p. 237-247.

OERTEL, C., 1955: Untersuchungen zur Biologie des Gerstenflugbrandes (*Ustilago nuda* (Jens.) Kellerm. et Sw.). Kühn-Archiv 69, p. 552-602.

POEHLMAN, J.M., 1945: A simple method of inoculating barley with loose smut. Phytopathology 35, p. 640-644.

POEHLMAN, J.M., 1947: Sources of resistance to loose smut, *Ustilago nuda*, in winter barleys. J. Amer. Soc. Agron. 39, p. 430-437.

RUTZ, H.W., 2004a: Sorten- und Saatgutrecht. 10. Auflage. Bergen: Agrimedia.

RUTZ, H.W., 2004b: Telefonische Mitteilung vom 25.10.2004.

TERENTIEVA, I., A. KHOHLOVA and O. KOVALEVA, 2000: Australian Spring Barleys in North-West Russia: Sources of Earliness, Resistance to Loose Smut, Drought Tolerance. LOGUE, S. (editor): Barley Genetics VIII, Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Barley Genetics Symposium, 22.-27. Oct. 2000, Adelaide, ISBN 0-086396-680-2, Vol. 3, p. 295-296.

THERRIEN, M.C., 1999: The possibility of quantitative inheritance of loose smut in barley. Barley Genetic Newsletter 29, p. 30.

UTZ, H.F., 2001: PLABSTAT, ein Computerprogramm zur statistischen Analyse pflanzenzüchterischer Experimente. Universität Hohenheim.

WICKE, H., 1986: Vergleichende Untersuchungen zur Resistenz von Sommergerstensorten gegen den Flugbranderreger *Ustilago nuda* (Jens.) Rostr.. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

ZEIDAN, M.I., 1955: The inheritance of resistance to *Ustilago nuda* (JENS.) K. and W., race1, in barley. Diss. Abstr. 15, 326.