

Saatgutgesundheit im ökologischen Landbau – Schwerpunkt Weizensteinbrand (*Tilletia caries*)

MARGA JAHN*, ECKHARD KOCH**, REBECCA WÄCHTER** UND FRANZISKA WALDOW*

Abstract

Seed health in organic farming – main emphasis: common bunt (*Tilletia caries*) of wheat

According to the Council Regulation (EEC) No 1452/2003 since 1st January 2004 all plant material used for organic farming should have been produced under organic farming conditions. Currently, control of seed-borne diseases by use of indirect and direct sanitation methods is a main research in organic farming. Seed-borne diseases tend to accumulate and develop into a problem after several multiplication cycles without adequate disease control. For instance, contamination of wheat seeds with spores of *Tilletia caries* has become a serious problem in recent years for seed quality and yield. Suitable measures for disease control could be the use of resistant cultivars, determination of seed contamination and non-chemical seed treatment methods. A complete protection against bunt should be achieved by the combination of the measures.

The objectives of this research were the evaluation of resistance of cultivars to *T. caries*, the determination of threshold values depending on cultivar resistance and the optimisation of seed treatment methods.

Investigations on cultivar resistance were carried out with 25 winter wheat cultivars and 5 breeding lines in field trials at 5 sites in different regions of Germany. Artificial infection was made by use of *Tilletia*-spores (0.2% w/w) originating from the respective region. The cultivars / breeding lines 'Tommi', 'Tambor', 'Tarso', 'Tataros', 'Cardos', 'Korund', 'Stava', 'Magnifik', 'SW 51136' and 'Jakobi' were tolerant till low susceptible to *T. caries*. In some cases, results at different sites were not uniform.

For the determination of threshold values and the evaluation of effectiveness of seed treatments field trials were performed at 5 sites with 3 cultivars ('Ökostar', 'Aron', 'Batis'), 3 infection levels (20, 100, 1000 spores / grain; spores of one origin), and 2 treatments (hot water, Tillecur).

Altogether, the incidence of common bunt was low but, depending on sowing date and weather at the sites it was differently high. Differences between the infection levels and the cultivars were

clearly visible. For the cultivars 'Ökostar' and 'Batis' bunted ears were detected even at the lowest infection level, for 'Aron' it was only from 1000 spores / seed.

At all sites, nearly no bunted ears could be detected in the Tillecur-treated variants; the hot water treatment showed slightly smaller effects. In these trials, the relatively new cultivar 'Ökostar' was found to be highly susceptible to common bunt.

Preliminary threshold values could be derived. For susceptible cultivars, even at very low contamination of 5-10 spores / grain the seed must be treated. For less susceptible cultivars treatment must be done from 1000 spores / grain.

All results need to be confirmed in further trials in a second year.

Key words: Common bunt (Tilletia caries), cultivar resistance, threshold values, seed treatment methods

Zusammenfassung

Im ökologischen Landbau sind Arbeiten, die zur Erzeugung gesunden Saatgutes oder zur Sanierung infizierten Saatgutes beitragen, gegenwärtig von besonderer Relevanz. Das Auftreten samenbürtiger Krankheiten kann auch bei Einhaltung aller für einen hohen Herkunftswert wesentlichen acker- und pflanzenbaulichen Faktoren nicht immer verhindert werden. Die Kontrolle der Krankheiten durch eine Kombination indirekter und direkter Maßnahmen ist deshalb ein Forschungsschwerpunkt.

Die hier beschriebenen Arbeiten konzentrieren sich auf die im ökologischen Getreidebau wichtigste Krankheit, den Weizensteinbrand (*Tilletia caries*). Untersuchungen zur Sortenanfälligkeit, zur Ermittlung von Befallstoleranzgrenzen sowie zu direkten Bekämpfungsmaßnahmen wurden durchgeführt. Entsprechend dem Grundsatz des ökologischen Landbaus, auf die Anwendung chemisch-synthetischer Mittel zu verzichten, wurden alternative, d. h. physikalische und biologische Verfahren der Saatgutbehandlung hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Anwendbarkeit untersucht.

Die Untersuchungen zur Sortenanfälligkeit wurden mit 25 zugelassenen Sorten und fünf Zuchtlinien an fünf verschiedenen Standorten nach künstlicher Infektion des Saatgutes mit vom jeweiligen Standort stammenden *Tilletia*-Sporen (0,2 %ig,

* Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für integrierten Pflanzenschutz, Kleinmachnow

** Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt

w/w) durchgeführt. Dabei erwiesen sich die Sorten / Zuchtlinien 'Tommi', 'Tambor', 'Tarso', 'Tataros', 'Cardos', 'Korund', 'Stava', 'Magnifik', 'SW 51136' und 'Jakobi' als tolerant bis gering anfällig gegenüber *T. caries*. Bei einigen Sorten wurden an den verschiedenen Standorten unterschiedliche Ergebnisse erzielt.

Zur Ermittlung der Befallstoleranzen und der Wirkung ausgewählter Behandlungen wurden an fünf Standorten Feldversuche mit jeweils drei unterschiedlich anfälligen Sorten ('Ökostar', 'Aron', 'Batis'), drei Inokulationsstufen (20, 100, 1.000 Sporen / Korn; Sporen einer Herkunft) und zwei Behandlungen (Heißwasser, Tillecur) angelegt. Die Auszählung des Bestandes im Frühjahr ergab starke Auswinterungsschäden bis zum völligen Ausfall der Sorten 'Aron' und 'Batis' an einem Standort.

Der Steinbrandbefall war insgesamt gering, aber in Abhängigkeit vom Aussaattermin und der Witterung an den einzelnen Standorten unterschiedlich hoch. Die Unterschiede zwischen den Inokulationsstufen und den Sorten waren deutlich sichtbar. Bei den Sorten 'Ökostar' und 'Batis' waren schon in der niedrigsten Stufe, bei 'Aron' erst ab 1.000 Sporen / Korn befallene Ähren vorhanden.

In den Tillecur-behandelten Varianten waren an allen Standorten nahezu keine Brandähren nachzuweisen, die Heißwasserbehandlung zeigte eine etwas geringere Wirkung. Die neu zugelassene Sorte 'Ökostar' erwies sich in diesen Versuchen als hoch anfällig für Steinbrand.

Vorläufige Schwellenwerte können abgeleitet werden. Danach ist bei anfälligen Sorten bereits bei einer sehr geringen Kontamination von 5-10 Sporen / Korn eine Behandlung durchzuführen, geringer anfällige Sorten sind ab 1.000 Sporen / Korn zu behandeln.

Alle Ergebnisse bedürfen der Bestätigung in einem weiteren Versuchsjahr.

Schlüsselwörter: Weizensteinbrand (Tilletia caries), Sortenanfälligkeit, Befallstoleranzgrenze, Bekämpfungsverfahren

Einleitung

Der Verwendung gesunden Saatgutes kommt im ökologischen Landbau besondere Bedeutung zu. Niedrige Bestandesdichten als Folge mangelhafter Saatgutqualität können während der Vegetationszeit nicht mehr oder nur wenig ausgeglichen werden. Auch können samenbürtige Krankheiten nicht durch eine Anwendung synthetischer Pflanzenschutzmittel bekämpft werden.

