

Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt  
für Land- und Forstwirtschaft  
Berlin-Dahlem

Heft 117

Januar 1966



**Untersuchungen über die physiologische  
Spezialisierung von *Tilletia caries* (DC.) Tul. und  
*Tilletia controversa* Kühn in Deutschland und das  
Resistenzverhalten von Weizensorten**

Von

**Dr. G. Schuhmann**

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft  
Institut für Pflanzenschutzmittelforschung, Berlin-Dahlem

Berlin 1966

*Herausgegeben von der  
Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*

Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg  
1 Berlin 61, Lindenstraße 44-47 (Westberlin)



# Inhalt

	Seite
<b>I. Einleitung und Problemstellung</b> .....	5
<b>II. Material und Methoden</b>	
A. <i>Tilletia</i> -Herkünfte .....	7
B. Weizensorten .....	9
C. Infektionsmethoden .....	10
1. <i>Tilletia caries</i> .....	10
2. <i>Tilletia controversa</i> .....	10
<b>III. In Deutschland vorkommende Steinbrandarten des Weizens</b>	
A. Literaturübersicht und Fragestellung .....	15
B. Eigene Beobachtungen .....	17
1. <i>Tilletia caries</i> .....	17
2. <i>Tilletia controversa</i> .....	19
<b>IV. Physiologische Spezialisierung von <i>Tilletia caries</i> und <i>Tilletia controversa</i> und Resistenzverhalten der Weizensorten</b>	
A. Allgemeines .....	20
B. <i>Tilletia caries</i> , physiologische Rassen .....	21
1. Fragestellung .....	21
2. Keimschnelligkeit .....	22
a) Literatur	
b) Eigene Untersuchungen	
c) Besprechung der Versuchsergebnisse	
3. Bodenverseuchung durch <i>T. caries</i> .....	27
4. Pathogenität von <i>T. caries</i> -Herkünften für Weizen .....	31
C. <i>Tilletia controversa</i> , physiologische Rassen .....	33
1. Pathogenität von <i>T. controversa</i> -Herkünften für Weizen .....	33
a) Literatur und Fragestellung	
b) Infektionsversuche Nr. 1—10 .....	35
2. Pathogenität von <i>T. controversa</i> -Herkünften für Roggen und Anfälligkeit deutscher Roggensorten .....	62
a) Literatur und Fragestellung	
b) Anfälligkeit deutscher Roggensorten	
c) Pathogenität von <i>T. controversa</i> -Herkünften bei Roggen	
d) Besprechung der Infektionsergebnisse	

	Seite
D. Resistenz von Weizensorten gegen <i>Tilletia caries</i> und <i>T. controversa</i> .....	66
1. Fragestellung .....	66
2. Infektionsversuche Nr. 1--7 mit <i>T. controversa</i> .....	66
3. Infektionsversuche Nr. 8--10 mit <i>T. caries</i> .....	69
4. Besprechung der Infektionsergebnisse .....	69
a) Resistenzeigenschaften von Weizensorten des allgemeinen Weizensortimentes	
b) Anfälligkeit neuerer deutscher Weizensorten	
E. Schlußfolgerung aus den Untersuchungen über die pathogene Spezialisierung von <i>T. controversa</i> und das Resistenzverhalten der Weizensorten .....	81
<b>V. Ausblick</b> .....	85
<b>VI. Zusammenfassung</b> .....	87
<b>VII. Literatur</b> .....	88

## I. Einleitung und Problemstellung

Im gesamten Verbreitungsgebiet des Weizens auf allen Erdteilen sind die Steinbrandarten *Tilletia caries* (DC.) Tul. und *T. foetida* (Wallr.) Liro, zu denen in einigen Ländern, insbesondere Amerika, Rußland, dem Balkan und Deutschland noch *T. controversa* Kühn kommt, gefährliche Schadpilze für den Weizen; als Schädiger des Brotgetreideanbaues verursachen sie einige der wichtigsten Pflanzenkrankheiten überhaupt. Zwar ist die Verseuchung durch die Normalsteinbrandarten *T. caries* und *T. foetida* in Gebieten mit einer höher entwickelten Landwirtschaft infolge intensiver Abwehrmaßnahmen erheblich zurückgegangen, und Ertragsausfälle, die z. B. im Staate Kansas, dem wichtigsten Weizenproduzenten der USA, im vergangenen Jahrhundert in manchen Jahren mit 25—50 % der Weizenernte beziffert wurden (Fischer and Holton 1957), sind heute selten geworden und bleiben auf einzelne Felder beschränkt; doch kann mit großer Sicherheit vorausgesagt werden, daß die Unterlassung regelmäßiger Abwehrmaßnahmen in wenigen Jahren wieder große, ähnliche Verluste zur Folge haben würde. Rechtfertigen läßt sich solche Befürchtung durch Meldungen über stärkeres Auftreten von *T. caries* in Deutschland während der letzten Jahrzehnte, meistens infolge mangelhafter oder unterlassener Beizung (Klemm 1940, Spindler 1943/44, Keding 1953, Böning 1954, Härle 1954, Klemm u. Mitarb. 1956, Weltzien 1957), ferner durch Veröffentlichungen aus anderen Ländern, insbesondere einigen Balkanstaaten, wo in den vergangenen 20 Jahren an manchen Orten bis zu 90 % Ernteaufschläge verzeichnet wurden (Lit. Zusammenfsg. bei Fischer and Holton 1957, Schuhmann 1962).

Seit rund 30 Jahren, vermehrt in den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg, sind in Deutschland und anderen europäischen Ländern hin und wieder Klagen laut geworden, daß der Weizensteinbrand trotz Beizung stärker aufgetreten ist (Krause 1932, Winkelmann 1935, Pichler 1950, Rademacher 1951, Kirchner 1953, Böning 1954, Müller 1954, Müller und Schuhmann 1954, Winkelmann und Paul 1954, Weltzien 1957). Beim Bemühen um Aufklärung dieser angenommenen Bekämpfungsfehlschläge sind verschiedene Ansichten untersucht und vertreten worden. Zur Diskussion standen die ungenügende Wirkung von Beizmitteln unter dem Einfluß einer Bodenverseuchung mit Brandsporen oder infolge unterschiedlicher Empfindlichkeit einzelner Rassen des normalen Steinbrandregers. Daneben wurden Umweltbedingungen und das Ausmaß der Saatgutverseuchung mit Brandsporen als Erklärung für eine geringere Wirkung der Beizmittel herangezogen. In Deutschland muß damit gerechnet werden, daß der Zwergbrand vor seiner Entdeckung durch Malmus (1942) fälschlich als gewöhnlicher Steinbrand angesehen wurde, wodurch das Vorkommen von Brandähren in gebeizten Beständen leicht erklärt werden könnte, da sich dieser Pilz durch die gebräuchliche Saatgutbehandlung mit quecksilberhaltigen Präparaten nicht bekämpfen läßt.

Sicher ist der Zwergsteinbrand (*Tilletia controversa*) schon im letzten Jahrhundert in Deutschland zu finden gewesen, wie aus Exsikkaten hervorgeht (Fischer and Duran 1956, Böning 1958). Noch nicht völlig geklärt ist dagegen, weshalb dieser Pilz erst 1942 von Malmus als besondere Art erkannt wurde und sich in den folgenden Jahren verstärkt ausgebreitet hat (Wagner

1948, W a r m b r u n n 1952). Zunächst wurden in Weizenbeständen der Schwäbischen Alb und in einigen Gebieten Bayerns, etwa bis zum Jahre 1950, nur wenige Prozent Zwergbrandkranker Halme gefunden. In den folgenden Jahren ist dann eine stärkere Zunahme beobachtet worden und 1953 hat W a g n e r (1953) in zahlreichen Gemeinden Bayerns Felder mit 50–70 % Zwergbrand festgestellt. Aus Württemberg lagen Meldungen über einen Befall von 30–40 % vor. In den späteren Jahren wurde nur gelegentlich ein stärkeres, aber örtlich begrenztes Auftreten beobachtet (S t a u b e r 1955). Den bis dahin größten Schaden richtete die Krankheit in den Befallsgebieten Bayerns und Württembergs im Jahre 1958 an. In den Spitzenfällen wurden kranke Weizenbestände mit 75 % Brandähren nachgewiesen (Briefl. Mitt. an Verf., B a c h t a l e r 1958). Anschließend war wieder ein auffallender Rückgang zu verzeichnen, wengleich die Krankheit im Verbreitungsgebiet sporadisch überall anzutreffen war. Schließlich mußten 1963 infolge günstiger Infektionsbedingungen wiederum starke Ausfälle hingenommen werden. W a r m b r u n n (1963) berichtete, daß auf der Schwäbischen Alb Befallsgrade von 50–70 % keine Seltenheit waren und in einzelnen Fällen bis 90 % erreichten. Ebenso trat der Zwergbrand 1963 in Bayern ungewöhnlich stark auf. In manchen Gemeinden wurde er dabei erstmals festgestellt. Insgesamt waren 71 Landkreise betroffen, mit stärkstem Befall in Ober- und Niederbayern. 400 ha Saatgutvermehrungsflächen mußten wegen Zwergbrandbefall aberkannt werden (Meldungen der Bayer. Landesanst. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz an die BBA).

Es hat demnach den Anschein, als ob die Zwergbrandschäden zunehmen. Die Ursachen hierfür werden hauptsächlich mit dem verstärkten Weizenanbau in Verbindung gebracht (W a g n e r 1956, K a n z l e r 1958). Geeignete Witterungsbedingungen gehören zu den wesentlichen Voraussetzungen für hohe Ausfälle in bestimmten Jahren.

Gelegentlich wurde der Zwergsteinbrand auch auf Roggen gefunden und sehr selten auf Gräsern (Lit. Zusammenfssg. bei S c h u h m a n n 1962, P u r d y u. Mitarb. 1963).

Im Unterschied zum Normalsteinbrand, der durch regelmäßige Saatgutbeizung unter Kontrolle gehalten werden kann, ist die Bekämpfung des Zwergsteinbrandes noch nicht in gleicher Weise gelöst. Im Vordergrund stehen daher die Kulturmaßnahmen, unter denen die wesentlichste Bedeutung einer weitgestellten Fruchtfolge zukommt. Sommerweizen kann eingeschaltet werden, da er nicht befallen wird. Betriebswirtschaftliche Überlegungen stehen diesen Maßnahmen jedoch häufig entgegen. Die Behandlung der Bodenoberfläche mit Fungiziden als weitere Möglichkeit ist bei mittlerem Befall voll wirksam, hat sich aber wegen der hohen Mittelkosten und des zusätzlichen Arbeitsaufwandes nicht durchsetzen können. Die jüngste Entwicklung zielt auf die Verwendung hexachlorbenzolhaltiger Saatgutbeizmittel, die jedoch keine volle Wirkung erwarten lassen (W a g n e r 1963, W a r m b r u n n 1963, Lit. Zusammenfssg. bei S c h u h m a n n 1962).

In USA ist die Niederhaltung des Zwergsteinbrandes im wesentlichen durch den Anbau resistenter Sorten gelungen, ein Weg, der dort ebenso erfolgreich zur Eindämmung der übrigen Steinbrandarten des Weizens eingeschlagen wurde (F i s c h e r and H o l t o n 1957, H o l t o n 1959, P u r d y u. Mitarb. 1963). Demgegenüber hat man in Deutschland der Resistenzzüchtung gegen *Tilletia*-Arten kaum Beachtung geschenkt.

Diese Situation hat hier Veranlassung gegeben, die physiologische Spezialisierung der in Deutschland vorkommenden Weizensteinbrandarten *T. caries* und *T. controversa* nach folgenden Gesichtspunkten zu untersuchen:

1. Zunächst galt es, zur Vermeidung von Mißverständnissen, die in Deutschland vorkommenden *Tilletia*-Arten abzugrenzen, besonders nachdem Š a v u l e s c u u. Mitarbeiter, erstmals 1942, die Behauptung aufgestellt hatten, in Deutschland werde der gewöhnliche Steinbrand nicht, wie bisher allgemein angenommen, durch *T. caries* (= *T. tritici*), sondern durch *T. triticoides* ausgelöst.

2. Zur Ergänzung der Beobachtungen über die ungenügende Wirkung von Beizmitteln war weiterhin zu prüfen, ob diese Mißerfolge auch auf das Vorkommen von *T. caries*-Rassen mit besonderen biologischen Eigenschaften zurückgeführt werden können. Denkbar wäre das Auftreten von Hybriden zwischen *T. caries* und *T. controversa*, wie sie in Amerika von H o l t o n (1954) gefunden wurden. Solche Formen könnten leicht verborgen bleiben, wenn das Befallsbild demjenigen ähnlich ist, das durch *T. caries* hervorgerufen wird. Wir konzentrierten uns deshalb bei *T. caries* auf Untersuchungen über die Keimschnelligkeit der Brandsporen, die bekanntlich das am besten kennzeichnende biologische Unterscheidungsmerkmal beider *Tilletia*-Arten ist. Zur Beurteilung unterschiedlicher Befallshöhen sollte außerdem durch Feldversuche ein begrenzter Einblick in die pathogene Spezialisierung von *T. caries* in Deutschland in Verbindung mit dem Resistenzverhalten der Weizensorten gewonnen werden.

3. Das verstärkte Auftreten des Zwergsteinbrandregers zwingt zur Ausnutzung aller Abwehrmöglichkeiten, zu denen auch der Anbau hiergegen resistenter Weizensorten gehört. Hauptziel der Untersuchungen war deshalb die Prüfung der Voraussetzungen für diese Abwehrmaßnahme unter den hiesigen Verhältnissen. Neben der Ermittlung des Resistenzverhaltens der vorhandenen Weizensorten ist daher die Variabilität des Zwergbrandpilzes, d. h. seine pathogene Spezialisierung und sein pathogenes Anpassungsvermögen, im Hinblick auf eine erfolgreiche Resistenzzüchtung besonders eingehend untersucht worden. Da der Zwergsteinbrand gelegentlich auch auf Roggen vorkommt, wurden die Anfälligkeit deutscher Roggensorten und die Pathogenität von Zwergbrandherkünften in diesem Bereich mitgeprüft.

