

tion level. In 9 additional samples (0.7 %), an infestation could neither be clearly confirmed nor excluded. Repeated occurrence of the pathogen at individual sites in consecutive years was not observed. Thus, *T. controversa* generally does not play a significant role in the production of conventional winter wheat in Northern Germany. The observed very low spore concentrations could have been caused by rare infection events of seeds that had not been optimally treated with seed dressing. However, it also could have been caused by wind-blown spores originating from neighboring organic wheat fields or by contaminated harvesters or transport vehicles. *T. controversa* is a quarantine pest in several countries. According to the here reported results, it can principally also occur in the northern federal states of Germany, which is of importance for the export of wheat, depending on the country of destination.

Key words: *Tilletia controversa*, dwarf bunt, survey, *Triticum aestivum*, winter wheat, export

Einleitung

Tilletia controversa (Tilletiales, Exobasidiomycetes, Ustilaginomycotina) verursacht den Zwergsteinbrand des Getreides. Das Wirtspflanzenspektrum umfasst verschiedene Weizenarten (z. B. *Triticum aestivum*, *T. durum* und *T. spelta*) und in seltenen Fällen auch Winterroggen und etliche Wildgräser (VÁNKY, 2012). Unter optimalen Temperaturbedingungen (3 bis 8°C) kann die Keimung des Pilzes frühestens nach ca. 3 Wochen erfolgen. Die anschließende systemische Infektion der Weizenpflanzen kann wiederum nur erfolgen, wenn die Pflanzen sich in der Entwicklung zwischen Keimling und Bestockung befinden (PURDY et al., 1963; GOATES, 1996; CARRIS, 2010; JIA et al., 2013). Gefördert wird die Infektion zusätzlich durch Feuchtigkeit, nicht gefrorenem Boden und durch Schneebedeckung (TYLER & JENSEN, 1953, 1958). Aus diesen Gründen tritt *T. controversa* in den kühleren, gemäßigten Klimazonen ausschließlich an in den Wintermonaten gesättem Weizen auf (GOATES, 1996; CARRIS, 2010). Bei infizierten Pflanzen werden anstelle von Körnern mit Sporen gefüllte Brandbutten gebildet. Eine Brandbutte kann fünf bis zehn Millionen Brandsporen enthalten (JOHANSSON, 1979; 1999). Bei der Ernte brechen die Brandbutten auf und die Sporen werden auf Erntegut und Boden verteilt. Zusätzlich trägt der Wind zur stärkeren Verbreitung der Sporen bei. Die Verbreitung kann auch durch belastetes Saatgut, Stroh und Stallmist erfolgen. Im Boden können die Sporen von *T. controversa* mindestens 3 und bis zu 10 Jahre überdauern (HOLTON et al., 1949; TYLER & JENSEN, 1958; HOFFMANN, 1982).

In der Europäischen Union und in Deutschland ist *T. controversa* nicht reguliert. Durch die im konventionellen Anbau übliche Saatgutbeizung (Wirkstoffe: z. B. Difenoconazol in Kombination mit Fludioxonil und ggf. mit Tebuconazol (BVL, 2020)) und den Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes werden die in Deutschland

vorkommenden *Tilletia*-Arten (*T. controversa*, *T. caries* und *T. laevis*) soweit bekämpft, dass in Bezug auf den Ernteertrag kein wirtschaftlich relevanter Schaden entsteht und die Sporenbelastungen sehr gering gehalten werden. In einigen für den Export von Getreide interessanten Zielländern ist *T. controversa* und zum Teil auch *T. caries* aber als Quarantäneschadorganismus gelistet (IPPC, 2020a; b), sodass auch das grundsätzliche Vorkommen von *T. controversa* in Deutschland und geringe Sporenbelastungen relevant sein können. So sind z. B. Weizen-Exporte aus Deutschland nach China aufgrund des Vorkommens von *T. controversa* in Deutschland (EPPO, 2020) derzeit verboten. In Deutschland spielt *T. controversa* vor allem im ökologischen Anbau aufgrund des Verbots chemischer Saatgutbeizung eine größere Rolle und dies wegen der klimatischen Voraussetzungen insbesondere in den Mittelgebirgsregionen und im Alpenvorland Süddeutschlands (WELTZIEN & DEML, 1999). Aus wirtschaftlichen und logistischen Gründen sowie der erwarteten Befallsituation in Süddeutschland kommt für den Export jedoch ausschließlich konventionell erzeugter Winterweizen, der vorzugsweise in den nördlichen Bundesländern produziert wurde, in Betracht. Mit Blick auf angestrebte Markttöffnungsverfahren wurde daher ein amtliches zweijähriges Monitoring zur Feststellung des Befallsstatus von *T. controversa* an konventionell erzeugtem Winterweizen in den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein durchgeführt.