Seit dem 1. Januar 2004 darf im ökologischen Landbau nur noch Saatgut, das im ökologischen Anbau erzeugt wurde, verwendet werden. Für die Produktion und Bereitstellung gesunden Saatgutes stehen prophylaktische Maßnahmen im Vordergrund. Nach Spieß (1999) muss ein hoher Herkunftswert des Saatgutes angestrebt werden, der sich letztlich in der Saatgutqualität widerspiegelt.

Der Herkunftswert ergibt sich aus den wesentlichen acker- und pflanzenbaulichen Faktoren, Standortwahl und Bewirtschaftung (Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Düngung, Aussaatmenge und -termin, Saatgutaufbereitung; Dornbusch et al. 1995, Spieß 1999). Die Erfahrungen der letzten Jahre haben jedoch gezeigt, dass das Auftreten samenbürtiger Krankheiten oft nicht verhindert werden kann. Dies gilt vor allem beim Nachbau von wirtschaftseigenem Saatgut. Insbesondere der Weizensteinbrand (*Tilletia caries*), eine Krankheit, die im konventionellen Anbau nahezu bedeutungslos geworden war, erreicht bei Unterlassung der Saatgutbeizung schnell ein wirtschaftlich relevantes Ausmaß und ist daher im ökologischen Getreidebau die gegenwärtig wichtigste Krankheit.

Eine deutliche Reduzierung des Befalls kann durch den Anbau geeigneter, resistenter oder teilresistenter Sorten erzielt werden. Über die Resistenz des gegenwärtigen Weizensortiments gegen *T. caries* war bisher wenig bekannt (Koch und Spieß 2002). Die Aufklärung des Resistenzverhaltens der Sorten ist daher dringend notwendig.

Ein sehr gut geeignetes Verfahren, um Saatgutbehandlungen zu vermeiden, ohne eine Krankheitsentwicklung im Bestand zu riskieren, ist die Nutzung von Befallstoleranzgrenzen (auch als Schwellenwerte bezeichnet). Sie bieten eine gute Entscheidungshilfe für die weitere Verwendbarkeit des Saatgutes. Winter et al. stellten 1995 fest, dass in der Schweiz mit der Anwendung von Befallstoleranzgrenzen in den Jahren 1977 – 1993 ca. 45 % des Weizensaatgutes ungebeizt hätte ausgesät werden können. In der Bundesrepublik Deutschland wurden Schwellenwerte für *T. caries* in Ansätzen entwickelt; für befallsfreie Bestände wurden Werte von Null bis 20 Sporen je Korn genannt (Spieß und Dutschke 1991). In anfälligen Sorten können bereits 5 Sporen / Korn an gefährdeten Standorten einen Befall verursachen, der zur Saatgutaberkennung führt. (Maximal fünf steinbrandbefallene Ähren auf 150 m² sind zulässig.) Es ist zu definieren, welche Standorte und welche Bedingungen als gefährdet einzustufen sind.

An direkten Maßnahmen zur Saatgutbehandlung sind Produkte auf naturstofflicher oder biologischer Basis und physikalische Verfahren denkbar (Jahn 2002). Versuche mit Pflanzenextrakten und weiteren organischen Produkten (Becker und Weltzien 1993) ergaben, dass mit den meisten dieser Stoffe sehr gute Wirkungsgrade gegen die Krankheit erreicht werden können (Paffrath und Tränkner 1998). Gegenwärtig sind jedoch keine entsprechenden Pflanzenschutzmittel zugelassen. Um eine unmittelbare Übertragbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, sind in praxisorientierten Untersuchungen vorwiegend zugelassene oder gelistete Präparate zu berücksichtigen. Das Pflanzenstärkungsmittel Tillecur (Gelbsenfmehl), dessen gute Wirkung bereits nachgewiesen wurde, erfüllt diese Voraussetzung. Dies trifft nicht für das biologische

Beizmittel Cedomon (*Pseudomonas chlororaphis* Stamm MA 342) zu; dieses in Schweden für die Anwendung in Getreide zur Praxisreife entwickelte Pflanzenschutzmittel (Hökeberg et al. 1997) ist in Deutschland bisher nicht zugelassen. Jedoch haben einige gelistete mikrobielle Pflanzenstärkungsmittel eine spezielle Anwendungsempfehlung für die Saatgutbehandlung und sind daher für eine Anwendung zu untersuchen.

Mit dem klassischen Verfahren der Heißwasserbehandlung können die wichtigsten Krankheiten sowohl im Getreide- als auch im Gemüsebau unter Kontrolle gehalten werden. Mit der Warm- und Heißwasserbehandlung von Getreide beschäftigten sich in den letzten Jahren vor allem Winter et al. (1997). Die optimalen Behandlungsparameter liegen im Bereich von 50 bis 52 °C und 10 min.

Ziel der Forschungsprojekte „Strategien zur Regulierung des Steinbrandes (*Tilletia caries*) und des Zwergsteinbrandes (*Tilletia controversa*) unter besonderer Berücksichtigung der Resistenz“ und „Strategien zur Regulierung von Steinbrand an Weizen (*Tilletia caries*, *Tilletia controversa*) unter besonderer Berücksichtigung von Befallstoleranzgrenzen und direkten Bekämpfungsmaßnahmen“ war es, Grundlagen für die Kombination von geeigneten Maßnahmen, wie Anbau wenig anfälliger Sorten, Nut-

zung von Befallstoleranzgrenzen und von alternativen Saatgutbehandlungsverfahren, zu erarbeiten, um so einen möglichst vollständigen Schutz vor Steinbrandbefall an Weizen im ökologischen Anbau zu ermöglichen und damit Qualitäts- und Ertragseinbußen zu vermeiden.

Dazu wurden zur Aufklärung des Resistenzverhaltens und zur Auswahl geeigneter Sorten Gewächshaus- und Feldversuche mit künstlich infiziertem Saatgut an fünf unterschiedlichen Standorten in Deutschland durchgeführt. Zur Bestimmung der Befallstoleranzgrenzen und der geeignetsten Behandlungsmethode wurden ebensolche Versuche mit ausgewählten Sorten, Inokulation von unterschiedlichen Sporen-

mengen und ausgewählten Behandlungsvarianten durchgeführt.

Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse der Freilandversuche des ersten Versuchsjahres (2002/2003) vorgestellt.

Material und Methoden

Auswahl der Sorten

In Zusammenarbeit mit Dr. H. Spieß (Institut für Biologisch Dynamische Forschung, Außenstelle Dottenfelder Hof) wurden Winterweizensorten, die für den Ökoanbau relevant sind oder sein können, ausgewählt. Auswahlkriterium war in erster Linie die Backqualität, darüber hinaus wurde, soweit möglich, auf Resistenzen gegenüber Blattkrankheiten geachtet. Für einen Teil der ausgewählten Sorten waren vereinzelt Untersuchungsergebnisse zur Anfälligkeit gegenüber Steinbrand bereits vorhanden. Fast die Hälfte des untersuchten Materials waren in den letzten Jahren zugelassene Sorten, über die noch keine Informationen zur Anfälligkeit gegenüber Steinbrand vorlagen. Des weiteren wurden 6 Zuchtlinien ('Stava', 'Magnifik', SW 51136, 'Jakobi', sowie 'Tataros' und 'Atar', seit 2004 EU-Sorte) ausgewählt, von denen eine verminderte Anfälligkeit bereits bekannt bzw. zu vermuten war.

