

Jan Eike Rudloff<sup>1</sup>, Robert Bauer<sup>2</sup>, Peter Büttner<sup>2</sup>, Somayehh Sedaghatjoo<sup>1</sup>, Nadine Kirsch<sup>1</sup>, Wolfgang Maier<sup>3</sup>

## Monitoring zum Vorkommen von *Tilletia controversa* an konventionell erzeugtem Winterweizen in Norddeutschland

Survey on the occurrence of *Tilletia controversa* in conventionally produced winter wheat in Northern Germany

447

### Zusammenfassung

Der Erreger des Zwergsteinbrandes des Weizens, *Tilletia controversa*, kommt in Deutschland bislang hauptsächlich im ökologischen Anbau in Süddeutschland vor und dort insbesondere in den Mittelgebirgen und im Alpenvorland. Ob *T. controversa* auch in den nördlichen Bundesländern an konventionell erzeugtem Winterweizen auftritt, sollte mit einem Monitoring in den Jahren 2016 und 2017 aufgeklärt werden. Entsprechend der Weizen-erzeugungsmengen in den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein wurden insgesamt 1302 Weizenkorn-Proben von geographisch repräsentativ verteilten Erfassungsbetrieben untersucht. Von diesen wurden 4 eindeutig positiv auf *T. controversa* getestet (0,3 %). Mit < 0,5 Sporen/Korn war die Sporenbelastung sehr gering. Bei 9 weiteren Proben (0,7 %) konnte ein Befall weder eindeutig bestätigt noch ausgeschlossen werden. Ein wiederholtes Auftreten an einzelnen Standorten in aufeinanderfolgenden Jahren war nicht zu beobachten. Somit spielt *T. controversa* für die Produktion von konventionellem Winterweizen in Norddeutschland praktisch keine Rolle. Die geringen beobachteten Sporenkonzentrationen könnten einerseits durch ein sehr niedriges Infektionsniveau auf dem Feld an nicht optimal gebeiztem Saatgut verursacht worden sein. Andererseits ist es auch möglich, dass sie durch den Eintrag von Sporen aus benachbarten Feldern

mit ökologischem Weizenanbau oder durch verunreinigte Erntemaschinen bzw. Transportfahrzeuge hervorgerufen worden sind. *T. controversa* ist in einigen Ländern ein Quarantäneschadorganismus. Da er nach den vorliegenden Ergebnissen grundsätzlich auch in den nördlichen Bundesländern vorkommen kann, ist dies je nach Zielland von Bedeutung für den Export von Weizen.

**Stichwörter:** *Tilletia controversa*, Zwergsteinbrand, Monitoring, *Triticum aestivum*, Winterweizen, Export

### Abstract

In Germany the causal agent of dwarf bunt of wheat, *Tilletia controversa*, has so far been found mainly in organic farming in the southern part of the country, and there especially in the mid mountain ranges and in the Alpine foothills. Whether *T. controversa* also occurs in conventionally produced winter wheat in the northern federal states was subject of a survey in the years 2016 and 2017. According to the wheat production levels in the German federal states Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Lower Saxony, North Rhine-Westphalia, Saxony, Saxony-Anhalt and Schleswig-Holstein a total of 1302 wheat grain samples were analysed originating from geographically representatively distributed operators. 4 of which tested positive for *T. controversa* (0.3 %). With < 0.5 spores per grain these exhibited a very low contamina-

### Affiliationen

<sup>1</sup> Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Braunschweig

<sup>2</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz, IPS2a, Mykologie, Freising

<sup>3</sup> Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Braunschweig

### Kontaktanschrift

Jan Eike Rudloff, Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, E-Mail: jan-eike.rudloff@julius-kuehn.de

### Zur Veröffentlichung angenommen

30. Juni 2020

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 Marktöffnungsverfahren 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
<b>Gesamt</b>	<b>15087</b>	<b>1400</b>	<b>72</b>	<b>1302</b>