## II. Material und Methoden

### A. *Tilletia*-Herkünfte

Für die nachfolgenden Untersuchungen über die physiologische Spezialisierung von *T. caries* und *T. controversa* und zur Infektion des Getreides standen die in den Tabellen 1 und 2 aufgeführten Brandherkünfte zur Verfügung, die Brandährensammlungen von jeweils einem Feldstück und einer Weizensorte hauptsächlich aus der Ernte 1958 entstammten. Diese ursprünglichen Sammlungen\*) hatten einen verschiedenen Umfang, der von etwa 100 bis zu einigen tausend Brandähren schwankte. Eine Vermehrung ist nach Bedarf über anfällige Weizensorten auf dem Dahlemer Versuchsfeld der Biologischen Bundesanstalt für Land- und

\*) Bei der Beschaffung haben mich mehrere Herren, insbesondere Prof. Dr. H. Müller, Prof. Dr. K. Böning, Dr. Fritz Wagner, Dr. K. Warmbrunn und einige Leiter von Landwirtschaftsämtern unterstützt, denen ich an dieser Stelle nochmals Dank sagen möchte.

Forstwirtschaft vorgenommen worden, wo auch alle übrigen Versuche durchgeführt wurden. Die Herkunftsnumerierung aus unserer gesamten Sporensammlung in Dahlem ist beibehalten worden, obgleich nur eine Auswahl in die vorliegenden Untersuchungen aufgenommen werden konnte.

Tab. 1. Herkünfte von *Tilletia caries*

Herk. Nr.	Herkunftsort	Herk. Nr.	Herkunftsort
1	Dahlem	15	unbekannt, Bayern
2	München	16	unbekannt, Bayern
3	München	17	Bonn
4	München	18	Eifel
5	Stuttgart	19	Köfering b. Regensburg, Bayern
6	Münster	23	Irlbach Krs. Straubing, Bayern
7	Bonn	24	Irlbach Krs. Straubing, Bayern
8	Herford	25	Irlbach Krs. Straubing, Bayern
9	Puch b. Fürstenfeldbruck, Bayern	26	Irlbach Krs. Straubing, Bayern
10	Bermaringen über Blaubeuren, Württ.	60	Erbach Krs. Ulm, Württ.
11	Ihringer Hof, Württ.	62	Duttenberg Krs. Heilbronn, Württ.
12	Bermaringen über Blaubeuren, Württ.	63	Neuler Krs. Aalen, Württ.
13	Heldenfingen, Württ.	118	Magdeburg
14	unbekannt, Bayern	125	Petzenkirchen, Österreich
		126	unbekannt, Schweiz

Tab. 2. Herkünfte von *Tilletia controversa*

Herk. Nr.	Herkunftsort	Herk. Nr.	Herkunftsort
51	Apperthofen Krs. Ingolstadt, Bayern	185	Burgmannshofen Krs. Donauwörth, Bayern
65	Schnaitheim Krs. Heidenheim, Württ.	186	Burgmannshofen Krs. Donauwörth, Bayern
66	Aspachhof Krs. Heidenheim, Württ.	187	Blossenau Krs. Donauwörth, Bayern
67	Reutti Krs. Ulm, Württ.	188	Überbach Krs. Kempten, Bayern
69	Marktoberdorf, Bayern	189	Ussenried Krs. Kempten, Bayern
179	Attenkaisen Krs. Landau, Bayern	190	Leubas Krs. Kempten, Bayern
180	Attenkaisen Krs. Landau, Bayern	191	Reinharts Krs. Kempten, Bayern
181	Riedlingen, Württ.	192	Eichholz Krs. Kempten, Bayern
182	Eschlbach Krs. Straubing, Bayern	193	Gnarn Krs. Mallersdorf, Bayern
183	Kitzbühl Krs. Passau, Bayern	194	Bollstadt Krs. Nördlingen, Bayern
184	Lippertsweiler Krs. Ravensburg, Württ.	195	Bollstadt Krs. Nördlingen, Bayern



Herk. Nr.	Herkunftsort	Herk. Nr.	Herkunftsort
196	Krs. Pfarrkirchen, Bayern	216	Buchreith Krs. Dingolfing, Bayern
197	Bollstadt Krs. Nördlingen, Bayern	217	Herbrechtingen Krs. Heidenheim, Württ.
198	Bollstadt Krs. Nördlingen, Bayern	218	Küpfendorf Krs. Heidenheim, Württ.
199	Oberschwaningen Krs. Dinkelsbühl, Bayern	219	Villingen, Württ.
200	Steinberg Krs. Griesbach, Bayern	220	Tannenberg Krs. Schongau, Bayern
201	Bartholomä Krs. Schwäb. Gmünd, Württ.	221	Weißenstein Krs. Göppingen, Württ.
202	Apperthofen Krs. Ingolstadt, Bayern	222	Weißenstein Krs. Göppingen, Württ.
203	Justingen Krs. Münsingen, Württ.	223	Lützelalb Krs. Göppingen, Württ.
204	Pfarrkirchen, Bayern	226	Marktoberdorf, Bayern
205	Großarmschlag Krs. Grafenau, Bayern	227	Wasserburg, Bayern
206	Windischhausen Krs. Gunzenhausen, Bayern	228	Friedersdorf Krs. Vilsbiburg, Bayern
207	Krs. Parsberg, Bayern	229	Neutzkam Krs. Vilsbiburg, Bayern
208	Haag Krs. Landshut, Bayern	230	Tannheim Krs. Donaueschingen, Württ.
209	Büchl Krs. Mainburg, Bayern	231	Oberzell Krs. Kaufbeuren, Bayern
210	Woffenricht Krs. Sulzbach-Rosenberg, Bayern	232	Beilngries über Neumarkt, Bayern
211	Römlinsdorf Krs. Rottweil, Württ.	233	Königsheim Krs. Tuttlingen, Württ.
212	Bernbeuren Krs. Schongau, Bayern	234	Krs. Heidenheim, Württ.
213	Altheim/Alb Krs. Ulm, Württ.	235	Kronburg Krs. Memmingen, Bayern
214	Mägerkingen Krs. Reutlingen, Württ.		
215	Würtingen Krs. Reutlingen, Württ.		

## B. Weizensorten

Die Weizensorten wurden vom Institut für Botanik der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig-Gliesmarode, vom Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung in Köln-Vogelsang, vom United States Department of Agriculture in Beltsville/Maryland, von Prof. Dr. L. N o u l a r d in Gembloux/Belgien, von den privaten Züchtern in Deutschland und mehreren Kollegen zur Verfügung gestellt\*). Sie sind auf dem Dahlemer Versuchsfeld weiter vermehrt worden. Die Spezies-Zugehörigkeit dieser Sorten ist in den Tabellen mit folgenden Abkürzungen gekennzeichnet worden:

- b = *Triticum boeoticum* Boiss. em. Schiem. (= *aegilopoides* Bal.)  
m = *T. monococcum* L.

\*) Auch diesen Stellen gilt mein Dank.

t	=	<i>T. timopheevi</i> Zhukov
di	=	<i>T. dicoccum</i> Schübl.
dur	=	<i>T. durum</i> Desf.
tu	=	<i>T. turgidum</i> L.
ae sp	=	<i>T. aestivum</i> L. em. Thell. ssp. <i>spelta</i> (L.) Thell.
ae v	=	<i>T. aestivum</i> ssp. <i>vulgare</i> (Vill., Host) MacKey
ae co	=	<i>T. aestivum</i> ssp. <i>compactum</i> (Host) MacKey

## C. Infektionsmethoden

### 1. *T. caries*

Die Infektion des Weizens mit *T. caries* bereitete keine Schwierigkeiten. Sie ist in allen Versuchen nach der allgemein bekannten Methode durch künstliche Verseuchung des Saatgutes mit Brandsporen ausgeführt worden. Zuvor wurden die Weizenproben 15 Minuten in einer 0,1 %igen Lösung eines aus dem Handel bezogenen Naßbeizmittels mit dem Wirkstoff Methoxyäthylquecksilberchlorid getaucht, in Leitungswasser nachgespült und bei Zimmertemperatur zurückgetrocknet, um unbeabsichtigte Verunreinigungen mit fremden Sporenherkünften auszuschalten. Die benötigten Brandsporen wurden durch Zerschlagen von Brandähren in einem Mixer und mit Hilfe eines Siebsatzes, von dem das letzte Sieb eine lichte Maschenweite von 0,3 mm hatte, gewonnen. Das abgeseibte, trockene Sporenpulver wurde bis zur weiteren Verwendung in Tüten oder in mit Korken verschlossenen Flaschen im Laboratorium gelagert. Die zu infizierenden Saatgutproben wurden, soweit nicht anders vermerkt, mit 0,5 Gewichtsprozent Sporenstaub versetzt und in Erlenmeyer-Kolben unter Verwendung einer rotierenden Schüttelmaschine 3 Minuten gründlich gemischt.

Auf dem Versuchsfeld ist der so vorbereitete Weizen aus Reagenzgläsern 2–4 cm tief in Saatrillen bei 20 cm Reihenabstand ausgelegt und unmittelbar danach abgedeckt worden. Bei den Vorprüfungen über das Resistenzverhalten sind die Weizensorten auch in Horstsaat mit Hilfe eines Saattrichters ausgesät worden, da die Kornzahl je Sorte hierbei niedrig gehalten werden konnte.

In der Fruchtfolge stand der Weizen gewöhnlich nach einer Hackfrucht, meistens Kartoffeln, und erhielt eine normale Volldüngergabe von 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 120 kg K<sub>2</sub>O und 60–80 kg N je ha, von der <sup>2</sup>/<sub>3</sub> des Stickstoffs erst im Frühjahr als Kopfdüngung gegeben wurden. In Resistenzprüfungen mit Primitiv-Sorten und amerikanischen Kultursorten wurde auf die Stickstoffgabe im Frühjahr wegen der damit verbundenen erhöhten Lagergefahr verzichtet. Bei Weizenaussaaten im Oktober bis Anfang November konnten auf dem lehmigen Sandboden des Versuchsfeldes in der Regel hohe Infektionsraten erzielt werden. Frühjahrsaussaaten von Sommerweizen mußten nach Möglichkeit spätestens im März vorgenommen werden, wenn ein größerer Anteil erkranken sollte, da sich, wie ausreichend bekannt, mit steigenden Bodentemperaturen die Infektionsbedingungen verschlechtern.

### 2. *T. controversa*

Die Infektion des Weizens mit *T. controversa* ist schwieriger und der Erfolg weniger sicher als in Versuchen mit *T. caries*, da im Unterschied zu dieser Brandart durch Einpuderung des Saatgutes mit Brandsporen in der Regel keine Infektionen zustandekommen. Diese gehen unter natürlichen Verhältnissen offensicht-

lich von einer Verseuchung des Bodens aus (Young 1935, Wagner 1950, Warmbrunn 1952, Böning u. Mitarb. 1953). Aber auch eine Weizen-  
 aussaat in natürlich verseuchten Boden oder die Einarbeitung der Sporen in die  
 oberste Bodenschicht brachte nur gelegentlich höheren Befall (Holton and  
 Suneson 1943, Warmbrunn 1952, Böning u. Mitarb. 1953, Tyler  
 and Jensen 1958). Günstiger waren die Infektionsergebnisse schon, wenn die  
 Brandsporen nach der Weizen Aussaat auf die Bodenoberfläche verstäubt oder  
 verspritzt wurden, da die Sporen Lichtkeimer sind (Böning u. Mitarb. 1953,  
 Röder 1953, Meiners and Hardison 1957, Purdy 1957, Wagner  
 1957 und 1960, Baylis 1958). Aber aus den weiteren Bemühungen verschie-  
 dener Autoren und den mehrjährigen eigenen Beobachtungen in Dahlem war zu  
 entnehmen, daß auch dieses Verfahren noch nicht befriedigte. Der Grund für die  
 unsicheren Infektionsergebnisse ist dabei wahrscheinlich im Fehlen geeigneter  
 Umweltbedingungen für eine rasche Sporenkeimung auf der Bodenoberfläche zu  
 suchen, die an den Versuchsorten nur in manchen Jahren gegeben waren. Tyler  
 und Jensen (1953, 1958, Jensen and Tyler 1956) versuchten deshalb,  
 die Keimung der Brandsporen zu beschleunigen, indem sie diese vor der Weizen-  
 aussaat einige Wochen im Boden lagerten und den Witterungsbedingungen aus-  
 setzten, ehe sie die angekeimten Sporen zusammen mit der obersten Bodenschicht  
 auf die Weizenparzellen verteilten. Der Infektionserfolg konnte dadurch beacht-  
 lich gesteigert werden. Ebenso bewirkten späte Strohabdeckungen der jungen  
 Weizenpflanzen zur Zeit der Vegetationsruhe im Dezember im Gegensatz zu sol-  
 chen kurz nach der Aussaat ab Oktober oder erst im Frühjahr eine Zunahme der  
 Erkrankungen. Unter deutschen Klimabedingungen wurden diese Methoden noch  
 nicht ausreichend nachgeprüft.

Auch Keimlingsinfektionen waren erfolgreich, wenn unbehandeltes Weizensaat-  
 gut oder vorgekeimte Weizenkörner mit gekeimten Brandsporen versetzt und im  
 Gewächshaus bei niedrigen Temperaturen weiterkultiviert wurden (Gassner  
 und Niemann 1954 b, Meiners 1956, 1959). Dieser Weg ist inzwischen  
 erfolgreich von Hoffmann u. Mitarb. (1962) zur Bestimmung physiologischer  
*T. controversa*-Rassen in den USA etwas abgeändert beschritten worden. Nie-  
 mann (1955) hat ferner zeigen können, daß der Brandbefall durch Abschneiden  
 der Spitzen junger Weizenkoleoptilen unmittelbar vor Zugabe der gekeimten  
 Sporen beachtlich gesteigert werden kann. Dieses bei Versuchsbeginn vorliegende  
 Infektionsverfahren versprach die sichersten und zahlenmäßig höchsten Infek-  
 tionen. Es wurde deshalb für die ersten Versuche unter der Bezeichnung Methode I  
 bis zum Einsatz einer selbst entwickelten Methode II erfolgreich verwendet. Diese  
 beiden Verfahren werden anschließend ausführlicher beschrieben.

**Methode I:** Zur Gewinnung der Brandsporen wurden die Brandähren unter  
 reichlicher Wasserzugabe in einem Mixer zerschlagen und durch ein Haarsieb mit  
 einer Maschenweite von 1 mm in Zylindergläser bis zu 5 Liter Fassungsvermögen  
 gegossen. Nach einer Nacht hatten sich die Sporen in der Aufschlammung gut  
 abgesetzt; das überstehende Wasser mit den darauf schwimmenden Spelzen und  
 Strohresten konnte leicht abgegossen werden. Der zurückgebliebene Sporenbrei  
 wurde mit einem Pinsel auf geschlammten Lehm Boden in Petrischalen ( $\varnothing$  14 cm)  
 oder in transparente Hartplastikschalen (20  $\times$  20 cm) gestrichen. Zur Keimung  
 standen die abgedeckten Schalen 4–6 Wochen in Klimakammern, die mit Lang-  
 feldleuchten (Osram HNT 400 R) ausgestattet waren, unter Dauerbelichtung bei

2000 Lux oder im temperierten Gewächshaus bei Tageslicht und Temperaturen von 3–5° C. Wie sich gezeigt hat, kann der Sporenbrei auch bei Zimmertemperatur in flachen Schalen auf Filtrierpapier zurückgetrocknet werden; die trockenem, zusammengebackenen Sporen lassen sich ohne nachteilige Wirkung auf die Keimfähigkeit mindestens 1–2 Jahre lagern und können bei Bedarf wieder mit Wasser angerührt werden.