Material und Methoden

Probenahmeverfahren

Das Probenahmeverfahren für das Monitoring zum Vorkommen von *Tilletia controversa* an konventionell erzeugtem Winterweizen wurde in Anlehnung an ein Monitoring für *Tilletia indica* des United States Department of Agriculture (USDA) und entsprechend des International Standard for Phytosanitary Measures (ISPM) 31 der International Plant Protection Convention (IPPC) entwickelt. Das USDA-Verfahren sieht eine Probe je 27.000 t Weizen vor (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2007). Bei einer durchschnittlichen Winterweizenproduktion von ca. 15 Mio. t/Jahr im Monitoring-Gebiet (KALTENECKER et al., 2017) entspricht dies einer Probenanzahl von 560 Proben pro Jahr. Unter Berücksichtigung der Tabellen des ISPM 31 (Konfidenzniveau: 95 %; Effizienz: 85 %; Nachweisgrenze: 0,5 %) wurde eine jährliche Probenanzahl von 700 Proben angestrebt. Die Verteilung der Proben auf die am Monitoring teilnehmenden Bundesländer erfolgte gemäß dem durchschnittlichen Winterweizenertrag der Jahre 2011 bis 2015 (Tab. 1). Korrespondierend mit der Probenanzahl in jedem Bundesland wurde die Anzahl an Erfassungsbetriebe der Getreidewirtschaft für die Probenahme ausgewählt. Die Auswahl erfolgte zudem anhand der geografischen Verteilung der Betriebe, um eine möglichst

Tab. 1. Anzahl der für das Monitoring zum Vorkommen von *T. controversa* in den jeweiligen Bundesländern geplanten Proben, errechnet aus dem durchschnittlichen Winterweizenertrag der Jahre 2011–2015 [in 1000 t] (KALTENECKER et al., 2017) anteilig für die Bundesländer Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein. Des Weiteren die Anzahl der Probenahmebetriebe und die tatsächlichen Probenzahlen pro Jahr.

Bundesland	Ø Ertrag Winterweizen 2011–2015 [1000 t]	Errechnete Probenzahl für 2016 und 2017	Anzahl ausgewählter Betriebe	Tatsächliche Probenanzahl
Brandenburg	982	92	6	102
Mecklenburg-Vorpommern	2762	256	16	291
Niedersachsen	3272	304	15	308
Nordrhein-Westfalen	2334	216	10	207
Sachsen	1394	130	6	89
Sachsen-Anhalt	2551	236	11	141
Schleswig-Holstein	1792	166	8	165
Gesamt	15087	1400	72	1302

repräsentative Beprobung des jeweiligen Bundeslandes zu gewährleisten. Es wurde festgelegt, dass von jedem teilnehmenden Betrieb möglichst 11 Proben von je ca. 500 g Winterweizen genommen werden. Im Falle einer positiven *T. controversa*-Probe wurden im darauffolgenden Jahr 22 Proben aus dem jeweiligen Betrieb genommen. Insgesamt wurden so 1302 Proben untersucht, die sich auf 72 Betriebe verteilen (Tab. 1).

Die Probenahme erfolgte durch die Wirtschaftsbetriebe bei Anlieferung des Winterweizens bei den Erfassern im Rahmen der Probenahme zur Qualitätsbestimmung des Weizens. Die Probenahme fand 2016 und 2017 jeweils von August bis Oktober statt. Dabei wurden je Erfassungsbetrieb im Haupthandelsmonat August 7 Proben, im September 3 Proben und im Oktober 1 Probe von jeweils zufällig ausgewählten unterschiedlichen Landwirten im Einzugsgebiet genommen. Die Probenahme wurde stichprobenartig von den Pflanzenschutzdiensten der Länder überprüft. Die genommenen Proben wurden an der Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz, IPS2a, Mykologie untersucht. Bei Verdacht auf *T. controversa*-Sporen erfolgten unabhängige Zweituntersuchungen am Julius Kühn-Institut, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik um die Ergebnisse abzusichern.