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-

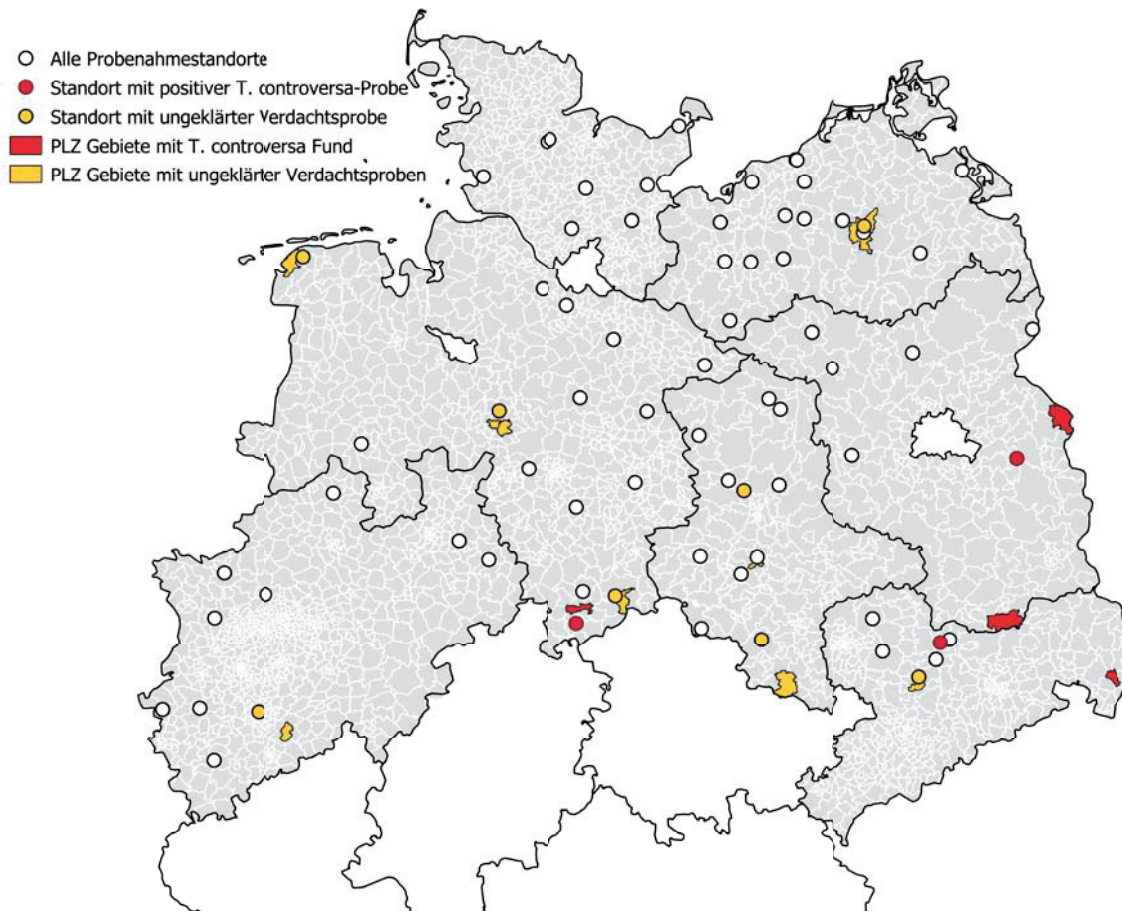
draten und Multiplikation mit einem entsprechenden Faktor wird die Belastung pro Korn berechnet.

### 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 eingeschickt. 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.