Der zur Herstellung des Keimbettes erforderliche Schlämboden wurde aus den obersten 20 cm der Ackerkrume gewonnen. Dazu wurden in einem 10 Liter-Eimer jeweils 1–2 Spaten Erde aufgerührt; nach kurzem Absetzen wurde die Erdaufschwemmung durch ein Sieb mit 2 mm Maschenweite in einen größeren Behälter gegossen. Nach einem Tag hatte sich der Schlämboden abgesetzt, so daß das überstehende Wasser abgehebert werden konnte. Mit dem zurückgebliebenen Bodenbrei wurden die Keimschalen bis zum Rand gefüllt und vor einem Ventilator 1–3 Tage getrocknet, bis die Oberfläche des Schlämbodens nicht mehr schmierte und der Sporenbrei aufgestrichen werden konnte. Es genügte auch, die Keimschalen mit gesiebttem Boden zu füllen, anzufeuchten und dünn mit Schlämboden zu überschichten. Die derart vorbereiteten Keimschalen ließen sich nach dem Zudecken bei Temperaturen zwischen 0° und 10° C — am besten dunkel, um ein Veralgeln zu unterbinden — in geschlossenen Gefäßen oder in Plastiktüten einige Wochen aufbewahren, bis sie für einen Keimungsansatz benötigt wurden.

Der Weizen wurde zur Vorkeimung in Pikierkästen auf feuchtem Sand ausgelegt und mit angefeuchtetem Zeitungspapier sowie Polyäthylenfolien zugedeckt. Nach etwa 4 Tagen hatten die Koleoptilen bei 15° C eine Länge von 2–5 mm erreicht, so daß ihre Spitzen abgeschnitten werden konnten. Höhere Temperaturen erwiesen sich als weniger günstig, da der Weizen dann unregelmäßiger keimte. Zu berücksichtigen war die unterschiedliche Keimungsgeschwindigkeit der Weizensorten, damit die Koleoptilen am Tage der Infektion gleiche Längen erreicht hatten, denn mit zunehmender Keimlingslänge sinkt der Infektionserfolg (G a s s n e r und N i e m a n n 1954 b). Für die Infektion wurden 100–200 abgeschnittene Weizenkeimlinge mit einer Abschlämmung gekeimter Sporen, die von einer halben Keimschale (∅ 14 cm) stammten, gründlich vermischt. Die mit den gekeimten Sporen gemischten Weizenkeimlinge wurden anschließend 3 cm tief in Saatschalen (22 × 22 cm), die mit einer Kompost-Sand-Mischung gefüllt waren, ausgelegt. Bis zum Auflaufen blieben die Schalen mit Polyäthylenfolie abgedeckt, um ein Austrocknen zu verhindern. Die Bodenfeuchtigkeit betrug etwa 40 % der maximalen Wasserkapazität. Für die ersten 3 Monate, in der Regel bis zum Verpflanzen ins Freiland, wurde eine Temperatur von 2–5° C eingehalten.

M e t h o d e II: Da die Methode I sehr arbeitsaufwendig war und der für umfangreichere Versuche benötigte Gewächshausraum nicht zur Verfügung stand, wurde ein Verfahren entwickelt, das für Feldinfektionen geeignet war und die Prüfung von mehreren Brandherkünften ohne Gefahr einer Vermischung durch Wind und Regen ermöglichte. Hierüber wurde bereits früher berichtet (S c h u h m a n n 1961 b). Inzwischen sind weitere Erfahrungen gesammelt worden, weshalb diese Infektionsmethode nochmals beschrieben sei.

Der Weizen wurde in Horste unter Zuhilfenahme eines Saattrichters mit einem unteren Durchmesser von 25 cm, ähnlich, wie er von Saatzuchtbetrieben verwendet wird, reihenweise, etwa 2 cm tief, ausgesät. Zweckmäßig war ein breiter Reihen-

abstand von 0,8–1 m. Auf einen Horst entfielen etwa 150 Körner. Die günstigsten Aussaatzeiten zur Erzielung hoher Infektionen lagen etwa Mitte Oktober. Auf jeweils einen Horst wurden unmittelbar nach der Weizenaussaat, sofern nicht anders angegeben, mit Hilfe einer 5 Liter-Handspritze 0,2 g trockene Sporen nach Aufschwemmen in 100 ccm Wasser verspritzt. Um eine gleichmäßig feuchte Bodenoberfläche zu erhalten und zur Verbesserung der allgemeinen Infektionsbedingungen wurden die Saatreihen mit einer lichtdurchlässigen, 0,03 mm dicken Polyäthylfolie überspannt (Abb. 1). Die Folienbahnen waren 80 cm breit, so daß sie seitlich etwa 10 cm tief eingegraben werden konnten, um vom Wind nicht aufgeweht zu werden. Diese Folien blieben den ganzen Winter bis in den März über dem Weizen. Um das Aufliegen der Folien auf den Weizenpflänzchen zu verhindern, wurden lange Etiketten als Stützen verwendet, die wenigstens 15 cm

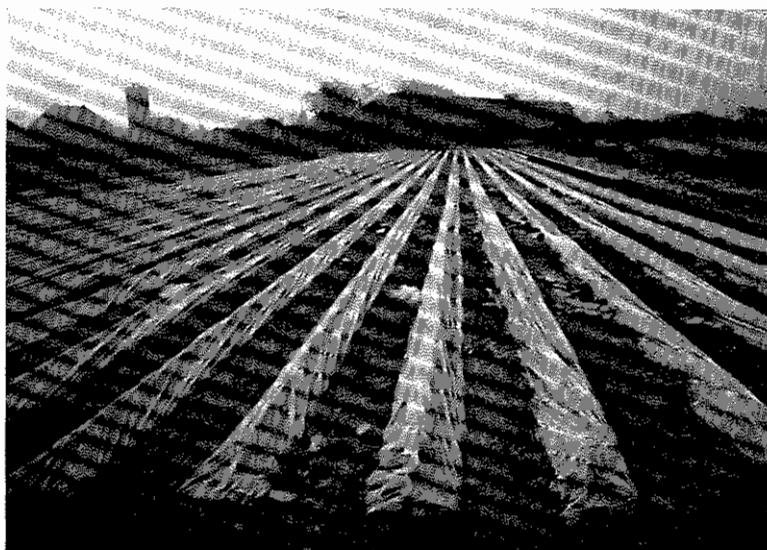


Abb. 1. Infektionsmethode II mit *Tilletia controversa*. Mit Polyäthylfolie überspannte Pflanzstellen (Horste).

aus dem Boden hervorragten, oder über die Horstreihen wurde in 25 cm Höhe eine Schnur gespannt, auf der die Folienbahnen dachförmig lagerten.

Es hat sich bald herausgestellt, daß die Keimungsbedingungen für die Brandsporen, wahrscheinlich wegen zu hoher Temperaturen am Anfang oder auch zu niedriger Temperaturen im späteren Keimungsabschnitt hierbei nicht immer optimal sind, so daß die Infektionen zum Teil nur wenige Prozent betragen. Deshalb wurden die Saatstellen nach Möglichkeit nicht nur mit ungekeimten Sporen, sondern nach dem Auflaufen des Weizens außerdem mit gekeimten Sporen übersprüht. Die Sporen mußten 4–6 Wochen davor zur Keimung auf Schlämboden ausgestrichen werden. Die Nachinfektion mit den gekeimten Sporen wurde vorgenommen, wenn die Weizenpflänzchen das 1-4-Blattstadium erreicht hatten. Nach den Beobachtungen von Tyler (1958) befindet sich der Weizen dann im anfälligsten Entwicklungsstadium. Dieser Zeitpunkt war, bei Aussaat des Weizens

in der zweiten oder dritten Oktoberwoche, etwa Mitte November erreicht. Von den Keimchalen sind die Sporen mit Pinsel und Wasser abgewaschen und durch ein Haarsieb gegossen worden, damit ein störungsfreies Verspritzen auf dem Feld gewährleistet war. Das Infektionsmaterial ist mit 5 Liter-Spritzen bei 2,5 atü und weiten Düsenöffnungen durch 4—6maliges Übergehen der Saatstellen ausgebracht worden. Bei Arbeiten mit mehreren Brandherkünften wurden die Spritzen zwischendurch mit heißem Wasser gereinigt. Sollten nur einzelne Horste mit einer *T. controversa*-Herkunft infiziert werden, so wurde die Sporenabschlammung aus einem Becherglas mit einem einfachen Zerstäuber, der an eine Motorpumpe angeschlossen war, auf den Weizen gesprüht. Auf einen Horst entfiel in der Regel eine Sporenmenge, die von 90 cm<sup>2</sup> Schlammsohlenoberfläche gewonnen worden war. Durch diese zweimalige Sporenzugabe konnten die Infektionschancen unabhängig von den Umweltbedingungen für eine Sporenkeimung erhöht werden. Leider war es infolge fehlender Sporenmengen oder wegen des begrenzten Raumes in Klimakammern nicht immer möglich, die gewünschten zweimaligen Spritzungen mit Brandsporen vorzunehmen. Die Infektionen konnten deshalb nicht einheitlich ausgeführt werden. Sofort nach dem Verspritzen wurde die Folie über die Pflanzen gespannt, um ein Austrocknen der empfindlichen Sporidien zu verhindern. Wie sich wiederholt gezeigt hat, war der erreichte Prozentsatz gekeimter Sporen (Keimstufe) für den Infektionserfolg von geringerer Bedeutung, offenbar, weil die Sporen auf dem Feld während dieser Jahreszeit noch nachkeimten. Bei später Weizenaussaat in der dritten oder vierten Oktoberwoche und niedrigen Temperaturen war es möglich, den Auflauf des Weizens durch sofortige Abdeckung mit Folie zu beschleunigen, so daß dieser vor der Infektion im November und vor dem Beginn der Frostperiode aufgelaufen war und das erste Blatt entfaltet hatte. Das Ausbringen gekeimter Sporen während eines früheren Entwicklungsstadiums des Weizens brachte keine befriedigenden Ergebnisse. Auch die Infektion älterer Pflanzen, die sich schon bestockt hatten, war weniger erfolgreich, weshalb bei wärmerem Wetter wegen der schnellen Entwicklung des Weizens zweckmäßig erst am Tage der Infektion abgedeckt wird. Die Folienabdeckung zu verschiedenen Zeiten bietet also eine Möglichkeit, die temperaturabhängigen Auflaufzeiten zu regulieren, so daß die Weizenpflänzchen meistens im anfälligsten Entwicklungsstadium infiziert werden können. Die genannten Aussaatzeiten wären an anderen Versuchs-orten den jeweiligen klimatischen Bedingungen anzupassen. Es ist in jedem Falle anzuraten, die Folienüberdachung schon vor der Infektion bei geeignetem Wetter durch einseitiges Eingraben und Vorziehen der Rillen, in welche die Folien später eingelegt werden, vorzubereiten, da die feuchte Witterung im November derartige Arbeiten häufig sehr erschwert. Das Versuchssaatgut wird zweckmäßig mit einer quecksilberhaltigen Naßbeize behandelt, um den Schneeschimmel (*Calonectria nivalis* [Berk. u. Brne.] Wr.) zu unterdrücken, der unter der Folie günstige Entwicklungsbedingungen findet. Ferner ziehen sich die Feldmäuse mit Vorliebe unter die Folie zurück und können dem Weizen schädlich werden, weshalb das Auslegen von Giftgetreide unter der Folie zu empfehlen ist.

Alle Infektionsversuche sind zur Reifezeit des Weizens nach dem Standardverfahren durch Zählung der kranken und gesunden Ähren ausgewertet worden. Die Zählung der kranken Halme bringt etwas niedrigere Prozentwerte für den Befall als die Zählung kranker Pflanzen, da von einer erkrankten Pflanze einige Ähren gesund bleiben können (Fischer and Holtz 1957). Auch führt die

Infektion zu einer stärkeren Bestockung und verändert damit die Halmzahl (Young 1935, Warmbrunn 1952). Doch ist die Feststellung der kranken Pflanzen mit einem sehr viel größeren Zeitaufwand verbunden, und außerdem wird der Teilbefall von Pflanzen, der eine Beziehung zum Resistenzverhalten aufweist, hierbei nicht ausreichend berücksichtigt. Es bestand deshalb kein Grund, von der Halmzahl als Bewertungsbasis abzuweichen.

### III. In Deutschland vorkommende Steinbrandarten des Weizens

#### A. Literaturübersicht und Fragestellung

Die große Variabilität in den morphologischen Merkmalen bei *Tilletia* hatte zu gewissen Unstimmigkeiten bei der Artabgrenzung geführt (Săvulescu, Hulea și Stănescu 1942, Săvulescu 1956). Unter Berücksichtigung einiger neuerer taxonomischer Arbeiten (Holton and Kendrick 1956, Niemann 1957, Duran and Fischer 1961) und nach eigenen Beobachtungen war es jedoch leicht möglich, in Deutschland 3 Weizensteinbrandarten zu unterscheiden:

<i>Tilletia caries</i> (DC.) Tul., syn.	<i>T. tritici</i> (Bjerk.) Winter, <i>T. triticoides</i> Săvulescu
<i>Tilletia foetida</i> (Wallr.) Liro, syn.	<i>T. laevis</i> Kühn, <i>T. foetens</i> (Berk. u. Curt.)
<i>T. controversa</i> Kühn, syn.	<i>T. controversa</i> Kühn, <i>T. brevifaciens</i> G. W. Fischer, <i>T. tritici nanifica</i> Wagner

*Tilletia caries* und *T. foetida* sind als Erreger des normalen Stein- oder Stinkbrandes bekannt, *T. controversa* verursacht den Zwergsteinbrand des Weizens. Eine wirtschaftliche Bedeutung besitzen in Deutschland nur *T. caries* und *T. controversa*. *T. foetida*, die sich von *T. caries* durch das Fehlen der Netzleisten auf dem Epispore der Brandsporen, nicht aber nach biologischen Merkmalen unterscheiden läßt, wurde hier nur sehr selten gefunden und blieb deshalb in den nachfolgenden Untersuchungen unberücksichtigt. Bei der von Gassner beschriebenen *T. intermedia* (Gassner 1938 b) handelt es sich nach Ansicht des gleichen Autors um eine Zwischenform von *T. tritici* und *T. foetida*. Nach den hier vorliegenden Beobachtungen ist diese Form, die in keiner Sporensammlung gefunden werden konnte, ohne Bedeutung; sie spaltet vermutlich in der Nachkommenschaft in den charakteristischen morphologischen Merkmalen wieder auf (Duran and Fischer 1961) und kann deshalb nicht als eigene Art angesehen werden.