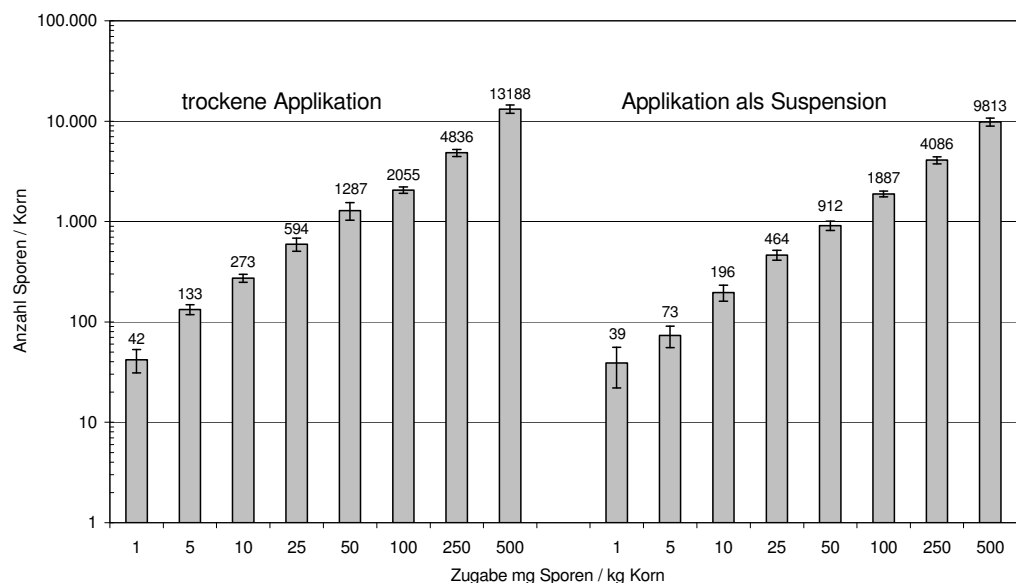


Abbildung 1
Sporen je Korn nach trockener Applikation und als Suspension applizierter definierter Sporenmengen, Mittelwert aus vier Zählungen je Probe

Für die Versuche zur Ermittlung von Befallstoleranzen wurden drei Sorten, 'Aron' als mittel anfällige, 'Batis' als hoch anfällige sowie 'Ökostar' als neu zugelassene Sorte aus Züchtung für den ökologischen Anbau mit noch unbekannter Anfälligkeit gegenüber Steinbrand, ausgewählt.

Inokulation des Saatgutes mit *T. caries*

Inokulation des Saatgutes für die Ermittlung der Sortenresistenz

Das unbehandelte Saatgut wurde mit 2 g Sporen pro kg Saatgut (0,2 %ig) inokuliert, wobei Sporen der jeweiligen Versuchsstandorte zur Verfügung standen und verwendet wurden. Einzige Ausnahme war der Standort Berlin-Dahlem, für den aus Mangel an verfügbaren Sporen das Saatgut mit Sporen aus dem Raum Leipzig inokuliert wurde.

Das Saatgut wurde in einen Polyethylenbeutel gegeben, die gesiebten Steinbrandsporen hinzugefügt und die Tüte aufgeblasen. Der so entstandene Luftsack wurde mit einem Ziploc-Verschluss abgedichtet und das Saatgut mit den Sporen geschüttelt.

Inokulation des Saatgutes für die Ermittlung von Befallstoleranzgrenzen und Wirkung

Für diese Versuche wurde Infektionsmaterial einer Herkunft verwendet; es stand stark befallener Winterweizen der Sorte 'Rialto', Ernte 2001, aus der Region Leipzig zur Verfügung. Die Brandbutten wurden aus dem gedroschenen Getreide aussortiert und zur Sporengewinnung nacheinander durch zwei feine Siebe (0,5 und 0,25 mm) gedrückt. Das gewonnene Sporenpulver wurde bis zur Verwendung in Glasflaschen bei 4 °C im Dunkeln gelagert.

Die Saatgutinokulation erfolgte ähnlich wie vorher beschrieben. Die für 1 kg Saatgut erforderliche Menge Sporen wurde an den Wänden eines dicht verschlossenen 3 l-Polyethylenbeutels verrieben. Anschließend wurde 1 kg Saatgut in den Beutel gefüllt, dieser vor dem Verschließen aufgeblasen und die Körner wurden in diesem "Luftkissen" 3 min (längere Zeit wegen der z.T. sehr geringen Sporenmengen) geschüttelt. Die für die Versuche benötigte Saatgutmenge wurde für jede Inokulationsstufe Kilogramm für Kilogramm inokuliert, zu einer Mischprobe vereinigt, gründlich gemischt und dann die Anzahl Sporen/Korn nochmals kontrolliert. Das inokulierte Saatgut wurde bei 4 °C gelagert.

Feststellung der erforderlichen Sporenmenge für eine bestimmte Sporenzahl / Korn

Zur Bestimmung der für eine definierte Sporenzahl je Korn erforderlichen Sporenmenge wurden Steigerungsreihen von 1 bis 500 mg Sporen / kg Saatgut angelegt. Die Sporen wurden sowohl trocken als auch als Suspension appliziert, um auch die Applikationsform mit der gleichmäßigsten Verteilung zu ermitteln.

Die Sporendichte am Korn wurde anschließend entsprechend der Methode nach Piore (1991) bestimmt. Hierfür wurden aus jeder Probe 100 Körner (bei niedrig inokulierten Varianten 150 Körner) abgezählt und in 10 ml 0,1 %iger Tween-80-

Lösung für 10 min bei hoher Drehzahl gerührt. Aus der in Bewegung befindlichen Suspension wurde ein Tropfen entnommen und die Sporendichte in der Fuchs-Rosenthal-Zählkammer ausgezählt (vier Wiederholungen je Probe, zwei Zählungen je Wiederholung). Die Vorversuche ergaben eine bessere Verteilung der Sporen bei den niedrigen Inokulationsstufen und eine etwas höhere Kontamination bei gleicher Sporenmenge durch die trockene Applikation (Abb. 1).

Aus den Ergebnissen dieser Vorversuche konnte die zum Erreichen einer gewünschten Inokulationsstufe erforderliche Menge Sporen abgeleitet werden. Dies waren 0,63 mg/kg Saatgut für 20 Sporen je Korn, 1,6 mg für 50, 4,5 mg für 100, 23 mg für 500, 45 mg für 1.000 und 225 mg für 5.000 Sporen je Korn.

Als Vorzugsvarianten für die Feldversuche wurden die Inokulationsstufen 20, 100 und 1.000 Sporen / Korn ausgewählt.