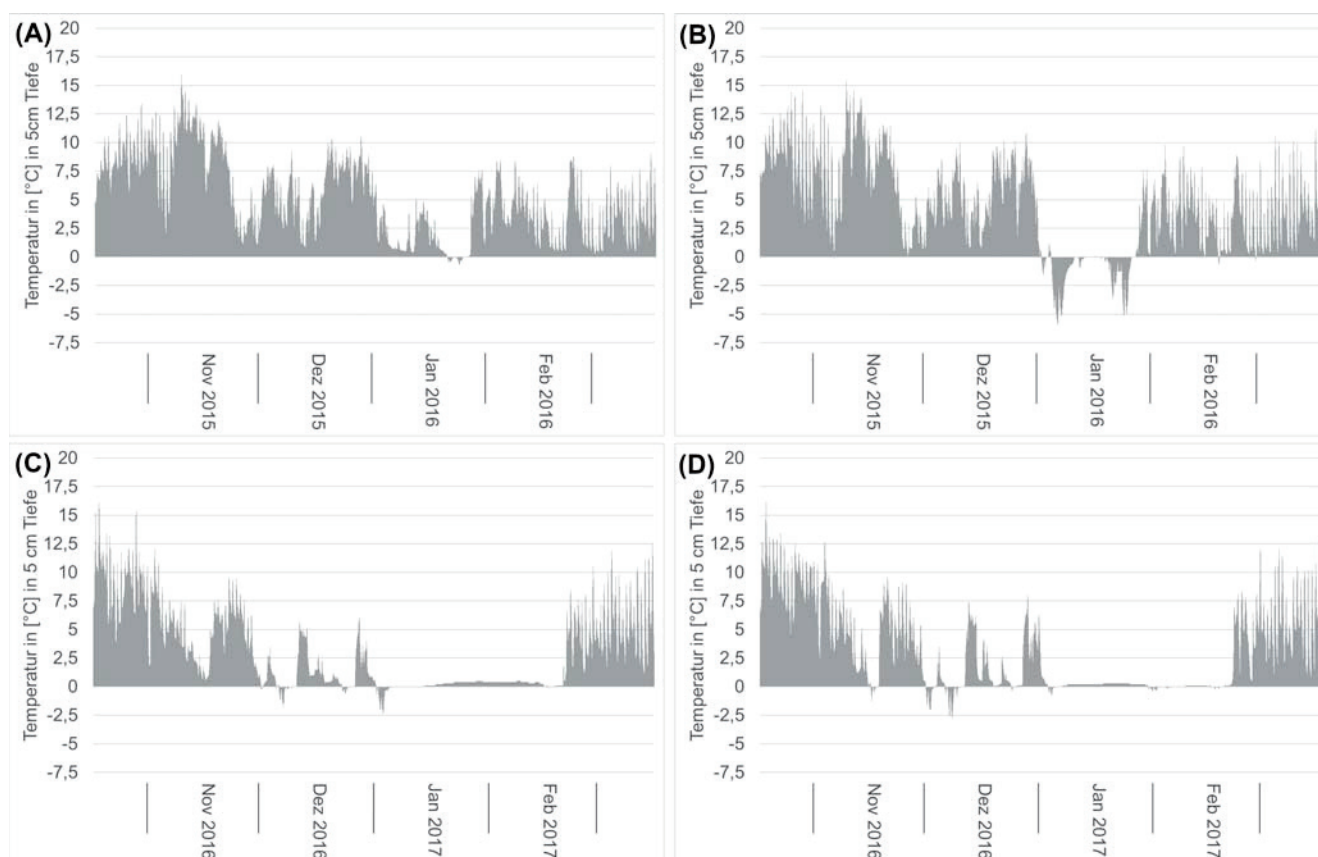
Auch die Temperaturdaten (Abb. 2) zeigen, dass an den Orten der Befallsproben im Winter der jeweiligen Vegetationsperiode grundsätzlich Temperaturen geherrscht haben ( $-2^{\circ}\text{C}$  bis  $12^{\circ}\text{C}$  über ca. 45 Tage), die eine Infektion mit *Tilletia controversa* ermöglichen (JIA et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

## Danksagung

Die Autoren danken dem Deutschen Raiffeisenverband e.V., dem Verein der Getreidehändler der Hamburger Börse e.V. und dem Bundesverband der Agrargewerblichen Wirtschaft e.V. für die Finanzierung des Monitorings.

## Erklärung zu Interessenskonflikten

Die Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.