Săvulescu, Hulea und Stănescu (1942) und Săvulescu (1956) haben in Rumänien als neue Art des Weizensteinbrandes *T. triticoides* Săv. beschrieben und dabei nachdrücklich die Meinung vertreten, in Deutschland werde der gemeine Weizensteinbrand nicht durch *T. caries*, sondern hauptsächlich durch *T. triticoides* verursacht. Dieser Ansicht ist inzwischen von verschiedenen Seiten widersprochen worden (Holton and Kendrick 1956, Niemann 1957,

Duran and Fischer 1961, Schuhmann 1962). Ergänzend sei dazu im gleichen Sinne folgendes nachgetragen:

1. Die charakteristischen morphologischen Merkmale der Sporen des in Deutschland weit verbreiteten gewöhnlichen Steinbrandpilzes decken sich mit den Originalbeschreibungen der Gebrüder Tulasne (1847) und von Winter (1884) für *T. caries*. Winter hat eine Leistenhöhe des Epispor von 1–1,5  $\mu$  angegeben, Săvulescu für seine *T. tritici* (= *T. caries*) dagegen eine durchschnittliche Höhe von 1,66–2  $\mu$ . Dieser höhere Wert entspricht ziemlich genau den Maßen, die für die Zwergsteinbrandsporen (*T. controversa*) typisch sind (Kühn, zit. in Winter 1884). Die Angaben für *T. triticoides* Säv. sind morphologisch mit *T. caries* (DC.) Tul. identisch. Diese Bezeichnung kann deshalb als Arname kein Prioritätsrecht erhalten, da sie erst 1942 aufgestellt worden ist (vgl. auch Niemann 1957).

2. Bei den von Săvulescu zur Beweisführung untersuchten Exsikkaten handelt es sich nicht um Sporenmaterial aus der Originalbeschreibung. Es soll deshalb nicht bestritten werden, daß in alten, damals mit *T. tritici* bezeichneten Exsikkaten Brandsporen mit besonders hohen Netzleisten, die dem Zwergbrandtyp entsprechen, gefunden werden können; denn der Zwergbrandpilz *T. controversa* ist auf Weizen erst viel später als eigene Art erkannt und von *T. caries* abgetrennt worden.

3. *T. caries* (DC.) Tul. unterscheidet sich in der Keimschnelligkeit der Brandsporen sehr charakteristisch von *T. controversa*; in zahlreichen Veröffentlichungen (Zusammenfsg. bei Schuhmann 1962) sind darüber weitgehend übereinstimmende Werte angegeben worden. Auch nach den Untersuchungen der älteren Autoren, z. B. Prévost 1807, Kühn 1859, 1874, Brefeld 1883, v. Tubeuf 1902, McAlpine 1910, Dastur 1921, Sartoris 1924, Boss 1927, Zillig 1932 (Zusammenfsg. bei Zillig in Sorauer 1932 und Fischer and Holton 1957), keimen die Brandsporen von *T. caries* und *T. foetida* auf Wasser bei Temperaturen über 10° innerhalb von 3–4 Tagen, wogegen die von Săvulescu als *T. caries* (*T. tritici*) bezeichnete Art nach seinen eigenen Beobachtungen 20–30 Tage zur Keimung der Brandsporen benötigt hat. Dieses Keimverhalten ist aber demjenigen der Zwergbrandsporen (*T. controversa*) sehr ähnlich, wenn nicht gleich.

4. Die von Săvulescu unter *T. tritici* (= *T. caries*) beschriebenen Sporen lassen sich weder morphologisch noch nach der Keimschnelligkeit und den Temperaturansprüchen für die Keimung von *T. controversa* (= *T. tritici nanifica* Säv.) unterscheiden. Die angegebene verschiedene Pathogenität auf Weizensorten kann bestenfalls als ein Rassenmerkmal bewertet werden. Erklärbar wird Săvulescu's abweichende Auffassung, wenn man mit Holton und Kendrick (1956) annimmt, daß Săvulescu u. Mitarb. (1942) den Zwergsteinbranderreger mit *T. caries* verwechselt hat. Diese Möglichkeit ist naheliegend, weil der Zwergsteinbrand an Weizen in Europa erst 1948 von Wagner als selbständige *Tilletia*-Art beschrieben wurde, die nach den wenig später von Conners (1954) vorgelegten Vergleichen als ein Synonym der von Kühn 1873 in Sachsen auf *Agropyron repens* L. gesammelten und benannten *T. controversa* anzusehen ist. Kühn (1875) hatte, wohl ohne Kenntnis der besonderen Infektionsbedingungen, aus seinen Versuchen gefolgert, *T. controversa* könne den Weizen nicht infizieren.



Diese Äußerung aus berufenem Munde hat vielleicht wesentlich dazu beigetragen, daß der Zwergsteinbranderreger an Weizen in Deutschland erst 60 Jahre später als eigene Art entdeckt wurde.

Vor Beginn der eigenen Untersuchungen über die Rassenbildung der *Tilletia*-Arten sind alle verfügbaren Herkünfte mikroskopisch untersucht worden, um eine einwandfreie Artbestimmung vornehmen zu können.

## B. Eigene Beobachtungen

### 1. *Tilletia caries*

Da die Sporenmorphologie als typisches Artmerkmal gilt (Duran and Fischer 1961), wurden von allen hier vorliegenden *T. caries*-Herkünften Sporenproben aus wenigstens 20 Brandähren entnommen und mikroskopisch in

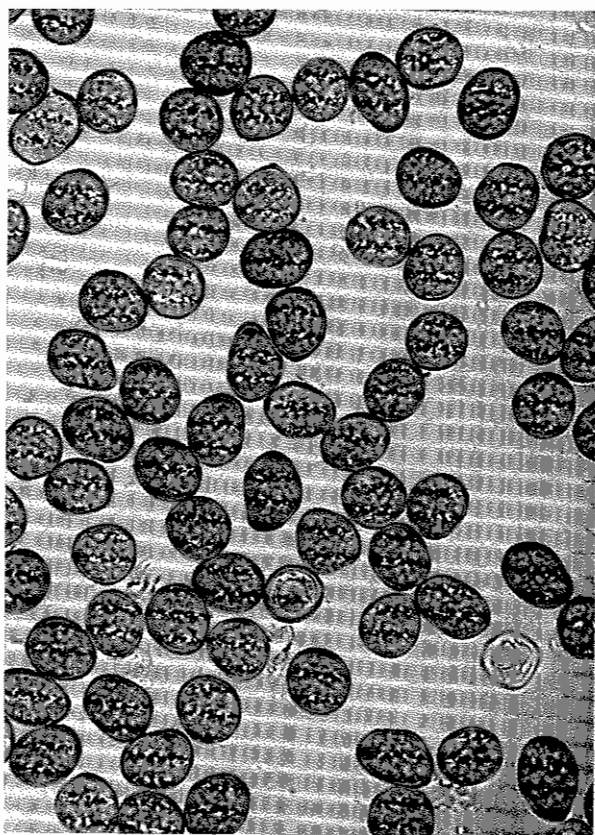


Abb. 2. Brandsporen von *Tilletia foetida*, 1 : 500.

Wasser untersucht. Diese Untersuchungen erstreckten sich auf Form und Größe der Netzmaschen des Epispors, Höhe der Netzleisten, Dicke der die Brandsporen umgebenden Schleimschicht und den Anteil hyaliner Sporen. Alle Herkünfte konnten nach dem Ergebnis dieser Feststellungen einwandfrei der Art *T. caries*

zugeordnet werden. Die durchschnittlichen Werte für den Sporendurchmesser von jeweils 300 Sporen schwankten zwischen den Extremen 15 und 22  $\mu$  ohne Einberechnung der Netzleisten. Die entsprechenden Messungen für die Netzleistenhöhe betragen 0,6–1  $\mu$ . Eine auffallende Schleimschicht um die Sporen, die als charakteristisches Merkmal für *T. controversa* angesehen wird, fehlte in allen Fällen; hyaline Zellen waren nur in geringer Anzahl zu finden (Abb. 2 und 3).

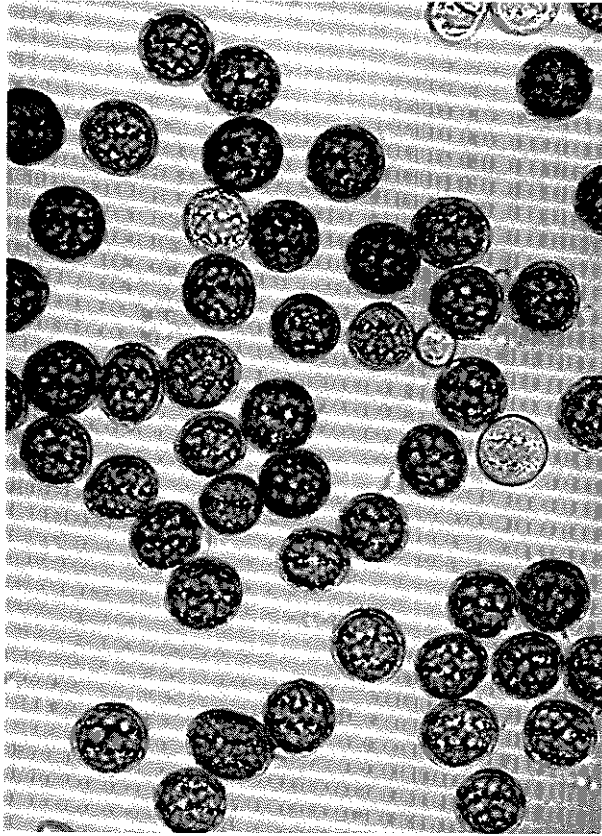


Abb. 3. Brandsporen von *Tilletia caries*, 1 : 500.

Gelegentlich wurde eine unregelmäßige Maschenausbildung beobachtet, wie sie von N i e m a n n (1957) beschrieben wurde; jedoch beschränkten sich diese Abweichungen auf einzelne Ähren und reichten nicht aus, um Herkünfte voneinander zu unterscheiden. Ganz vereinzelt wurden in Originalherkünften, die als Normalsteinbrand gesammelt worden waren, auch Brandähren gefunden, die nach ihrer Morphologie zu *T. controversa* zu stellen waren. Diese Einordnung war auch nach den Keimungsprüfungen gerechtfertigt. Hinweise für Zwischenformen waren nicht zu finden.

## 2. *Tilletia controversa*

Alle hier vorhandenen Zwergsteinbrandherkünfte sind im mikroskopischen Präparat wie *T. caries* auf die gleichen Merkmale hin untersucht worden. Sie waren sämtlich auf Grund ihrer typischen Netzleisten der Art *T. controversa* zuzuordnen. Die durchschnittlichen Werte der Sporendurchmesser für 300 Sporen lagen in den Grenzen von 18 und 22  $\mu$ . Die untersten Werte für die Netzleisten-

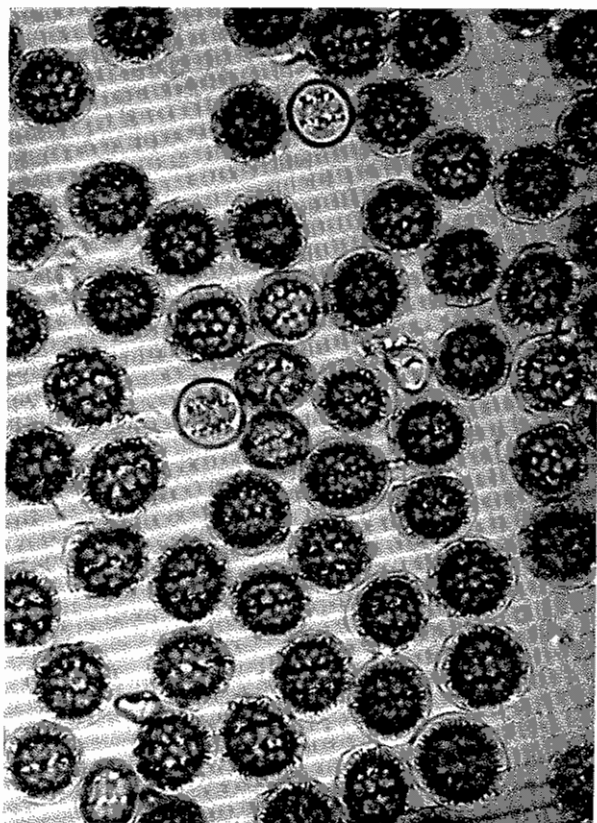


Abb. 4. Brandsporen von *Tilletia controversa*, 1 : 500.

höhe betragen 1,6  $\mu$ , die obersten 2,2  $\mu$ . Die für *T. controversa*-Sporen typische Schleimschicht war im Wasserpräparat bei geeigneter Abblendung der mikroskopischen Beleuchtung immer deutlich erkennbar. Hyaline Sporen waren in der Regel vorhanden (Abb. 4). Hinweise für eine Unterscheidungsmöglichkeit einzelner Sporenherkünfte derselben Art nach morphologischen Eigenschaften konnten darüber hinaus in keinem Fall entdeckt werden.

Diese Feststellungen der morphologischen Sporenmerkmale von *T. caries* und *T. controversa* erleichterten die weiteren Untersuchungen über die Rassenbildung, da eine sichere Artbestimmung und Abgrenzung von vornherein möglich war.

## IV. Physiologische Spezialisierung von *Tilletia caries* und *Tilletia controversa* und Resistenzverhalten der Weizensorten

### A. Allgemeines

Unter physiologischen Rassen versteht man systematische Einheiten innerhalb einer morphologisch definierten Art. Gelegentlich werden als Synonyme für die Bezeichnung physiologische Rassen auch andere Begriffe wie physiologische Formen, biologische Rassen, Biotypen oder auch einfach Rassen benutzt. Auf dem Internationalen Botanikerkongreß 1935 in Amsterdam wurde deshalb zur besseren Verständigung die einheitliche Verwendung des Begriffes „physiologische Rasse“ empfohlen (zit. nach Fischer and Holton 1957). Eine Unterscheidung solcher Rassen ist für *Tilletia caries* und *T. foetida* nach der Pathogenität auf verschiedenen Weizensorten, einigen charakteristischen Symptomen wie Halmverkürzung, Partialbefall der Ähren und Brandbuttenformen vorgenommen worden. Daneben wurden weitere Kriterien in kleinen morphologischen Differenzen und in Farbunterschieden der Brandsporen, in der Temperaturabhängigkeit der Sporenkeimung oder der Keimschnelligkeit sowie dem Wachstumsverhalten der Haplonten auf Nährböden erkannt. Eine Literaturübersicht haben Christensen and Rodenhiser 1940, Holton 1953, Fischer and Holton 1957 und Schumann 1962 gegeben.