Saatgutbehandlung mit alternativen Verfahren

Für die Feldversuche wurden als physikalisches Verfahren die Heißwasserbehandlung (52 °C, 10 min) und als Behandlungsmittel das Pflanzenstärkungsmittel Tillecur (je nach Sporenbelastung 20 bzw. 22 %ig, Anwendung nach Angaben des Herstellers) ausgewählt. Die Heißwasserbehandlung erfolgte bei der Firma HILD samen gmbh, Marbach.

Anlage und Auswertung der Feldversuche

Feldversuche mit unterschiedlich anfälligen Sorten

Die Feldversuche mit 25 Sorten und fünf Zuchtlinien wurden an den fünf Standorten Berlin-Dahlem, Darzau (Niedersachsen), Münster (Nordrhein-Westfalen), Bad Vilbel (Hessen) und Salem (Baden-Württemberg) durchgeführt. Die Aussaat erfolgte im Zeitraum von Anfang Oktober bis Mitte November. Am Standort Münster wurde wegen schlechter Wetterverhältnisse erst Mitte Februar ausgesät. Die Versuche wurden als randomisierte Blockanlage mit zwei Wiederholungen mit einer Nettogröße von 1 m² je Parzelle (sechs Drillreihen) angelegt. Die Befallsbonitur erfolgte durch Auszählung der kranken Ähren (abhängig vom jeweiligen Standort) im Zeitraum Juni bis August 2003. Der Anteil befallener Ähren an der Gesamtährenzahl pro Parzelle wurde bestimmt.

Feldversuche mit Sorten, Inokulationsstufen und Behandlungsvarianten

Wegen der generell begrenzten Kapazität in Feldversuchen musste die Zahl der Varianten auf drei Sorten, drei Inokulationsstufen und zwei Behandlungsvarianten (plus unbehandelte Kontrolle) beschränkt bleiben. Das Saatgut wurde für alle fünf

Standorte – Dahnsdorf (Brandenburg), Ahlum (Niedersachsen), Frohburg (Sachsen), Münster (Nordrhein-Westfalen), Bad Vilbel (Hessen) – einheitlich inokuliert und behandelt. Die Versuche wurden als mehrfaktorielle zweistufige Spaltanlage in vierfacher Wiederholung angelegt. Für die einzelnen Standorte wurden die Varianten in den Lageplänen unterschiedlich randomisiert und das Versuchslayout den örtlichen Gegebenheiten angepasst.

Zwischen Ende März und Mitte April 2003 wurde eine Zählung des Feldbestandes durchgeführt, um die Auswinterung bzw. die Überwinterung zu erfassen. Die Anzahl Pflanzen wurde in 4 x 1 laufenden Meter Drillreihe pro Parzelle ermittelt.

Die Auszählung der kranken Ähren wurde zwischen BBCH 69 (Ende Blüte) und BBCH 75 (Milchreife) durchgeführt. Die Bestandesdichte (Anzahl Ähren gesamt) wurde in 4 x 1 laufenden Meter Drillreihe pro Parzelle ermittelt. Auf Grund des geringen Befalls wurden in den Varianten '20' und '100 Sporen / Korn' auf der gesamten Parzelle, in der Inokulationsstufe

'1.000 Sporen / Korn' auf der Hälfte der Parzelle die kranken Ähren ermittelt. Randreihen wurden nicht einbezogen.

Statistische Auswertung

Für die statistische Verrechnung der Befallsdaten in den Feldversuchen wurde das Statistikprogramm 'SAS' bzw. das auf ihm basierende Programm "Feld VA" verwendet (SAS Institute Inc., Cary, USA). Zuvor wurde eine Transformation der Daten durchgeführt, wobei die Addition eines konstanten Faktors notwendig war

(prozentuale Befallswerte wurden nach $\ln(x+1)$ transformiert). Faktorabhängige Varianzeinflüsse wurden mit Hilfe des TUKEY-Tests geprüft. Mittelwertvergleiche erfolgten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

Ergebnisse

Befall mit *T. caries* in Abhängigkeit von der Resistenz der Sorte

Der absolute Befall fiel in der Vegetationsperiode 2002/2003 an den einzelnen Standorten sehr unterschiedlich aus. Als Ursache sind der zum Teil sehr späte Aussaattermin und die unterschiedlichen Witterungsbedingungen anzunehmen.

Im Mittel ergab sich eine Gesamtzahl von 300 Ähren je Parzelle. Am südlichsten Standort Salem war der mit Abstand höchste Befall (über 80 % bei den anfälligen Sorten) zu verzeichnen. An den Standorten Bad Vilbel und Münster wurden vergleichsweise niedrige Befallshöhen (maximal