Nachweis von *Tilletia controversa*

Der Nachweis von *Tilletia controversa* und die Differenzierung zu der nah verwandten und ähnlichen Art *T. caries* ist mittels einer vom Verband deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) anerkannten modifizierten und optimierten Filtrier-Methode der International Seed Testing Association (ISTA) durchgeführt worden (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 1984; SCHUMANN et al., 2016). Dabei werden 20 g Körner ausgezählt, gewaschen und der Überstand durch Filter mit Gitternetzlinien filtriert. Auf dem Filterpapier bleiben die anhängenden Sporen zurück und können mikroskopisch bestimmt und gezählt werden. Durch Auszählung der Sporen von 12 Gitterqua-

draten und Multiplikation mit einem entsprechenden Faktor wird die Belastung pro Korn berechnet.

Ergebnisse

Aufgrund des kurzfristigen Ausfalls verschiedener für das Monitoring vorgesehener Betriebe, einiger nicht adäquat versendeter Proben, sowie zum Teil ausbleibender Weizen-Anlieferungen durch die Landwirte, wurden in den zwei Monitoringjahren statt der geplanten 1400 Proben nur 1314 eingeschendet. Insgesamt konnten 1302 Proben von 72 Erfassungsbetrieben ausgewertet werden. Die Probenahme in den Betrieben wurde durch die Pflanzenschutzdienste der Länder im Rahmen von insgesamt 49 Betriebskontrollen stichprobenartig überprüft.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der 1302 Weizenproben wurde in 26 Fällen ein Verdacht auf Besatz mit *T. controversa*-Sporen festgestellt. In 12 Proben wurde ein Besatz mit *T. controversa*-Sporen nicht bestätigt, in 9 Proben konnte ein Besatz mit *T. controversa* Sporen aufgrund einer sehr geringen Anzahl an Sporen sowie nicht eindeutiger morphologischer Merkmale mikroskopisch weder bestätigt noch ausgeschlossen werden und in 4 Proben wurde der Besatz mit *T. controversa* bestätigt (Abb. 1). Bei diesen auf *T. controversa* positiv getesteten Proben handelte es sich um:

1. Eine Probe aus Niedersachsen, die eine Belastung von 0,22 Sporen/Korn aufwies. Diese wurde 2016 in einem Erfassungsbetrieb in Rosdorf (PLZ: 37124) aus der Weizenanlieferung eines Landwirts aus der Gemeinde Bovenden (PLZ: 37120) im Landkreis Göttingen genommen.
2. Eine Probe aus Brandenburg, die eine Belastung von 0,45 Sporen/Korn aufwies. Diese wurde 2016 in einem Erfassungsbetrieb in Fürstenwalde (PLZ: 15517) aus der Weizenanlieferung eines Landwirts aus dem Landkreis Märkisch-Oderland (PLZ: 15328) genommen.