Von dem diesen Brandarten nahestehenden Zwergsteinbrandpilz, der erst seit einiger Zeit eingehend untersucht wird, konnten ebenfalls Rassen gefunden werden, die sich mehr oder weniger deutlich in ihrer Pathogenität (Holton and Vogel 1952, Aebi 1955, Wagner 1958, 1960, Podhradsky 1959, Schumann 1960, 1962, Hoffmann u. Mitarb. 1962) voneinander unterscheiden. Unterschiede bestanden ferner in der Keimungsgeschwindigkeit (Gassner, G. G. 1953, Böning 1958 b, Meiners and Waldher 1959, Podhradsky 1959) und in der Wirkung auf die Bestockung des Weizens (Podhradsky 1959).

In den eigenen Versuchen wurde meistens mit Sporenvermehrungen von Feldsammlungen aus einigen hundert Brandähren gearbeitet. Solche Feldsammlungen sind als Populationen aufzufassen und unter der Bezeichnung Herkunft geführt worden. Eine Herkunft darf nicht mit „physiologischer Rasse“ gleichgesetzt werden, denn sie kann sich unter Umständen aus mehreren Rassen zusammensetzen. Gerade bei den Brandpilzen dürfte dies die Regel sein; ist doch eine Vermehrung nur auf geschlechtlichem Wege möglich, wobei es ständig zur Neukombination oder auch Entmischung von Merkmalen kommen kann. Keine Sporengeneration kann in ihrem Genotyp der anderen völlig gleichen. Bei mehrjährigen Versuchen ist infolge des Selektionsdruckes verschiedener Faktoren mit Verschiebungen im Rassenanteil zu rechnen. Mehrjährige Versuche werden deshalb nicht immer mit der gewünschten Präzision wiederholt werden können. Auf der anderen Seite ist anzunehmen, daß die wesentlichen Eigenschaften einer Population in einer derart heterogenen Sporensammlung nicht so leicht verloren gehen können. Betrachten wir z. B. die Pathogenitätsmerkmale, so könnten diese durch eine ungünstige Wahl von Wirtssorten in der Population anteilmäßig stark zurückfallen. Sie können aber durch die Selektionswirkung einer anderen Weizensorte auch rasch

wieder zunehmen. Es war anzustreben, in einer Population auch die zahlenmäßig schwach vertretenen Erbanlagen kennenzulernen, die sich unter geeigneten Selektionsbedingungen rasch vermehren können und dann auffällig zutage treten. Wollte man dieses angestrebte Ziel durch die Prüfung reiner Brandlinien, die aus einer Brandspore hervorgegangen sind, erreichen, so müßten zur vollständigen Charakterisierung einer Brandherkunft sehr viele Linien geprüft werden. Die vorhandene Arbeitskapazität wäre dann rasch erschöpft. Aus diesen Gründen wurden insbesondere bei den Pathogenitätsprüfungen Infektionsversuche mit ganzen Populationen bevorzugt, wobei die Aussagebreite mit geringerer Genauigkeit erkauft werden mußte.

## B. *Tilletia caries*, physiologische Rassen

### 1. Fragestellung

In allen Veröffentlichungen über die Rassenbildung von *T. caries* überwiegen die Untersuchungen über die pathogene Spezialisierung, da hierfür im Zusammenhang mit dem Anbau resistenter Weizensorten aus wirtschaftlichen Überlegungen ein vorrangiges Interesse besteht.

Aus Deutschland liegen hierüber nur wenige Beobachtungen vor (Roemer und Bartholly 1933, Schuhmann 1958), denn hier gilt die Saatgutbeizung als sicheres Bekämpfungsverfahren, das sich wegen seiner kombinierten Wirkung gegen mehrere samenbürtige Krankheitserreger als eine der wirtschaftlichsten Pflanzenschutzmaßnahmen allgemein eingebürgert hat. Es war deshalb nicht beabsichtigt, die Pathogenität von *T. caries*-Rassen weiter zu verfolgen. Da jedoch Zweifel aufgekommen waren, ob die Saatgutbeizung voll wirksam ist, war es angebracht, den Ursachen von unzulänglicher Wirkung auch unter dem Gesichtspunkt einer Entstehung von Rassen mit biologischen Besonderheiten nachzugehen. Diese Ursachen wurden in veränderten Keimungseigenschaften gesucht, die wie bei *T. controversa* zu Bodenverseuchungen führen könnten.

Bodenverseuchungen mit dem gewöhnlichen Steinbrand (*T. caries*) sind aus den Staaten im Nordwesten der USA bekannt, wo Weizen auf dem gleichen Feld mehrere Jahre hintereinander angebaut wird und die Brandsporen bei dem Mähdrusch den Boden verseuchen. Infolge des trockenen Sommers können die Sporen dort nicht auskeimen, weshalb ihre Infektionspotenz bis zum Herbst, dem Zeitpunkt der nachfolgenden Weizenaussaat, erhalten bleibt, ohne daß besondere Keimungseigenschaften vorzuliegen brauchen. Unter europäischen Klimabedingungen und der hier üblichen Fruchtfolge kommt dieser Infektkette wahrscheinlich keine Bedeutung zu. Wie weit der zunehmende Einsatz von Mähdreschern allerdings zu einer Verseuchung der Nachbarfelder führen kann, muß abgewartet werden (Rademacher 1951). Aber auch derartige Bodenverseuchungen mit typischen *T. caries*-Sporen könnten in Deutschland wahrscheinlich nur in den wenigen Jahren gefährlich werden, wenn zwischen Erntedrusch und Herbstaussaat extreme Trockenheit herrscht. Unter den hiesigen Klimabedingungen finden die zur Erntezeit auf den Boden geratenen Brandsporen in der Regel ausreichende Feuchtigkeit, so daß sie innerhalb einiger Tage oder Wochen keimen und ihr Infektionsvermögen bis zur Aussaat des Winterweizens eingebüßt haben (vgl. Weltzien 1957, dort auch ältere Literatur).

Die Frage der Bodenverseuchung ist mit dem Auftreten des Zwergsteinbrandpilzes *Tilletia controversa* in ein neues Licht gerückt. Die Brandsporen dieses Pilzes bleiben im Unterschied zu den *T. caries*-Sporen im Boden jahrelang lebensfähig und sind hier als die übliche Infektionsquelle anzusehen (B ö n i n g 1959). Von Interesse muß dabei sein, ob es in Deutschland Zwischenformen der beiden Pilze *Tilletia controversa* und *T. caries* gibt, die in ihrem Keimverhalten von *T. caries* abweichen und wie *T. controversa* die Weizenpflänzchen vom Boden aus infizieren. Hier setzten die eigenen Untersuchungen ein. Die fraglichen Zwischenformen konnten, zumindest soweit sie für einen unbefriedigenden Beizeffekt in Betracht kamen, nur unter den Sporensammlungen vermutet werden, die nach der Sporenmorphologie zum normalen Steinbrandtyp *T. caries* gehörten; sonst hätten sie dort, wo Mißerfolge bei der Bekämpfung von *T. caries* auftraten, erkannt werden müssen. Deshalb wurde zur Aufklärung solcher Zusammenhänge die Keimschnelligkeit der gesammelten *T. caries*-Rassen untersucht und die Möglichkeit einer Bodenverseuchung überprüft.

## 2. Keimschnelligkeit

### a) Literatur

Das Keimverhalten der Brandsporen ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal für *T. caries* und *T. foetida* auf der einen Seite und *T. controversa* auf der anderen Seite. Es bestimmt hauptsächlich das unterschiedliche biologische Verhalten dieser Krankheitserreger. Die Brandsporen von *T. caries* und *T. foetida* keimen im Temperaturbereich zwischen dem Minimum von 0–5° C und dem Maximum von 20–30° C, wogegen die Sporen von *T. controversa* bei Temperaturen über 10–12° C nicht mehr zur Keimung gebracht werden können (L o w t h e r 1948, G a s s n e r und N i e m a n n 1954, weitere Lit. P u r d y u. Mitarb. 1963). Während die Keimung von Sporen des normalen Steinbrandes durch Belichtung nur etwas gefördert wird, ist diese für eine Keimung der hiesigen Zwergsteinbrandherkünfte in der Regel eine Vorbedingung (G a s s n e r, G. G. jun. 1953, G a s s n e r und N i e m a n n 1954). Der hiesige Zwergsteinbrand beginnt in seinem optimalen Temperaturbereich um 5° C frühestens 3–5 Wochen nach dem Ansatz zu keimen. *T. caries* und *T. foetida* keimen dagegen unter den gleichen Bedingungen bereits nach 5–7 Tagen. Die Keimschnelligkeit ist demnach ein weiteres charakteristisches Unterscheidungsmerkmal für den Zwergsteinbranderreger einerseits und die normalen Steinbrandarten andererseits.

H o l t o n (1954) hat in USA nachgewiesen, daß Hybriden von *T. caries* und *T. controversa* in der Natur vorkommen können und im Keimverhalten eine Zwischenstellung einnehmen. Ebenso hat B ö n i n g (1958) in Deutschland nach der Keimungsgeschwindigkeit Zwischenformen von *T. caries* und *T. controversa* aufgefunden. Diese Beobachtungen konnten durch künstlich erzeugte Bastarde zwischen *T. caries* und *T. controversa* erhärtet werden (H o l t o n and K e n d r i c k 1956, S i l b e r n a g e l 1961). Auch in eigenen Kreuzungsversuchen nach einem früher beschriebenen Verfahren (S c h u h m a n n 1958 b), das sich an eine von H o l t o n (1938) bearbeitete Methode anlehnt, konnten Bastarde zwischen deutschen *T. caries*- und *T. controversa*-Herkünften erzeugt werden (Abb. 5). Diese Bastarde variierten in den morphologischen Eigenschaften der Sporen und im Keimverhalten innerhalb des gesamten Bereichs, der durch die charakteristischen Merkmale beider Arten abgegrenzt wird. Es bestanden demnach fließende Über-

gänge von einer zur anderen Art. Gleiche Feststellungen waren auch von den amerikanischen Autoren getroffen worden.

Darüber hinaus bestehen noch feinere Differenzen in der Keimungsgeschwindigkeit innerhalb ein und derselben Art, wie G a s s n e r (1938) gezeigt hat. Es gelang ihm, Herkünfte von *T. caries* und *T. foetida* nach ihrem Keimverhalten in physiologische Rassen zu zerlegen, da er in der Keimschnelligkeit ein genetisch fixiertes Merkmal erkannte, das in der F<sub>1</sub>- wie F<sub>2</sub>-Generation unverändert er-

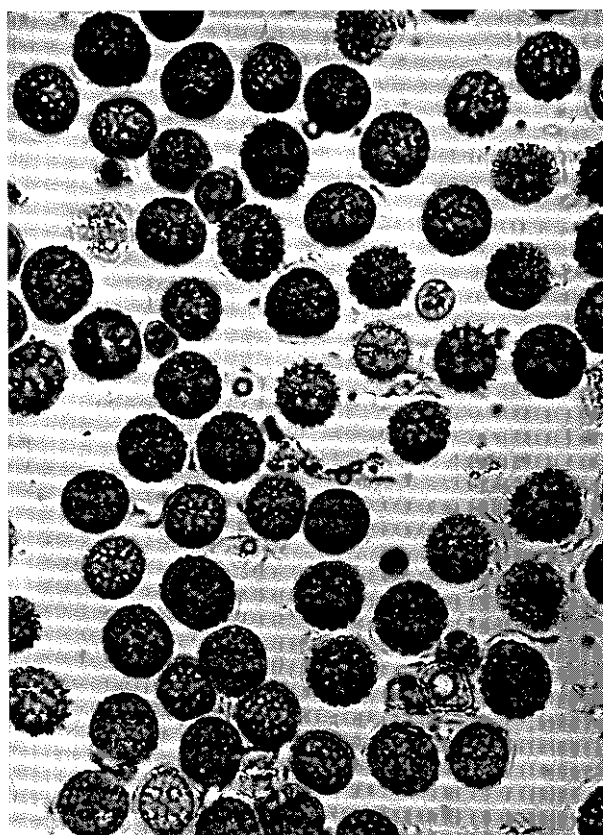


Abb. 5. Brandsporen einer Kreuzung von *T. caries* × *T. controversa*, 1 : 500.

halten blieb. Bei der bevorzugten Versuchstemperatur von 20° C schwankte der Keimbeginn bei den einzelnen Stämmen zwischen 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> und mehr als 12 Tagen. In gleicher Weise konnte L o w t h e r (1950) physiologische Rassen von *T. foetida* und *T. caries* nach der Keimschnelligkeit und daneben nach den Temperaturansprüchen unterscheiden. Bei dieser Sachlage konnte durchaus damit gerechnet werden, daß in der Natur Brandformen auftreten, die nach ihrem Keimverhalten zwischen die heute abgegrenzten Brandarten *T. caries* und *T. controversa* gestellt werden können.

## b) Eigene Untersuchungen

Die Keimprüfungen wurden bei  $10 \pm 0,1^\circ \text{C}$  und Dunkelheit auf geschlammtem Lehm Boden vorgenommen, da dieses Keimbett den natürlichen Bedingungen, unter denen die *T. caries*-Sporen im Boden am Weizenkorn keimen, sehr nahe kommt. Alle *T. caries*-Herkünfte wurden vor Beginn der Untersuchungen über die Weizensorte Mauerner begrannter Dickkopf vermehrt, da verschiedentlich (Özkan, zit. in Bremer u. Mitarb. 1952, Niemann 1957, Meiners and Waldher 1959) eine Beeinflussung der Sporenkeimung durch die Wirtspflanze vermutet worden ist. Die Keimprüfungen sind in der Regel in den beiden auf die Ernte folgenden Monaten September und Oktober angesetzt worden, damit in den verschiedenen Jahren möglichst gleichaltrige Sporen verglichen werden konnten. Von jeder Brandähre wurde nur eine Butte entnommen, da nach den Untersuchungen von Gassner (1938 a) angenommen werden durfte, daß die Sporen einer Brandähre mit wenigen Ausnahmen zur gleichen Rasse gehören. Unmittelbar vor dem Keimungsansatz wurden die Sporen in etwas Leitungswasser zu einem dünnen Brei angerührt und mit dem Pinsel strichweise auf den geschlammten Boden aufgetragen (Abb. 6).