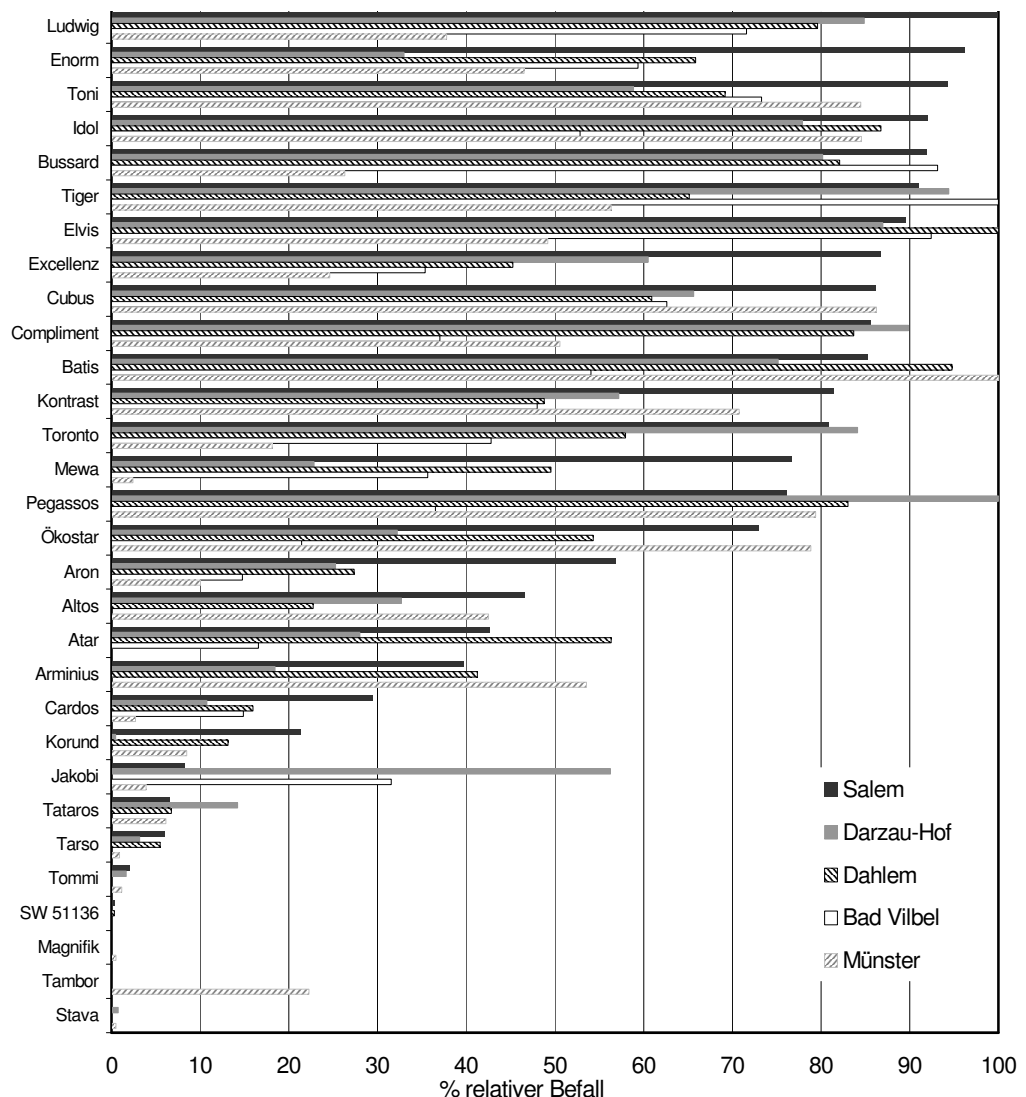


Abbildung 2
Relativer Steinbrandbefall an 30 Sorten / Zuchtlinien und fünf Standorten (Sorte mit der höchsten Anfälligkeit des jeweiligen Standorts gleich 100 %)

40 %) ermittelt. Am Standort Bad Vilbel herrschten im Frühjahr 2003 sehr ungünstige Witterungsverhältnisse, die starke Auswinterungen zur Folge hatten. Auf Grund dieser Auswinterung liegen zum Befall der Sorten 'Altos', 'Arminius' und 'Tataros' an diesem Standort keine Daten vor.

Unabhängig vom sehr unterschiedlich starken Infektionsdruck an den einzelnen Standorten erwiesen sich die Sorten 'Tambor', 'Tommi', 'Tarso' und die Zuchtlinie 'Tataros' an allen Standorten als „gering anfällig“ (< 8 % Befall) und die schwedischen Sorten 'Stava' und 'Magnifik' sowie die Zuchtlinie 'SW 51136' als „tolerant“ (< 5 % Befall).

Um den Einfluss der Standortbedingungen bzw. der Sporenherkünfte auf die Sortenreaktion besser vergleichen zu können, wurde eine relative Beurteilung der Befallshöhe gewählt, bei der die anfälligste Sorte des jeweiligen Standorts gleich 100 % gesetzt wurde (Abb. 2). Dabei zeigten die anfälligen Sorten (nach Spieß definiert als Befall von > 20 %) an allen Standorten einen starken bis sehr starken Befall, während sich die tolerantsten und gering anfälligen Sorten an allen Standorten durch geringen Befall auszeichneten. Das deutet darauf hin, dass die Faktoren Standort bzw. Sporenherkunft keinen sehr großen Einfluss auf das Resistenzverhalten haben.

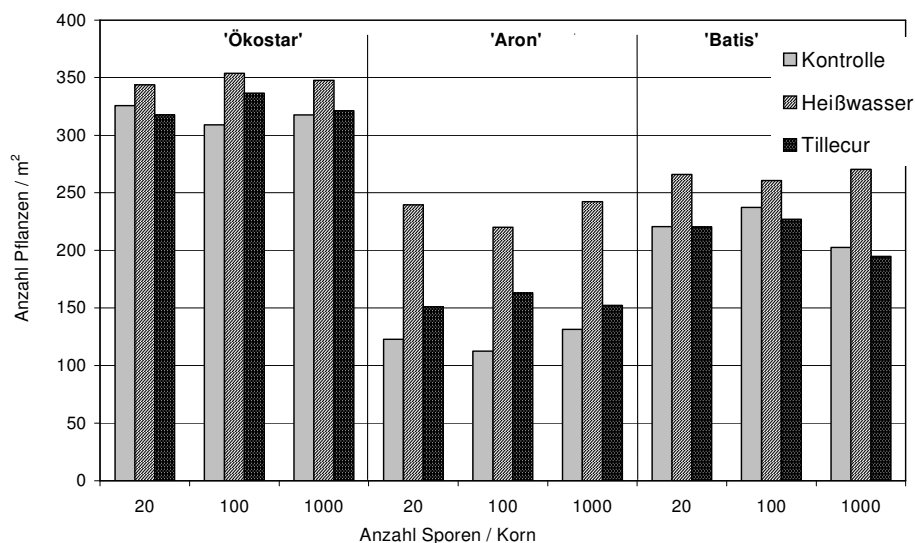


Abbildung 3
 Feldbestand im März/April 2003 am Standort Dahnsdorf in Abhängigkeit von Sorte und Behandlung (Aussaatstärke 380 Körner / m², Auszählung von 4 x 1 lfd. m Drillreihe / Parzelle, Mittelwert aus 4 Wiederholungen)

Eine Ausnahme stellte die Hofsorte 'Jakobi' dar, die sich an ihrem „Ursprungsort“, im Raum Salem, durch eine geringe Steinbrandanfälligkeit auszeichnete. In vorangegangenen Versuchen an den Standorten Darzau und Bad Vilbel konnte wiederholt eine starke Anfälligkeit beobachtet werden (Dr. B. Heyden, Dr. K.-J. Müller, pers. Mitteilung). Diese Beobachtung konnte auch in den hier beschriebenen Versuchen bestätigt werden. Allerdings zeigte 'Ja-

kobi' auch an den Standorten Münster und Dahlem (Sporenherkunft Leipzig) eine geringe Anfälligkeit. Die Resistenz scheint sich also nicht auf Sporenrasen aus dem südlichen Bodenseeraum zu beschränken.

Vom Gesamtbild abweichende Ergebnisse zeigten sich auch am Standort Münster. Die als tolerant bekannte Sorte 'Tambor', die auch in den hier beschriebenen Versuchen an vier Standorten (Darzau, Bad Vilbel, Salem und Berlin-Dahlem) nur geringen Befall zeigte, war am Standort Münster anfällig. Dagegen war die anfällige Sorte 'Mewa' tolerant. Inwieweit sich dies mit der späten Aussaat im Februar erklären lässt, ist unklar. Ein Einfluss der Sporenherkunft kann jedoch ebenfalls nicht ausgeschlossen werden.

Pflanzenentwicklung in den Versuchen mit unterschiedlichen Sorten, Inokulationsstufen und Behandlungen

Auf Grund der extremen Witterungsbedingungen im Herbst/Winter 2002/2003 konnten nur an drei der fünf Standorte – Dahnsdorf, Frohburg und Ahlum – Ergebnisse an allen drei Sorten erzielt werden. Die Versuche sollten Mitte Oktober ausge-

sät werden. Der Aussaatzeitpunkt wurde relativ spät gewählt, weil zum einen die Unkrautentwicklung vor dem Winter verzögert werden sollte; zum anderen bedeuten tiefe Bodentemperaturen gute Infektionsbedingungen für *T. caries*. An zwei Standorten (Dahnsdorf, Frohburg) konnte dieser Termin eingehalten werden. Wegen hoher

Niederschläge musste die Aussaat in Ahlum auf Ende Oktober verlegt werden, in Bad Vilbel konnte die Saat unter ungünstigen Bedingungen erst

Mitte November erfolgen. Die Witterung war außer den starken Niederschlägen im Herbst 2002, die auch zu Teilüberschwemmungen der Versuchsflächen führten, durch lange (Kahl-)Fröste im Winter geprägt. Im Frühjahr setzten Wechselfröste ein, so dass die Pflanzenentwicklung insgesamt stark beeinträchtigt wurde. Am Standort Bad Vilbel winternten die Sorten 'Aron' und 'Batis' völlig aus.