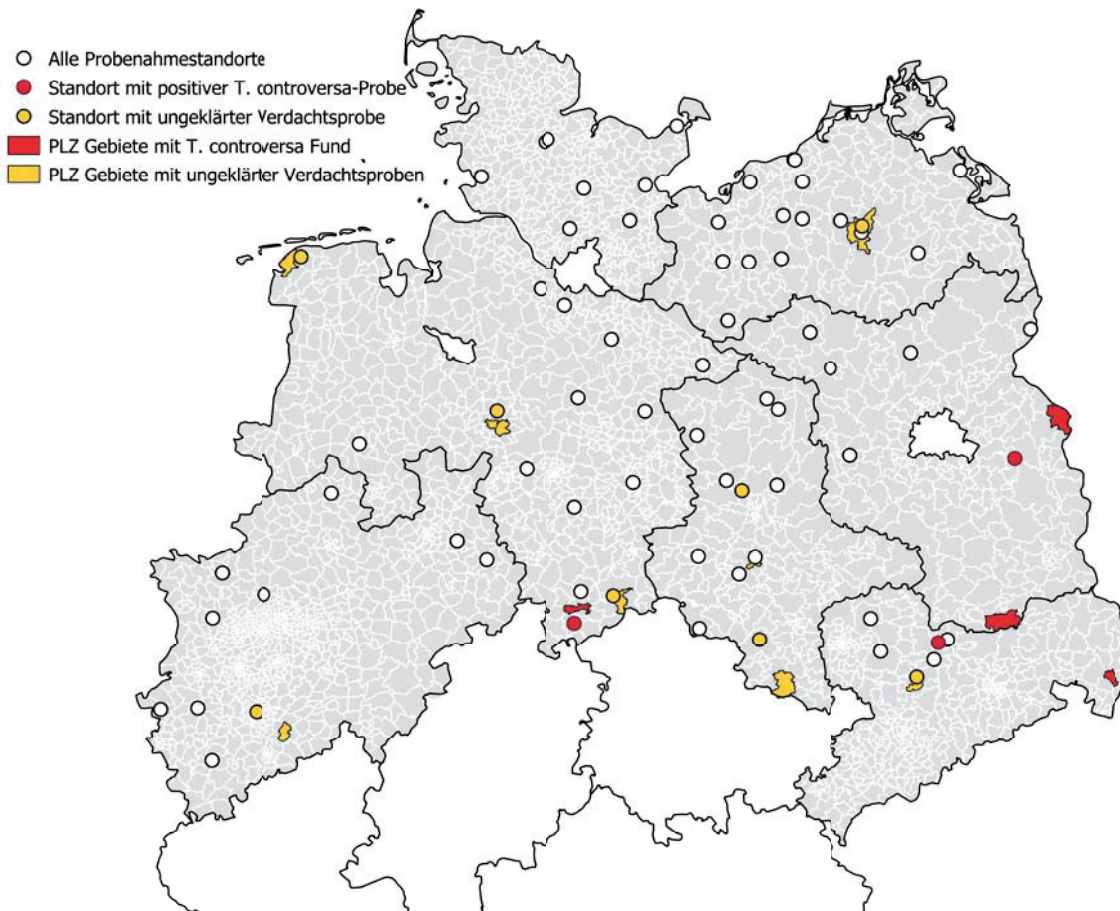


Abb. 1. Geographische Verteilung der Erfassungsbetriebe (Probenahmestandorte), die am Monitoring zum Vorkommen von *T. controversa* teilgenommen haben. Die Probenahmestandorte, in denen positive *T. controversa*-Proben (rot) oder ungeklärten Verdachtsproben (gelb) genommen wurden, sowie die Postleitzahlengebiete (Herkünfte) der *T. controversa*-Funde (rot) oder ungeklärten Verdachtsproben (gelb) sind farblich hervorgehoben.

3. Eine Probe aus Sachsen, die eine Belastung von 0,30 Sporen/Korn aufwies. Diese wurde 2017 in einem Erfassungsbetrieb in Riesa (PLZ: 01591) aus einer Weizenanlieferung eines Landwirts aus der Verwaltungsgemeinschaft Bernstadt/Schönau-Berzdorf (PLZ: 02748) genommen.
4. Eine Probe aus Brandenburg, die eine Belastung von 0,10 Sporen/Korn aufwies. Diese wurde 2017 ebenfalls in dem Betrieb in Riesa (PLZ: 01591) aus einer Weizenanlieferung eines Landwirts aus dem Landkreis Oberspreewald-Lausitz (PLZ: 01945) genommen.

Die 9 nicht eindeutig geklärten Verdachtsproben stammen aus den folgenden Erfassungsbetrieben: (1) im Jahr 2016: Niedere Börde (PLZ: 39345), Malchin (PLZ: 17139), Elbingerode (PLZ: 37412), Köln (PLZ: 50735), Schweringen (PLZ: 27333) und Querfurt (PLZ: 06268); (2) im Jahr 2017: Döbeln (PLZ: 04720), Hage (PLZ: 26524) und Schweringen (PLZ: 27333).

An den Standorten Fürstenwalde (PLZ: 15517) und Rosdorf (PLZ: 37124), an denen 2016 je eine mit *T. controversa*-Sporen kontaminierte Probe genommen wurde,

gab es 2017 trotz erhöhter Probenanzahl (22 statt 11) keine weiteren auffälligen Proben.