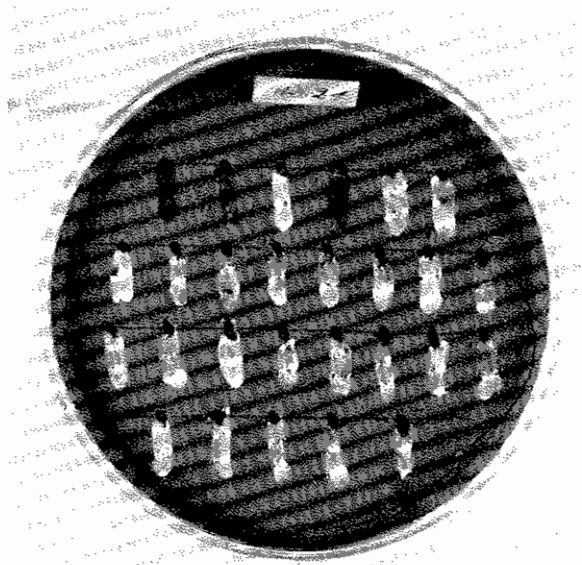


Abb. 6. Gekeimte Sporenausstriche von *T. caries* auf geschlammten Boden in einer Petrischale ( $\varnothing$  9 cm).

Der Keimungsverlauf wurde zweimal täglich, um 8 Uhr und 16 Uhr, makroskopisch und mit Hilfe einer Handlupe (10-fach) untersucht, wobei sich folgendes Bewertungsschema als brauchbar erwiesen hat:

## Keimstufe Beobachtungen

- 1 Keimungsbeginn: Mit der Lupe ist ganz deutlich das Promyzel einzelner bis zahlreicher Sporen erkennbar; makroskopisch noch nicht sichtbar.



- 2 Die Keimung ist, insbesondere bei seitlich einfallendem Licht, als silbergrauer Schimmer über dem Sporenausstrich makroskopisch sichtbar.
- 3 Makroskopisch sichtbare, deutliche Graufärbung des Sporenausstriches.
- 4 Makroskopisch sichtbare Grauweißfärbung des Sporenausstriches.
- 5 Dichter, weißer Promyzel- und Sporidienrasen.

Die Staffelung der Keimstufen 1—4 ergibt sich aus der zunehmenden Zahl keimender Sporen. Der Übergang von Stufe 4 auf 5 dürfte weniger durch die zunehmende Zahl keimender Sporen, sondern vielmehr durch das fortschreitende Wachstum des Promyzeles und die weitere Ausbildung von Primär- und Sekundärsporida bedingt sein. Eine Ermittlung der prozentualen Sporenkeimung war zur Klärung der Fragestellung nicht erforderlich und wäre auch zu arbeitsaufwendig gewesen.

### 1. Versuchsreihe

In drei Versuchsansätzen 1955 und 1956 wurde zunächst die Keimschnelligkeit von 11 *T. caries*-Herkünften durch Einbeziehung der Sporen von 50—100 Brandbutten je Herkunft, die von der gleichen Anzahl Brandähren entnommen wurden, geprüft.

Das Ergebnis wird durch die Wiedergabe der durchschnittlichen Keimschnelligkeit der vier Herkünfte mit der kürzesten und längsten Keimzeit ausreichend charakterisiert (Tab. 3). Nach den Zeiten für die Keimstufe 2 beträgt im ersten Versuchsjahr die größte Differenz zwischen der schnell keimenden Herkunft 6 und der langsam keimenden Herkunft 7 3,1 Tage. Wiederholte Versuchsansätze zeigten mit demselben Sporenmaterial ähnliche Ergebnisse.

Diese eindeutigen Unterschiede in der Keimschnelligkeit konnten jedoch in der nächsten Generation nach einer Vermehrung der Brandsporen über die Weizensorte Mauerner begrannter Dickkopf nicht mehr nachgewiesen werden. Der größte Unterschied zwischen den Herkünften 6 und 7 (Spalte 1956) betrug jetzt nur noch 0,8 Tage. Zu beachten ist hierbei, daß sich bei so geringen Unterschieden die Werte aus Keimschnelligkeitsprüfungen, die aus verschiedenen Jahren stammen, nicht direkt vergleichen lassen, da die Keimungsbedingungen nicht genau genug reproduziert werden können; doch müßten sich echte Unterschiede zwischen den Herkünften in gleicher Weise abzeichnen. Hier sind sie weitgehend verloren gegangen.

### 2. Versuchsreihe

Aus dem ersten Keimversuch wurden einzelne Brandähren der beiden schnellkeimenden Herkünfte 3 und 6 sowie der beiden langsamkeimenden Herkünfte 7 und 9, von denen die Keimungseigenschaften der Sporen durch Entnahme einer Brandbutte für die Keimungsuntersuchungen bekannt geworden waren, ausgesucht und durch Infektion der Weizensorte Mauerner begrannter Dickkopf über zwei weitere Jahre vermehrt. Zur ersten Infektion sind für jede Herkunft die Sporen von 8 Brandähren, die im ersten Keimversuch gleiche oder sehr ähnliche Werte für die Keimschnelligkeit gezeigt hatten, ausgewählt worden. Diese Auslese ließ genetisch einheitlicheres Infektionsmaterial erwarten. In den nachfolgenden beiden Jahren wurde zur weiteren Vermehrung wieder mit einem Sporengemisch aus

etwa 300 Brandähren infiziert, das als Durchschnittsprobe für die einzelnen Herkünfte angesprochen werden kann.

Die durchschnittlichen Werte der Keimschnelligkeit aus den Sporenernten dieser Jahre (Tab. 4), also der  $F_1$ - und  $F_2$ -Generation, beziehen sich auf die Prüfung von 300 Brandbutten aus 300 Brandähren für jede der 4 Herkünfte. Als Ergebnis ist festzustellen, daß die in der P-Generation ermittelten deutlichen Unterschiede in der Keimschnelligkeit bei den Herkunftsselektionen in der  $F_1$ - und der  $F_2$ -Generation mehr und mehr ausgeglichen worden sind. Nur die langsam keimende Herkunft 7 läßt diese Eigenschaft noch abgeschwächt erkennen, während Herkunft 9 auf den Durchschnittswert der „schnellkeimenden“ Herkünfte 6 und 3 eingependelt ist. Darüber hinaus wurde eine stärkere Aufspaltung in der Nachkommenschaft beobachtet, die bei allen Herkünften etwa den gleichen Umfang einnimmt (Werte in Klammern) und jeweils den Streubereich der gesamten Herkunft, aus der die 8 Arten ursprünglich ausgewählt worden waren, erfaßt.

Tab. 3. Keimschnelligkeit von *T. caries*-Herkünften (Durchschnittswerte von 50 [1955] und 100 [1956] Brandähren).

Herkunft	Durchschnittliche Keimschnelligkeit in Tagen (in Klammern: Grenzwerte) für Keimstufe 2	
	1955	1956
6	6,8 ± 0,4 (6 - 9)	6,0 ± 0,34 (3,5-13)
3	7,9 ± 0,81 (6,5-15)	6,1 ± 0,24 (4 -12)
9	9,3 ± 1,01 (6 -18)	6,1 ± 0,41 (3,5-11)
7	9,9 ± 1,43 (6 -13)	6,8 ± 0,39 (4 -10)

Tab. 4. Keimschnelligkeit der Herkunftsselektionen von *T. caries*.

<i>T. caries</i> Herkunft	Durchschnittliche Keimschnelligkeit in Tagen (in Klammern: Grenzwerte) für Keimstufe 2		
	1955 P-Generation <sup>1)</sup>	1956 $F_1$ -Generation <sup>2)</sup>	1957 $F_2$ -Generation <sup>2)</sup>
6	5,3 ± 0,3 (5 -6)	5,74 ± 1,11 (3,5-13)	6,0 ± 0,44 (4 -12)
3	5,5 ± 0 (5,5)	5,74 ± 0,57 (4 -11,5)	6,1 ± 0,62 (3,5-12)
9	7,5 ± 0,5 (6,5-8)	5,7 ± 0,53 (3,5-10)	6,0 ± 0,52 (4 -13)
7	7,9 ± 0,2 (7,5-8)	7,1 ± 0,96 (4 -10)	6,9 ± 0,73 (4 -11)

1) Durchschnittswerte von 8 ausgewählten Brandähren für Keimstufe 2.

2) Durchschnittswerte von 300 Brandähren.

### c) Besprechung der Versuchsergebnisse

Die vorliegenden Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß sich die untersuchten *T. caries*-Populationen in ihrem Keimverhalten nicht wesentlich unterscheiden; wahrscheinlich sind die gefundenen geringen Unterschiede von 1-2 Tagen (Keimstufe 2) zur Charakterisierung der Herkünfte nicht brauchbar, da diese Eigenschaft in den nachfolgenden Generationen nicht eindeutig erhalten bleibt. Ebenso können die Sporen einer Brandähre im Hinblick auf das Keimverhalten generell

kaum als reine Linien angesehen werden, da sie in der Nachkommenschaft stärker aufspalten, wie sich aus Tab. 4 klar ergibt. Offenbar erfolgt im Verlauf der Infektion durch die Begünstigung der Sporen mit einer bestimmten Keimschnelligkeit eine gerichtete Selektion, so daß die Nachkommenschaften der einzelnen Brandpopulationen bei jeweils gleichen Infektionsbedingungen im Mittel wiederum weitgehend einheitliche Keimungseigenschaften aufweisen. Die Infektionsbegünstigung für die Sporen mit einer Keimschnelligkeit von etwa 6–7 Tagen (Keimstufe 2) dürfte sich aus der Entwicklungsgeschwindigkeit des Weizens ergeben, der bei Saatkornverseuchung nur im Keimlingsstadium stärker anfällig ist. Es läßt sich damit auch die Stabilität der Keimungseigenschaften erklären, die eine Population und darüber hinaus die gesamte Art in ihrem Verbreitungsgebiet besitzt, obgleich dieser Eigenschaft eine große Variabilität innewohnen muß, wie in Deutschland zuletzt B ö n i n g (1958 a) zeigen konnte.

Die eigenen Beobachtungen stehen in gewissem Gegensatz zu den G a s s n e r -schen Untersuchungen (1938 a), bei denen die F<sub>1</sub>- und F<sub>2</sub>-Nachkommenschaft weitgehend dem Keimungstypus des Ausgangsmaterials entsprach. Allerdings hat auch G a s s n e r einzelne Abweichungen feststellen können, die er auf heterogene Ausgangsformen zurückführte. Es ist auch denkbar, daß in den hiesigen Versuchen durch die Vereinigung der Sporen von 8 Brandähren eine größere Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen von Sporen mit anderen Keimungseigenschaften im Vergleich zu G a s s n e r's Versuchen gegeben und deshalb eine raschere Selektion möglich war. Für die Bewertung von Populationen — und nur mit solchen ist in der Natur zu rechnen — sind weniger die Grenzwerte als die durchschnittliche genetische Konstanz der Population von Bedeutung.

Für das Vorkommen von intermediären Formen der beiden Brandarten *T. caries* und *T. controversa* haben sich aus den Keimungseigenschaften keine Anhaltspunkte ergeben; doch sollte diese Frage in methodisch anderer Form weiter geprüft werden.

### 3. Bodenverseuchung durch *T. caries*

Zu den vorausgegangenen Keimprüfungen wurden *T. caries*-Sporen verwendet, die aus künstlicher Saatgutverseuchung hervorgegangen waren. Bei dieser Vermehrungsart bestand jedoch die Gefahr einer einseitigen Selektion, weil das Infektionsmyzel langsam keimender Sporen bei Saatgutverseuchung eine geringere Chance hat, mit dem anfälligen Keimlingsstadium des Weizens zusammenzutreffen. Die gesuchten Brandrassen könnten sich deshalb leicht einer Entdeckung entzogen haben. Es mußte folglich eine Methode gewählt werden, in der auch diesem Sporenanteil günstige Infektionsbedingungen geboten werden.

Nun galt bisher für *T. caries* im Gegensatz zu *T. controversa*, daß sie ihre Brandsporen auf Weizenpflanzen in nennenswertem Umfang nur zur Ausbildung bringen kann, wenn gekeimte Sporen mit Weizenkeimlingen zusammentreffen, solange diese nicht länger als 20 mm sind (B o n n e 1931, G a s s n e r und N i e m a n n 1954). Nach hier angelegten Infektionsversuchen und solchen, die von R a d e m a c h e r (mündl. Mitt. 1963) durchgeführt wurden, vermag *T. caries* dagegen genau wie *T. controversa* Weizenpflänzchen im Alter von 2–5 Wochen, die ihre ersten Blätter entfaltet haben, wiederum zu einem höheren Prozentsatz zu infizieren und Brandähren auszubilden. Die Pflänzchen befinden sich in diesem

Alter also erneut in einem anfälligen Stadium. Nach dieser Sachlage wurde in der Bodenverseuchung eine natürliche Möglichkeit gesehen, den Sporen mit abweichendem Keimverhalten einen Infektionsweg zu eröffnen. Bringt man nämlich Sporen auf die Bodenoberfläche, so keimen sie infolge verschiedener Feuchtigkeitsverhältnisse über einen Zeitraum von mehreren Wochen.

Zur Nachprüfung ist deshalb ein isoliert liegendes Feldstück aus lehmigem Sandboden mit Brandsporen verseucht und in den folgenden Jahren mit brandfreiem Weizen bestellt worden.

Auf dieser 150 m<sup>2</sup> großen Versuchsfläche sind am 19. 11. 53 40 kg Brandähren mit einem Spaten untergegraben worden. Diese Brandähren entstammten Originalsammlungen aus Bayern, Württemberg, der Eifel, Münster, Bonn und Berlin. Ein Teil ist in den Jahren 1951/52 und 1952/53 in Dahlem über 8 anfällige Weizensorten durch Saatgut- und Bodenverseuchung vermehrt worden.