Am Standort Münster musste die Aussaat auf Grund der Witterung sogar auf Februar 2003 ver-

Am geringsten waren die Schäden in Dahnsdorf. Für diesen Standort ist die Anzahl überwinterter Pflanzen in Abbil-

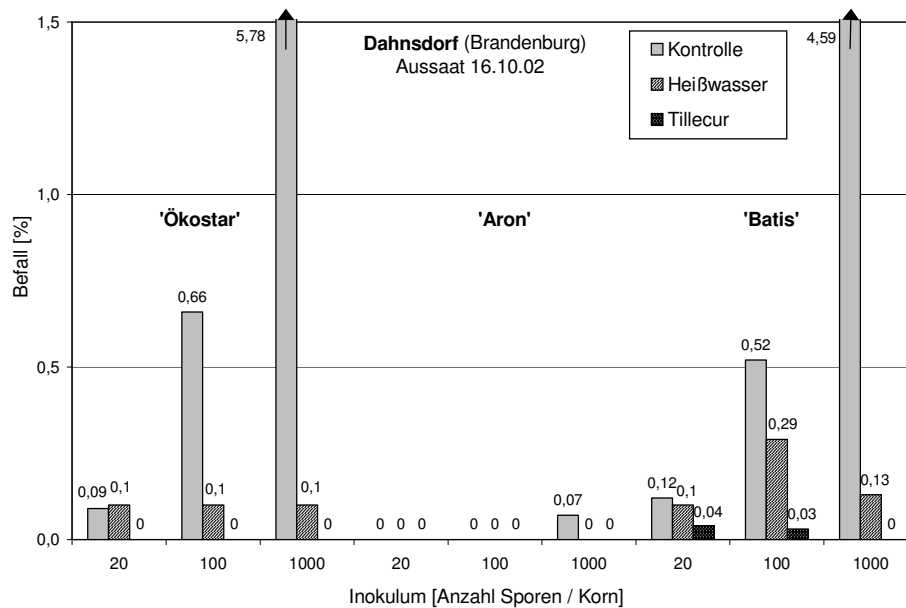


Abbildung 4
Steinbrandbefall an drei Winterweizensorten in Abhängigkeit von Inokulationsstufe und Behandlung am Versuchsstandort Dahnsdorf

schoben werden. Hier blieben die Pflanzen bei der Sorte 'Aron' im Bestockungsstadium und entwickelten keine ährentragenden Halme, bei den anderen Sorten entwickelten sich Ähren, aber kein Steinbrand.

Die Auswinterung an den Versuchsstandorten war in Bezug auf Sorte und Behandlung vergleichbar, die Bestandesdichte aber unterschiedlich hoch.

Befall mit *T. caries* in Abhängigkeit von Standort, Sorte, Inokulationsstufe und Behandlung

Der Befall war insgesamt eher gering, jedoch an den einzelnen Standorten in Abhängigkeit vom Aussaattermin und der Witterung unterschiedlich hoch.

Im Vergleich aller Standorte wurde in Dahns-

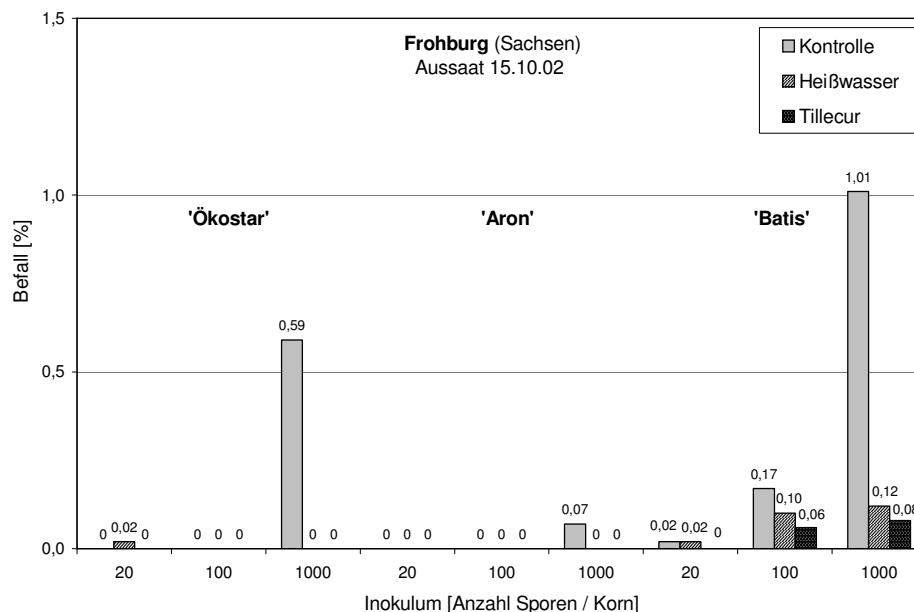


Abbildung 5
Steinbrandbefall an drei Winterweizensorten in Abhängigkeit von Inokulationsstufe und Behandlung am Versuchsstandort Frohburg

dung 3 exemplarisch dargestellt. Die Inokulationsstufe (Anzahl Steinbrandsporen / Korn) hatte keinen Einfluss auf die Anzahl Pflanzen / m², ein deutlicher Einfluss der Sorte und der Behandlung wurde sichtbar. Die Sorte 'Ökostar' war am wenigsten, die Sorte 'Aron' am stärksten beeinflusst. Da 'Aron' auch stark mit *Fusarium* spp. befallen war, hatte die Heißwasserbehandlung bei dieser Sorte eine besonders positive Wirkung auf die Anzahl vorhandener Pflanzen.

dorf (Abb. 4) der höchste Befall ermittelt. In den Kontrollen ergaben sich bei den Sorten 'Ökostar' und 'Batis' signifikante Unterschiede zwischen den Inokulationsstufen, wobei 'Ökostar' in der höchsten Stufe einen signifikant höheren Befall zeigte als 'Batis'. Bei der Sorte 'Aron' waren nur in der höchsten Infektionsstufe (1.000 Sporen / Korn, unbehandelt) wenige Brandähren nachzuweisen.

Eine Wirkung der Behandlungen gegen Steinbrand war generell vorhanden, jedoch erst

ab einer Sporenbelastung von 100 Sporen / Korn statistisch gesichert. Bei 'Ökostar' entwickelten sich nur in den Tillecur-Varianten keine Brandähren, jedoch ohne signifikante Unterschiede zwischen Tillecur- und Heißwasserbehandlung. Lediglich bei 'Batis' in der Variante '100 Sporen / Korn' war der Befall nach Tillecurbehandlung signifikant geringer als nach Heißwasserbehandlung. Der Befall in den Heißwasservarianten war, unabhängig von der Inokulationsstufe, bei beiden Sorten relativ einheitlich hoch.