Diskussion

Tilletia controversa konnte an konventionell erzeugtem Winterweizen in Norddeutschland in 4 Proben (0,3 % der Proben) eindeutig nachgewiesen werden, in 9 Fällen konnte das Vorkommen des Zwergsteinbrandes weder eindeutig bestätigt noch ausgeschlossen werden. Ein wiederholtes Auftreten an einzelnen Standorten in aufeinanderfolgenden Jahren (2016 und 2017) war nicht zu beobachten. In Schleswig-Holstein wurde während des zweijährigen Monitorings kein Verdachtsfall oder tatsächlicher Fund von *T. controversa* nachgewiesen. Der Nachweis sehr geringer Sporenkonzentrationen von *T. controversa* (< 0,5 Sporen/Korn) könnte unterschiedliche Ursachen haben: (1) Durch eine z. B. nicht optimale Beizung könnte es zu einem sehr geringen Befall auf dem betroffenen Feld gekommen sein. (2) Der Befall könnte von einem benachbarten Feld mit ökologischem Weizenanbau stammen und durch Wind verbreitet worden sein.

(3) Es könnte zu einer nachträglichen Kontamination mit *T. controversa*-Sporen durch verunreinigte Erntemaschinen oder Transportfahrzeuge gekommen sein.

Alle drei Möglichkeiten sind plausibel und keine lässt sich eindeutig bestätigen oder ausschließen. Die sehr geringen Sporenbelastungen der bestätigten Fälle könnten jedoch ein schwacher Hinweis dafür sein, dass möglicherweise die konventionell bewirtschafteten Weizenfelder nicht primär von *Tilletia controversa* befallen waren, sondern dass es zu einer nachträglichen Kontamination des Weizens gekommen sein mag – entweder beim Weizentransport oder durch Windverfrachtung von Sporen.

Auch die Temperaturdaten (Abb. 2) zeigen, dass an den Orten der Befallsproben im Winter der jeweiligen Vegetationsperiode grundsätzlich Temperaturen geherrscht haben (-2°C bis 12°C über ca. 45 Tage), die eine Infektion mit *Tilletia controversa* ermöglichen (JIA et al., 2013).

In jedem Fall muss aber davon ausgegangen werden, dass *T. controversa*, entgegen der ursprünglichen Erwartung, auch in den nördlichen Bundesländern Deutschlands vorkommt und deshalb ein Befall bzw. eine Kontamination von konventionellem Winterweizen mit *T. controversa* nicht von vornherein ausgeschlossen werden kann. Dies wird durch die 4 positiven Proben und die 9

Proben, mit einem nicht eindeutigen *T. controversa*-Testergebnis, deutlich.

Der bisherige Verarbeitungsstatus von *T. controversa* für Deutschland („present, restricted distribution“) (EPPO, 2020) bleibt von den Ergebnissen des Monitorings unberührt. Das Monitoring zielte darauf ab festzustellen, ob *T. controversa* an konventionell angebautem Winterweizen in den nördlichen Bundesländern vorkommt. Eine Aussage über einen deutschlandweiten Status, in den auch ökologische Betriebe sowie der süddeutsche Raum einbezogen werden müssten, lässt sich daher nicht treffen.

Die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Methoden lassen in Grenzfällen, wie bei den insgesamt 9 Proben in denen ein Besatz mit *T. controversa* nicht zweifelsfrei ausgeschlossen werden konnte, keine eindeutige Bestimmung bzw. Differenzierung zwischen *T. controversa* und *T. caries* zu. Gegenwärtig werden molekularbiologische Methoden (LAMP und Real-Time PCR) entwickelt, die zukünftig in Zweifelsfällen ein eindeutiges Ergebnis liefern könnten. Bis diese Methoden zur Verfügung stehen, wird es aufgrund der geringen morphologischen Unterschiede zwischen *T. controversa* und *T. caries* immer wieder Grenzfälle geben, in denen eine genaue Bestimmung anhand weniger Sporen nicht möglich ist.

Abb. 2. Temperaturdaten in 5 cm Tiefe vom 15.10.2015–15.03.2016 an den Orten der Befallsproben. A) Gemeinde Bovenden: Wetterstation 1691 (Göttingen), B) Landkreis Märkisch-Oderland: Wetterstation 3158 (Manschnow) und 15.10.2016–15.03.2017 C) Verwaltungsgemeinschaft Bernstadt/Schönau-Berzdorf: Wetterstation 2252 (Bertsdorf-Hörnitz), D) Landkreis Oberspreewald-Lausitz: Wetterstation 2627 (Klettwitz). Datenquelle: DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC) (2018).