In dem auf die Bodenverseuchung folgenden Jahr 1954 wurde die gesamte Fläche zunächst mit Futterrüben bestellt und in den späteren Jahren durch Halbierung des Feldstückes die Fruchtfolge Versuchsweizen-Kartoffeln-Versuchsweizen eingehalten. Die im Versuch verwendeten Winterweizensorten Ackermanns Bayernkönig, Mauerner begrannter Dickkopf, Strubes General v. Stocken und die Sommerweizensorten Adlungs Alemannen und Hohenheimer Franken, deren hohe Anfälligkeit für *T. caries* bekannt ist, wurden jährlich als Hochzuchtsaatgut bezogen. Soweit sie eigenen Vermehrungen entnommen wurden, ist dies aus der folgenden Tabelle (5) ersichtlich. Einen Tag vor jeder Aussaat wurde der Weizen in 0,1 %iger Formaldehydlösung im Tauchverfahren 15 Min. gebeizt, um Brandfreiheit zu gewährleisten. Nachdem im Versuchsjahr 1956/57 auch Brandbefall in den nicht verseuchten Kontrollparzellen festgestellt worden war, ist der Weizen im letzten Versuchsjahr in einer 0,1 %igen Lösung einer quecksilberhaltigen Naßbeize (Methoxyäthyl-Hg-chlorid) 30 Min. getaucht worden. Nach dem Zurücktrocknen der gebeizten Saatgutproben wurden diese zur Sicherheit nochmals mit einer quecksilberhaltigen Trockenbeize (Methoxyäthyl-Hg-silikat) in der üblichen Aufwandmenge, 2 g/kg Saatgut, behandelt, um gegen alle Möglichkeiten einer späteren, zwischen Rücktrocknung und Aussaat liegenden unkontrollierbaren Saatgutverseuchung gesichert zu sein. Eine nennenswerte Ausschaltung einer vom Boden ausgehenden Infektion war durch diese Saatgutbeizungen wenig wahrscheinlich, da diese Mittel im Boden, wie aus Versuchen hinreichend bekannt, keine Fernwirkung entfalten.

Die Versuchsfläche wurde 1955 8 Tage und in allen übrigen Jahren 2 Tage vor der Weizenaussaat umgegraben. Die Aussaat erfolgte auf zufällig verteilten 3 m<sup>2</sup>-Parzellen in Reihen mit einem Abstand von 20 cm bei einer ungefähren Saattiefe von 3 cm. Parallel zu den Aussaaten in verseuchtem Boden ist der Versuch zur Kontrolle auf einer nicht verseuchten Feldfläche im gleichen Umfang wiederholt worden. Diese Kontrollflächen wechselten jährlich. Ihr Abstand von der verseuchten Feldfläche schwankte zwischen 100 und 300 m. Weitere Einzelheiten und das Infektionsergebnis sind der Tab. 7 zu entnehmen.

Wie aus den durchschnittlichen Befallszahlen in der 3. Tabellenspalte zu erkennen ist, waren ein Jahr nach der künstlichen Bodenverseuchung noch keimfähige Sporen im Boden, die zu einer 3,5–4,7 %igen Erkrankung der Weizensorten führten. In den Kontrollparzellen (4. Spalte Tab. 5) konnte dagegen keine

krankte Ähre gefunden werden. Nach zweijähriger Überwinterung des Brandpilzes (Aussaats 8. 11. 55) waren nur noch bei der Weizensorte Ackermanns Bayernkönig einzelne kranke Halme (1,1 %) zu finden. Möglicherweise würde der Befall etwas höhere Werte erreicht haben, wenn nicht  $\frac{2}{3}$  des Bestandes ausgewintert wären; denn es liegen Beobachtungen vor, wonach die Winterfestigkeit von *Tilletia*-infizierten Weizenpflanzen herabgesetzt ist (H o l t o n and H e a l d 1936). Das Ausbleiben von Infektionen bei den beiden anderen Sorten ist nicht recht erklärlich, da bei der Aussaat der Sommerweizensorten Adlungs Alemannen und Hohenheimer Franken im anschließenden Frühjahr 1956 einige Halme erkrankten, während die Kontrollparzellen befallsfrei blieben. Die Bodenverseuchung ist also offenbar nach dem Winter noch wirksam geworden. Möglicherweise ist die Herbstinfektion der Sorten Mauerner begrannter Dickkopf und Strubes General v. Stokken durch unterschiedlichen Entwicklungsablauf im anfälligen Keimlingsstadium oder durch Abweichungen in der Aggressivität der Sporen verhindert worden.

Auffällig sind danach die in den Aussaaten vom 19. 10. 56 wieder aufgetretenen Befallszahlen. Diese Zahlen sind allerdings mit Vorbehalt aufzunehmen, da zwei Aussaaten auf den nicht verseuchten Kontrollflächen, die in den vergangenen 5 Jahren keinen Weizen trugen, mit 0,51 % bzw. 0,98 % erkrankten; die Ursache der Infektionen in den Kontrollparzellen hat nicht ermittelt werden können.

Um die Sauberkeit des Saatgutes für die letzte Aussaat daraufhin noch weitergehend zu gewährleisten, sind die Weizenproben für den 19. 11. 57 wie erwähnt mit einem Hg-haltigen Naß- und einem Trockenbeizmittel behandelt worden. Danach sind auf der Sorte Mauerner begrannter Dickkopf in einer Parzellenreihe der verseuchten Fläche 9 kranke Ähren aufgewachsen; auf derselben Sorte hat sich in einer Parzellenreihe der nicht verseuchten Fläche 1 kranke Ähre gefunden.

Die Wirksamkeit der Bodenverseuchung durch *T. caries*-Sporen vom Herbst 1953 kann daher hier höchstens bis zum Frühjahr 1956 als erwiesen angenommen werden.

Zur weiteren Überprüfung der Brandformen, die nach der Bodenverseuchung Brandähren ausgebildet hatten, ist die gesamte Sporenernte aus diesem Infektionsversuch auf morphologische und keimungsphysiologische Eigenschaften untersucht worden. Auf Grund der mikroskopischen Untersuchungen war eine einwandfreie Einordnung sämtlicher Brandähren zur Art *T. caries* möglich. Ebenso führten die Keimungsprüfungen, die in den Monaten Oktober und November der zugehörigen Erntejahre angesetzt wurden, zu einem einheitlichen Ergebnis, das deshalb summarisch wiedergegeben werden kann. Alle Sporenproben von 423 geernteten Brandähren keimten innerhalb von 4–7 Tagen (Keimstufe 2) auf geschlammten Boden bei Dunkelheit und 10° C. Im Gegensatz zu den früheren Keimversuchen (Tab. 3) fiel auf, daß langsam keimende Brandlinien fehlten. Der im Januar 1958 wiederholte Keimversuch mit einer Sporenauswahl von 77 Brandähren aus dem Erntejahr 1957 (Aussaats 19. 10. 56) brachte das gleiche Ergebnis.

Die vorliegenden Infektionsergebnisse erlauben nicht, die Frage nach der Lebensdauer von *T. caries*-Sporen im Boden eindeutig zu beantworten. Nach den Beobachtungen von H a n n a und P o p p (1933, 1934) können *T. caries*-Sporen in Brandähren einmal überwintern, sowohl bei Lagerung auf der Bodenoberfläche

Tab. 5. Steinbrandbefall an Weizen nach Bodenverseuchung mit *Tilletia caries*  
 (Bodenverseuchung am 19. 11. 1953)

Aussaat	Weizen- sorte <sup>1)</sup>	Befall in ‰ <sup>3)</sup>	
		verseuchtes Feld	nicht verseuchtes Feld
22. 10. 54	AB	4,7 ± 2,5	0
	M	4,6 ± 1,6	0
	St	3,5 ± 2,3	0
8. 11. 55	AB	1,1 ± 1,1	0
	M	0	0
	St	0	0
28. 3. 56	AA	0,44 ± 0,24	0
	H	0,07 ± 0,07	0
19. 10. 56	AB	1,1 ± 1,1	0,51 ± 0,87
	M	1,01 ± 1,04	0
	M <sup>2)</sup>	1,57 ± 0,77	0,98 ± 1,34
	St	0,42 ± 0,35	0,02 ± 0,05
19. 11. 57	M	0	0
	M <sup>2)</sup>	0,11 ± 0,15	0,02 ± 0,07
	St <sup>2)</sup>	0	0

<sup>1)</sup> Weizensorten:

- AB = Ackermanns Bayernkönig  
 M = Mauerner begrannter Dickkopf  
 St = Strubes General von Stocken  
 AA = Adlungs Alemannen  
 H = Hohenheimer Franken

<sup>2)</sup> Sorte in Dahlem vermehrt

<sup>3)</sup> Aus Äbrenzahlen von 600–8100 in 3–12 Parzellen à 3 m<sup>2</sup>

als auch in einer Bodentiefe von 6 inch. Die Keimfähigkeit der untergegrabenen Sporen hatte dabei wesentlich stärker gelitten. Nach den Beobachtungen anderer Autoren bleibt eine kleine Sporenzahl nach 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>jährigem Verweilen im Boden noch infektiösfähig (Woolman and Humphrey 1924, Bonne 1931, Dillon Weston 1932, Hanna and Popp 1933). Weltzien (1957) hat Brandbutten unter Laboratoriumsbedingungen mit einer 3 cm starken Bodenschicht abgedeckt und die totale Zerstörung der Butten und Sporen schon innerhalb von 8–10 Wochen festgestellt. Auf Grund der hiesigen Ergebnisse muß die Möglichkeit einer wenigstens zweimaligen Überwinterung in Erwägung gezogen werden, sofern die ganzen Brandähren durch die Bodenbearbeitung in tiefere Schichten gelangen, in denen die zersetzende Wirkung von Mikroorganismen im Vergleich zu der obersten Bodenschicht stark herabgesetzt ist. Den Bodenarten

dürfte in diesem Zusammenhang ebenfalls eine gewisse Bedeutung zukommen. Offenbar ist der Anteil an keimfähigen Brandsporen zwei Jahre nach der Bodenverseuchung sehr gering; er stellt im Hinblick auf den möglichen wirtschaftlichen Schaden keine Gefahr dar, zumal Bodenverseuchungen in dem Ausmaß, wie sie in dem vorliegenden Versuch künstlich vorgenommen wurden, nicht möglich sind. Immerhin verdienen die dargelegten Beobachtungen Beachtung, da die vom Boden ausgehenden geringfügigen Infektionen gelegentlich die Beurteilung einer Saatgutbeizung, an die hohe Anforderungen gestellt werden, beeinträchtigen können.

#### 4. Pathogenität von *T. caries*-Herkünften für Weizen

Die pathogene Spezialisierung von *T. caries* ist in Deutschland im Vergleich zu Ländern wie den USA kaum untersucht worden. Im mitteleuropäischen Raum hat zum ersten Mal Roemer (1928) das Vorhandensein von physiologischen Rassen nachgewiesen. Diese Beobachtungen wurden in Arbeiten mit denselben *Tilletia*-Rassen nochmals bestätigt (Roemer und Bartholly 1933) und später am gleichen Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung in Halle von Fittschen (1940) nach verschiedenen Richtungen erweitert, wobei die ausgewählten Brandherkünfte in mehrere Rassengruppen aufgeteilt werden konnten. Desgleichen konnten mit neueren deutschen Weizensorten in hiesigen Versuchen Unterschiede in der Pathogenität einiger *T. caries*-Herkünfte aufgezeigt werden (Schuhmann 1958).

Diese letzten Untersuchungen mit 10 deutschen Brandherkünften sind hier mit 16 Herkünften, darunter 10 neuen Herkünften und einem veränderten Testsortiment fortgesetzt worden. Es sollte dabei nur ein begrenzter Einblick in die Rassenspezialisierung der hier vorhandenen *T. caries*-Herkünfte gewonnen werden, um die vorgesehenen Resistenzprüfungen unter diesem Gesichtspunkt sicherer beurteilen zu können. Zwar fehlt bei den Züchtern in Deutschland angesichts der ausreichenden Bekämpfungsmöglichkeit durch Saatgutbeizung ein Interesse an der Resistenzzüchtung gegen diesen Pilz und damit auch am Vorkommen physiologischer *T. caries*-Rassen; doch ist es möglich, vom Resistenzverhalten der Weizensorten gegen *T. caries* gewisse Rückschlüsse auf die gleiche Eigenschaft gegen *T. controversa* zu ziehen. Dies bringt insofern Vorteile für die wichtigeren Resistenzprüfungen gegen *T. controversa*, als Prüfungen gegen *T. caries* viel einfacher und sicherer als gegen *T. controversa* durchzuführen sind. Deshalb ist in den später dargelegten Resistenzprüfungen zur Vorauslese von Weizensorten davon Gebrauch gemacht worden. Vielfach sind, wie sich im Verlauf der parallel laufenden Untersuchungen herausstellte, hoch wirksame Resistenzanlagen einer Weizensorte gegen Herkünfte beider Brandpilzarten wirksam. Hierüber liegen auch einige amerikanische Untersuchungen vor, in denen diese Zusammenhänge aufgezeigt werden konnten (Lit. bei Kendrick and Hoffmann 1963, Purdy u. Mitarb. 1963).

In dem nachfolgend beschriebenen Feldversuch wurde die Pathogenität von 16 *T. caries*-Herkünften für 12 Weizensorten geprüft. Die Weizensorten (Tab. 6) sind 1957 unmittelbar von den Züchtern dieser Sorten bezogen worden. Sie wurden zunächst auf dem Dahlemer Versuchsfeld vermehrt, so daß für die Infektionsversuche im Herbst 1958 einheitliches, am gleichen Ort unter denselben Bedingungen herangezogenes Saatgut zur Verfügung stand.

Die eingesetzten *T. caries*-Herkünfte entstammen verschiedenen umfangreichen Sporenmengen. Nr. 3, 6 und 7 sind aus der Vermehrung eines einzigen Brandbutteninhaltes entnommen worden, weitere drei Herkünfte (Nr. 24, 125, 126) aus der Vermehrung der Sporen einer Brandähre und die restlichen Herkünfte gehen auf eine Sporenmischung aus mehreren Brandähren zurück. Diese Sporenauslesen wurden erstmals 1956/57 durch Infektion der Weizensorte Mauerner begrannter Dickkopf vermehrt; nach einer weiteren Vermehrung über verschiedene Weizensorten im Zusammenhang mit einer anderen Fragestellung sind die Infektionen für die vorliegenden Versuche angesetzt worden.

Die in der üblichen Weise künstlich mit Brandsporen der 16 Herkünfte versetzten 12 Weizensorten sind am 30. 10. 1958 in 1 m<sup>2</sup> großen Parzellen mit einer Saatstärke von 15 g/m<sup>2</sup> ausgelegt worden. Die Versuchsanlage entsprach einem Gitterquadrat mit 5 Parallelen. Die Sorten Breustedts Goten und Wahrberger Ruf wurden nur mit 9 Herkünften infiziert, weil die übrigen Herkünfte nach den Vorjahresergebnissen (Schuhmann 1958 a) keine Rassendifferenzierungen erwarten ließen.