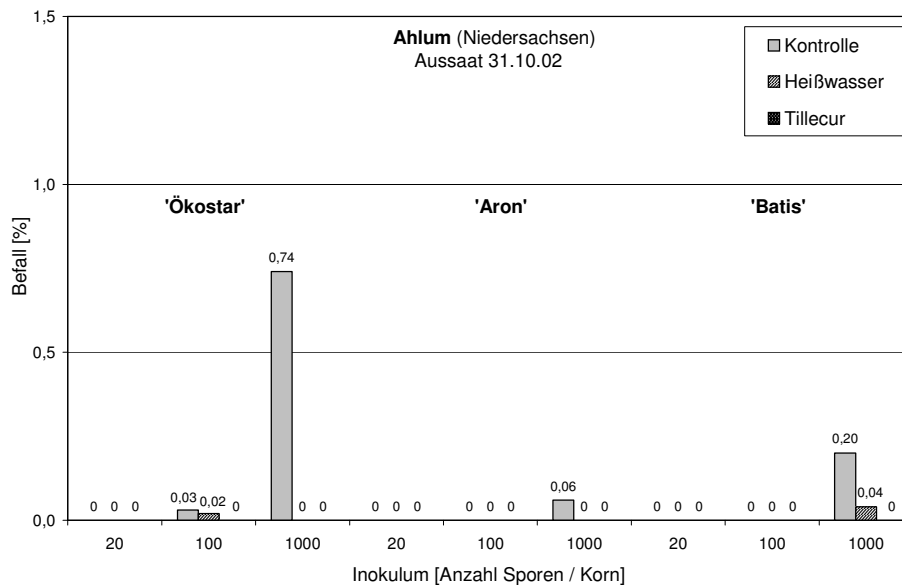


Abbildung 6
 Steinbrandbefall an drei Winterweizensorten in Abhängigkeit von Inokulationsstufe und Behandlung am Versuchsstandort Ahlum

Am Standort Frohburg unterschied sich der Befall in den Kontrollen bei den Sorten 'Ökostar' und 'Batis' nur in der höchsten Inokulationsstufe deutlich von den niedrigeren Inokulationsstufen (Abb. 5). 'Batis' hatte einen signifikant höheren Befall als 'Ökostar'. Auch an diesem Standort war bei der Sorte 'Aron' nur in der höchsten Infektionsstufe (1.000 Sporen / Korn, unbehandelt) ein geringer Befall vorhanden. Wie am Standort Dahnsdorf war eine Wirkung der Behandlungen gegen Steinbrand generell vorhanden, jedoch erst bei 1.000 Sporen / Korn im Vergleich zur Kontrolle signifikant. Zwischen den Behandlungen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Am Standort Ahlum war der Befall am geringsten (Abb. 6); den höchsten Befall hatte die Sorte 'Ökostar'. Wie an den beiden anderen Standorten wurden bei der Sorte 'Aron' nur in der höchsten Infektionsstufe (1.000 Sporen / Korn, unbehandelt) wenige infizierte Ähren gezählt. Auch an diesem Standort war bei vorhandenem Befall eine Wirkung gegen Steinbrand nachzuweisen. In keiner der Tillecur-behandelten Varianten entwickelten sich Brandähren, signifikante Unterschiede zur Heißwasserbehandlung bestanden jedoch nicht.

Diskussion

In den Feldversuchen 2002/2003 zur Ermittlung der Sortenresistenz gegenüber Steinbrand wurden 30 Weizensorten an fünf verschiedenen Standorten auf ihre natürliche Resistenz gegenüber Steinbrand untersucht. Dabei waren die Sorten/Zuchtlinien 'Tommi', 'Tambor', 'Tarso', 'Tataros', 'Cardos', 'Korund', 'Stava', 'Magnifik', 'SW 51136' und 'Jakobi' tolerant bis gering anfällig gegenüber *T. caries*.

In Tabelle 1 sind die Sorten zusammengefasst,

die sich an fast allen Standorten gegen *T. caries* als tolerant (< 5 %) bzw. gering anfällig (< 8 %) erwiesen. (Ausnahmen sind in Klammern in der Spalte Befall [%] herausgestellt.) Fünf der sechs Sorten stammen von Semundo Hadmersleben, von denen wiederum vier als Elter in ihrem Stammbaum die Sorte 'Taras' haben. Damit ist es wahrscheinlich, dass die Resistenzgene dieser vier Sorten aus 'Taras' stammen. In diesem Fall wäre die genetische Basis der Resistenz vergleichsweise eng. Eine Prüfung der Steinbrandresistenz von 'Taras' hat bisher noch nicht stattgefunden (Richter, pers. Mitteilung).

Bei einigen Sorten wurden an den verschiedenen Standorten unterschiedliche Ergebnisse erzielt. Diese Unterschiede könnten auf Standortfaktoren (Aussaatzeitpunkt, Witterung) oder Unterschiede in der genetischen Konstitution des Erregers zurückzuführen sein. Sicherheit können hier nur Wiederholungsversuche geben.

In den Feldversuchen zur Ermittlung von Befallstoleranzgrenze und geeignetstem Bekämpfungsverfahren wurde ein relativ geringer Befall mit Steinbrand erzielt. Er betrug in den Kontrollen von 0,02 % (0,03 befallene Ähren / m²) bis 5,78 % (15,8 befallene Ähren / m²), war jedoch an den einzelnen Standorten in Abhängigkeit vom Aussaattermin und der Witterung unterschiedlich hoch. An den Standorten Frohburg und Ahlum fiel im Aussaatmonat etwa doppelt so viel Regen wie im langjährigen Mittel (1961-1990) dieser Regionen, in Bad Vilbel waren es ca. 50 % und in Dahnsdorf ca. 30 % darüber. Im gesamten letzten Quartal 2002 lagen die Niederschlagsmengen etwa um 100 % höher als die Normalwerte. Eine hohe Bodenfeuchte kann einen negativen Einfluss auf die Sporen-

keimung und Infektion haben (Pospisil et al. 2000, Hoffmann und Schmutterer 1999). Dies und die

tion mit 20 Sporen / Korn an zwei Standorten bereits zum Erreichen dieses Wertes.

Tabelle 1

Durchschnittlicher Befall der toleranten und gering anfälligen Sorten / Zuchtlinien an den untersuchten fünf Standorten

Sorte	Befall (%)	Herkunft	Zulassungsjahr	Verwandtschaft
Tommi	$0,68 \pm 0,07$	Nordsaat	2002	
Tambor	$0,03 \pm 0,05$ (8,86 in Münster)	Semundo (Hadmersleben)	1993	Taras-Linie
Tarso	$2,10 \pm 1,88$	Semundo (Hadmersleben)	1994	Taras-Linie
Tataros	$5,26 \pm 2,67$	Semundo (Hadmersleben)	2003	Taras-Linie
Cardos	$5,43 \pm 2,70$ (25,68 in Münster)	Semundo (Hadmersleben)	1998	Taras-Linie
Korund	$2,60 \pm 2,73$ (18,63 in Münster)	Semundo (Hadmersleben)	2000	Apollo*Zentos
Schwedische Sorte / Zuchtlinie				
Stava	$0,14 \pm 0,20$	Semundo (Swalöf Weibull)		
Magnifik	$0,07 \pm 0,09$	Semundo (Swalöf Weibull)		
SW 51136	$0,09 \pm 0,12$ $2,92 \pm 3,09$	Semundo (Swalöf Weibull)		
Jakobi	(37,20 in Darzau, 11,46 in Bad Vilbel)	Keyserlingk-Institut (Hofsorte)		

teilweise sehr späte Aussaat, bei der die für eine Infektion optimalen Bodentemperaturen von 5-10 °C wahrscheinlich schon unterschritten wurden, bewirkten möglicherweise den relativ geringen Befall vor allem in der hohen Inokulationsstufe.