## Literatur

- BVL, 2020: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Online-Datenbank zugelassener Pflanzenschutzmittel. URL: [www.bvl.bund.de/infopsm](http://www.bvl.bund.de/infopsm).
- CARRIS, L.M., 2010: Smuts. In: *Compendium of Wheat Diseases and Pests*. Eds.: BOCKUS, W.W., R.L. BOWDEN, R.M. HUNGER et al., Minnesota, USA, The American Phytopathological Society (APS) Press, S. 60-64.
- DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC), 2018: Stündliche Stationsmessungen der Erdbodentemperatur in 5 cm Tiefe in °C für Deutschland, Version v18.1. Access 21.08.2018, URL: <https://cdc.dwd.de/portal/>.
- EPPO, 2020: EPPO Global Database, *Tilletia controversa* (TILLCO). Access 23.04.2020, URL: <https://gd.eppo.int/taxon/TILLCO>.
- GOATES, B.J., 1996: Common bunt and dwarf bunt. In: *Bunt and smut diseases of wheat: concepts and methods of disease management*. Eds.: WILCOXSON, R.D., E.E. SAARI, Mexiko D.F., CIMMYT.
- HOFFMANN, J.A., 1982: Bunt of Wheat. *Plant Disease* **66** (11), 979-986.
- HOLTON, C.S., R.H. BAMBERG, R.W. WOODWARD, 1949: Progress in the study of dwarf bunt of winter wheat in the Pacific Northwest. *Phytopathology* **39**, 986-1000.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, I., 1984: Working Sheet No. 53, *Triticum aestivum*, *Tilletia controversa* Kühn, *Tilletia caries* (DC) Tul., *Tilletia foetida* (Wallr.) Liro. In: *ISTA Handbook on Seed Health Testing*. Zürich, Schweiz, International Seed Testing Association.
- IPPC, 2020a: Catalogue of Quarantine Pests for Import Plants to the People's Republik of China; last updated: December 2019. Access 22.06.2020, URL: [www.ippc.int/en/countries/china/reportingobligation/3](http://www.ippc.int/en/countries/china/reportingobligation/3).
- IPPC, 2020b: Lista de Plagas Reglamentadas de Mexico; last updated: February 2019. Access 22.06.2020, URL: [www.ippc.int/en/countries/mexico/reportingobligation/3](http://www.ippc.int/en/countries/mexico/reportingobligation/3).
- JIA, W.-M., Y.-I. ZHOU, X.-Y. DUAN, Y. LUO, S.-L. DING, X.-R. CAO, D.L.F. BRUCE, 2013: Assessment of Risk of Establishment of Wheat Dwarf Bunt (*Tilletia controversa*) in China. *Journal of Integrative Agriculture* **12** (1), 87-94, DOI: 10.1016/S2095-3119(13)60208-7.
- JOHNSON, L., 1979: Dvärgstinksot (*Tilletia controversa*) och vanligt stinksot (*Tilletia caries*) i svenskt Vete. *Vaxtskyddrapporter* **6**, 1-19.
- JOHNSON, L., 1999: Vanligt stinksot och dvärgstinksot i vete. *Faktablad om Växtskydd - Jordbruk*, 41 J.
- KALTENECKER, S., S. KEMPER, D. SCHAACK, W. VON SCHENCK, 2017: AMI Markt Bilanz Getreide - Ölsaaten - Futtermittel 2017. Bonn, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH.
- PURDY, L.H., E.L. KENDRICK, J.A. HOFFMANN, C.S. HOLTON, 1963: Dwarf Bunt of Wheat. *Annual Review of Microbiology* **17**, 199-222.
- SCHUMANN, S., P. BÜTTNER, B. HERTEL, U. PREIß, S. KRÄMER, W. MAIER, 2016: Nachweis von *Tilletia* spp. an Getreidesaatgut mittels Filtrationsmethode - Eine neue optimierte Untersuchungsmethode. *Beschlussammlung der Fachgruppe Saatgut im VDLÜFA*, 1-3.
- TYLER, L.J., N.F. JENSEN, 1953: Protective cover - A factor influencing the development of dwarf bunt in winter wheat. *Plant Disease Reporter* **37** (9), 465-466.
- TYLER, L.J., N.F. JENSEN, 1958: Some factors that influence development of dwarf bunt in winter wheat. *Phytopathology* **48**, 565-571.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2007: *Karnal Bunt Manual*. Washington, D.C., USA, United States Department of Agriculture.
- VÁNKY, K., 2012: *Smut fungi of the world*. St. Paul, APS Press.
- WELTZIEN, H.C., G. DEML, 1999: Zwergsteinbrand, *Tilletia controversa* Kühn, in Deutschland 1997. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **51** (4), 94-95.

© Der Autor/Die Autorin 2020.

 Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

© The Author(s) 2020.

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).