Die Unterschiede zwischen den Inokulationsstufen und den Sorten wurden deutlich sichtbar. Bei den Sorten 'Ökostar' und 'Batis' waren schon bei 20 Sporen / Korn, bei 'Aron' erst ab 1.000 Sporen / Korn an allen Standorten befallene Ähren vorhanden. 'Aron' hatte damit den signifikant niedrigsten Befall. Die neu zugelassene Sorte 'Ökostar' erwies sich in diesen Versuchen als hochanfällig für Steinbrand.

In den Tillecur-behandelten Varianten wurden an allen Standorten nahezu keine Brandähren nachgewiesen (maximaler Befall 0,08 % bzw. 0,07 befallene Ähren / m²). Mit dem Pflanzenstärkungsmittel Tillecur steht somit ein wirksames Mittel zur Regulierung von Steinbrand zur Verfügung. Selbst wenn durch diese Maßnahmen keine vollständige Unterdrückung eines Befalls erreicht werden kann, wird eine Akkumulation der Pilzsporen vermieden.

Die Heißwasserbehandlung (52 °C, 10 min) zeigte tendenziell eine geringere Wirkung als die Tillecur-Behandlung (maximaler Befall 0,39 % bzw. 0,75 befallene Ähren / m²). Es ist denkbar, dass die gewählten Behandlungsparameter nicht das Optimum darstellen. Zum Beispiel empfehlen Kristensen und Borgen (2000) höhere Temperaturen (ca. 60 °C) und kürzere Behandlungszeiten (3 min). Diese und weitere Angaben machen deutlich, dass eindeutige Empfehlungen selbst für dieses altbewährte Verfahren nicht vorliegen.

Bei der Saatgutenerkennung sind maximal 5 steinbrandbefallene Ähren auf 150 m² zulässig, das entspricht 0,03 befallenen Ähren / m². In den anfälligen Sorten 'Batis' und 'Ökostar' führte die Inokula-

Vorläufige Schwellenwerte und damit Empfehlungen zur Behandlung von steinbrandbefallenem Weizen können auf der Grundlage der Ergebnisse sortenabhängig abgeleitet werden. Voraussetzung ist, dass die Resistenz einer Sorte bekannt ist. Danach ist bei anfälligen Sorten bereits bei einer sehr geringen Belastung von 5-10 Sporen / Korn eine Behandlung durchzuführen, geringer anfällige Sorten sind ab 1.000 Sporen / Korn zu behandeln.

Bei den Ergebnissen muss jedoch beachtet werden, dass bisher nur einjährige Ergebnisse der Feldversuche vorliegen und diese bei relativ extremen Witterungsbedingungen erzielt wurden. Die Versuche werden wiederholt, so dass auf der Grundlage einer breiteren Datenbasis eine größere Sicherheit in den Aussagen möglich wird.

Die Ergebnisse der Arbeiten haben gezeigt, dass bei Berücksichtigung der hier untersuchten Faktoren (Ermittlung des Sporenbesatzes am Saatgut, Kenntnis der sortenabhängigen Befallstoleranzgrenze, Anbau wenig anfälliger Sorten und Saatgutbehandlung), allein oder in Kombination, eine Steinbrandregulation auch unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus möglich sein kann.

Danksagung

Frau Dr. Pfannmöller, MLU Halle, sei für die Bereitstellung des infizierten Getreides gedankt

Literatur

- Becker, J., Weltzien, H. C. (1993): Bekämpfung des Weizensteinbrandes (*Tilletia caries* (DC.) Tul. & C. Tul.) mit organischen Nährstoffen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 100(1), 49-57.
- Dornbusch, Ch., Schauder, A., Köpke, U. (1995): Saatgutvermehrung im Organischen Landbau: Einfluss von Standort, Sorte und Anbauverfahren. Forschungsberichte Nr. 22, Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und standortgerechte Landwirtschaft“ Landwirtschaftliche

- Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- Hoffmann, G. A., Schmutterer, H. (1999): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Eugen Ulmer, Stuttgart
- Hökeberg, M., Gerhardson, B., Johnsson, L. (1997): Biological control of seed-borne diseases by seed bacterization with greenhouse-selected bacteria. Eur. J. Plant Pathol. 103, 25-33.
- Jahn, M. (2002): Saatgutbehandlung im ökologischen Landbau. Forschungsreport 1, 12-15.
- Kristensen, L., Borgen, A. (2000): Water based heat treatments to control *Tilletia tritici* in wheat in organic agriculture. www.agrologica.dk/publikationer/phd.appendiks4, 16 S.
- Koch, E., Spieß, H. (2002): Characterisation of leaf symptoms of common bunt (*Tilletia caries*) and relationship to ear attack in nine wheat varieties. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 109(2), 159-165.
- Paffrath, A., Tränkner, A. (1998): Weizensteinbrand - Bekämpfung im Ökologischen Landbau. Lebendige Erde 5, 431-434.
- Piörr, H.-P. (1991): Bedeutung und Kontrolle saatgutübertragbarer Schaderreger an Winterweizen im Organischen Landbau. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, 149 S.
- Pospisil, A., Benada, J., Nedomova, L., Polisenka, I. (2000): Incidence variability of wheat bunts (*Tilletia caries* (DC) Tul. and *T. laevis* Kühn) in field trials. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 107(1), 74-80.
- Spieß, H. (1999): Probleme bei der Erzeugung von Saatgut im ökologischen Landbau am Beispiel von Getreide. In: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze – Erstes Fachgespräch am 18. Juni 1998 in Kleinmachnow: Pflanzenstärkungsmittel, Elektronenbehandlung. Berichte aus der BBA 50, 64-70.
- Spieß, H., Dutschke, J. (1991): Bekämpfung des Weizensteinbrandes (*Tilletia caries*) im Biologisch-Dynamischen Landbau unter experimentellen und praktischen Bedingungen. GESUNDE PFLANZEN 43(8), 264-270.
- Winter, W., Bänziger, I., Rüeßger, A. (1995): Neue Wege in der Weizen-Saatgutbeizung. Agrarforschung 2(4), 137-140.
- Winter, W., Bänziger, I., Krebs, H., Rüeßger, A., Frei, P., Gindrat, D. (1997): Warm- und Heißwasserbehandlung gegen Auflaufkrankheiten. Agrarforschung 4(11-12), 449-452.