Das Ergebnis der Auswertung vom August 1959 enthält Tab. 6. Zur Erleichterung des Überblicks sind darin alle Befallszahlen unter 40 %, die hier als Grenze für Sorten mit Resistenzeigenschaften angesehen werden, durch Fettdruck hervorgehoben worden. Beim Vergleich dieser Werte fällt zunächst die Teilresistenz der Sorten Dornburger Heils Dickkopf und Wahrberger Ruf gegen alle Herkünfte und an zweiter Stelle die geringe Pathogenität der Herkünfte 7 und 126 auf den meisten Weizensorten ins Auge. Diese Abweichungen von den Eigenschaften der übrigen Herkünfte sind so auffallend, daß auf die Darstellung der Einzelwerte verzichtet werden kann und sich eine statistische Verrechnung erübrigt. Eine Mittelstellung nimmt Herkunft 60 ein, die auf den Sorten Carstens V, Karat Vorstufe Lichtenegg und Taca mit den Befallszahlen bis 40 % und Kienle Stamm 14 mit 41 % Befall wie die Herkünfte 7 und 126 ebenfalls eine schwächere Pathogenität besitzt. Sie unterscheidet sich jedoch von diesen beiden untereinander sehr ähnlichen Herkünften durch die höheren Befallswerte auf den Sorten Karat und Lang-Doerflers DN 1 und in etwas schwächerem Maße auf den Sorten Carstens V, Karat Vorstufe Lichtenegg und Schweigers Taca. Demnach können die geprüften *T. caries*-Herkünfte ohne Schwierigkeiten mit Hilfe der vorliegenden Testsorten in 3 Rassengruppen aufgeteilt werden. Hierbei ist bemerkenswert, daß die schwächste Pathogenität bei den beiden Herkünften 7 und 126 gefunden wurde, deren Sporen nur von einer Brandbutte bzw. einer Brandähre abstammten. Natürlich können auch Brandlinien, die von einer einzigen Brandbutte abstammen, eine durchweg hohe Pathogenität besitzen, wie die Herkunftsnummern 3 und 6 zeigen. Bei ganzen Populationen ist hohe Pathogenität hier weitgehend als Regel anzusehen. Zum Aufzeigen allgemeingültiger Regeln liegen hier zu wenig Beispiele vor; doch stimmen diese Beobachtungen mit zahlreichen Veröffentlichungen anderer Autoren (Zusammenfsg. bei Fischer and Holton 1957) überein, wonach Sporensammlungen aus engem Raum von einem Feld häufig als Rassengemische anzusehen sind.

Bei der Auswahl der Brandherkünfte für die später angesetzten Resistenzprüfungen sind die gefundenen Eigenschaften der *T. caries*-Herkünfte beachtet worden.



Tab. 6. Ergebnisse der Infektion von 12 Weizensorten mit 16 *T. caries*-Herkünften 1958/59

Weizensorte	Durchschnittliche Prozentzahl brandkranker Weizenähren aus 5 × 1 qm-Parzellen bei den <i>T. caries</i> -Herkünften															
	1	3	6	7	10	11	16	17	19	24	60	62	63	118	125	126
Breustedts Goten	88	—	—	—	—	90	—	92	90	86	—	—	83	93	86	65
Carstens V	67	78	79	7	83	83	93	91	64	72	36	87	60	88	75	8
Carstens VI	82	83	87	90	90	87	88	90	81	80	91	90	87	89	79	78
Dornburger Heils Dickk.	9	12	17	4	8	10	16	22	13	16	9	7	16	10	18	1
Erbachshofer Braun	89	91	90	46	91	93	96	92	84	90	53	92	79	93	91	30
Justa	67	74	67	65	76	68	78	72	69	67	74	67	63	70	59	39
Kienles Karat	73	79	79	9	78	73	84	86	59	70	73	74	57	82	75	6
Karat Vorst. Lichtenegg	74	87	87	20	86	90	91	87	74	85	40	91	75	92	86	14
Kienle Stamm 14	74	84	84	34	84	81	86	87	63	81	41	83	68	83	78	23
Lang-Doerflers DN 1	91	93	93	39	90	95	96	95	87	93	64	93	81	95	92	36
Schweigers Taca	81	86	87	6	92	90	95	93	84	90	36	91	65	92	87	6
Wahrberger Ruf	14	—	—	—	—	19	—	35	21	28	—	—	23	25	34	1

### C. *Tilletia controversa*, physiologische Rassen

#### 1. Pathogenität von *T. controversa*-Herkünften für Weizen

##### a) Literatur und Fragestellung

In den USA, wo die breitesten Untersuchungen über die Rassenbildung der *Tilletia*-Arten durchgeführt wurden, hatte man zunächst eine wesentlich niedrigere pathogene Spezialisierung des Zwergbrandpilzes *T. controversa* angenommen als bei *T. caries* und *T. foetida*. Über 20 Jahre hinweg konnten keine Hinweise dafür gefunden werden. Die Weizensorten mit Martin- oder Hussar-Resistenz wurden nirgends befallen, während Turkey-Sorten, die gegen einige *T. caries*-Rassen resistent sind, hoch befallen wurden (Purdy u. Mitarb. 1963). Seit 1952 werden im Pazifischen Nordwesten der USA aber auch hohe Erkrankungszahlen in Sorten mit Martin-Resistenzigenschaften beobachtet (Holton and Vogel 1952). In der Zwischenzeit ist es dort gelungen, 8 verschiedene *T. controversa*-Rassen zu identifizieren, die sich durch ihre Pathogenität auf den 7 Testsorten White Odessa (M), Selection 50 077 (M<sub>2</sub>), Selection 1403 (H), Orin (T oder R), Hohenheimer (Ho), Ridit (rd) und Omar (TM) mit den in Klammern genannten Resistenzgenen unterscheiden (Hoffmann, Kendrick and Meiners 1962). Auch in Europa war eine gewisse Aufspaltung des Zwergbrandes in pathogene Rassen nachzuweisen. Aebi (1955) fand in der Schweiz 3 Rassen, Podhradsky (1959) in Ungarn 2, und schließlich wurden auch in Deutschland Unterschiede in der Aggressivität verschiedener Zwergbrandherkünfte beobachtet (Wagner 1958, 1960, Schumann 1960, 1963). Auf diesen letzten Beobachtungen aufbauend sind die eigenen Untersuchungen über die Pathogenität der deutschen *T. controversa*-Herkünfte fortgeführt worden. Es erscheint zweckmäßig, die vorläufigen ersten Mitteilungen (Schumann 1960, 1963) in den folgenden Gesamtüberblick ausführlich aufzunehmen. Die einzelnen Versuche, die

Tab. 7. Zwergsteinbrandbefall in % nach Infektion mit verschiedenen Brandherkünften auf 34 Weizensorten 1958/59

Lfd. Nr.	Weizensorten	Brandherkünfte und % brandkranke Halme														$\phi$ 187-215
		187	196	205	211	185	202	227	210	226	234	181	215			
1	Martin (D 16)	1	1	1	3	0	1	0	0,3	2	0	0	0	0,8		
2	Wasatch (D 1)	4	3	2	1	2	2	—	3	7	1	—	—	2,8		
3	White Odessa (D 18)	7	6	5	4	—	2	—	3	3	2	—	—	4,0		
4	Relief (D 14)	0	2	2	2	1	1	0	1	2	0,3	—	—	1,1		
5	Hussar (D 11)	2	2	2	2	1	3	0	1	2	1	0	0	1,3		
6	Breisgauer roter Landw. (D 6)	1	4	4	4	1	6	1	2	11	3	4	3	3,7		
7	Ridit (D 13)	12	7	9	17	6	4	11	7	8	6	3	0	7,5		
8	Cache (D 10)	25	18	22	18	12	25	—	18	12	7	—	—	17		
9	Turkey (D 15)	20	25	16	29	5	25	3	24	33	20	18	5	19		
10	Justa (D 56)	26	21	24	37	14	19	47	33	37	19	—	—	28		
11	Graf Toerring II (D 78)	33	53	35	28	24	27	16	33	24	12	—	—	29		
12	Zuchtstamm KWR (D 77)	41	41	35	34	16	34	3	28	30	29	—	—	29		
13	Zuchtstamm 814/56 (D 76)	40	50	54	40	39	20	10	25	32	20	—	—	33		
14	Breustedis Golen (D 69)	58	37	37	32	36	29	27	18	37	21	—	—	33		
15	Zuchtstamm K 45/1101 b 4 (D 79)	42	59	33	35	—	41	40	21	34	18	—	—	36		
16	Mintucky (D 17)	40	41	51	47	33	39	27	31	32	26	—	—	37		
17	Carstens W. W. VI (D 35)	49	37	42	43	30	31	—	29	35	36	—	—	37		
18	Zuchtstamm DN 1 (D 38)	60	53	49	45	28	30	33	27	18	26	—	—	37		
19	Kienles Karat (D 62)	26	53	51	49	51	31	25	38	27	20	—	—	37		
20	Zuchtstamm D 4 (D 67)	55	47	56	25	31	58	43	31	20	8	—	—	37		
21	Zuchtstamm Br. 477/55 (D 72)	54	48	45	52	20	32	29	33	53	22	—	—	39		
22	Zuchtstamm K. 16 (D 63)	68	33	50	50	47	51	15	35	29	13	—	—	39		
23	Zuchtstamm K. D 5 (D 68)	49	52	40	38	52	43	42	45	23	11	—	—	40		

Lfd. Nr.	Weizensorten	Brandherkünfte und % brandkranke Halme												φ 187-215
		187	196	205	211	185	202	227	210	226	234	181	215	
24	Wahrberger Ruf (D 73)	58	46	57	48	27	45	33	42	28	14	—	—	40
25	Zuchtstamm K. D 2 (D 65)	51	41	59	45	56	38	46	53	12	11	—	—	41
26	Zuchtstamm L. Nz 125/49 (D 75)	43	44	53	50	62	29	42	30	35	25	—	—	41
27	Zuchtstamm K. D 3 (D 66)	56	54	50	45	48	49	52	31	31	11	—	—	43
28	Schweigers Taca (D 9)	72	60	37	43	33	38	65	39	20	27	—	—	43
29	Zuchtstamm K. 11 a (D 61)	70	72	60	30	—	51	38	49	16	18	—	—	45
30	Zuchtstamm Br. 336/55 (D 71)	62	54	69	54	16	53	42	36	41	33	—	—	46
31	Zuchtstamm Br. 318/55 (D 70)	63	55	54	56	65	53	50	45	47	23	—	—	51
32	Zuchtstamm K. D 1 (D 64)	51	—	64	54	83	60	76	53	40	27	—	—	56
33	Zuchtstamm Tr. 13 (D 74)	68	72	69	52	69	56	53	61	63	38	—	—	60
34	Erbachshofer Braun (D 3)	76	83	81	66	83	57	45	59	43	36	—	—	63
	Ø Sorte 1-34	41	39	37	35	32	32	31	31	26	17			

sich über einen Zeitraum von 5 Jahren erstreckten, werden in zeitlicher Reihenfolge dargestellt.

#### b) Infektionsversuche Nr. 1-10

Versuch 1: Infektion von 34 Weizensorten mit 10 *T. controversa*-Herkünften 1959.

Zur Prüfung der Pathogenität von 10 Zwergbrandherkünften wurden im Dezember 1958 34 Weizensorten mit diesen Sporenherkünften künstlich infiziert. Die ausgewählten Brandherkünfte verteilen sich annähernd gleichmäßig über das gesamte Verbreitungsgebiet des Zwergsteinbrandes in Deutschland. Bei der Auswahl der deutschen Weizensorten wurden, soweit bekannt, die mittel- bis schwachanfälligen Sorten bevorzugt, ferner Stämme, die von privaten Züchtern zur Resistenzprüfung zugesandt worden waren, und vorhandene nordamerikanische Sorten mit bekannten Resistenzgenen.

Die Infektionen wurden nach Methode I ausgeführt. Mit jeder Brandherkunft wurden, soweit die Sporenmenge ausreichte,  $4 \times 100$  Keimlinge einer Weizensorte infiziert, davon zwei Parallelen am 25. 11. 58 und die beiden anderen Parallelen am 16. 12. 58. Die in Saatschalen ( $22 \times 22$  cm) ausgelegten, infizierten Weizenkeimlinge standen bis zum 27. 2. 59 bei durchschnittlich  $3^\circ \text{C}$  (Min.  $1^\circ$ , Max.  $6^\circ$ ) in einem temperaturregulierten Gewächshaus und anschließend im Freien; der Inhalt einer

Keimschale wurde am 14. und 15. 4. 59 horstweise ohne Teilung des Wurzelballens auf das Feld verpflanzt.

Die Mitte Juli ermittelten Prozentsätze kranker Halme fußen auf einer durchschnittlichen Halmzahl von 285, woraus geschlossen werden kann, daß ein größerer Anteil an Weizenkeimlingen, wahrscheinlich infolge des Rückschnittes der Koleoptile bei der künstlichen Infektion, abgestorben ist. Die Weizensorten sind in Tab. 7 mit den Infektionsergebnissen nach ihrer durchschnittlichen Anfälligkeit und zum Teil nach verwandtschaftlichen Beziehungen aufgeführt worden. Die Brandherkünfte wurden von links nach rechts in der Reihenfolge abnehmender Pathogenität geordnet.

Nach den vorliegenden Befunden ist deutlich zwischen den Befallsstärken bei den resistenten und bei den mehr oder weniger anfälligen Weizensorten zu unterscheiden. Auf den resistenten Sorten Martin und White Odessa, die Träger der Martin-Resistenz sind, ferner Wasatch, Relief, Hussar und Breisgauer roter Landweizen sowie den teilweise resistenten Sorten Redit, Cache und Turkey ist der Infektionserfolg gering. Dabei zeichnet sich keine der geprüften Brandherkünfte durch besondere pathogene Leistungen auf den einzelnen Sorten aus, weshalb von einer typischen Rassenspezialisierung nicht gesprochen werden kann.

Im Gegensatz dazu zeigen die anschließenden Weizensorten zunehmenden durchschnittlichen Befall, nach dem sie als mittel- oder höher anfällig bezeichnet werden können. Gewisse Unterschiede dürften jedoch im Bereich der Versuchsbedingungen und der von Versuchsjahr zu Versuchsjahr auftretenden Schwankungen liegen, so daß eine Gruppeneinteilung der Sortenanfälligkeit hiernach nicht zu eng gewählt werden darf. So haben z. B. die Sorten Graf Toerring II und Wahrberger Ruf hier mittlere Anfälligkeit gezeigt, obwohl sie unter natürlichen Infektionsbedingungen zu den teilresistenten Sorten (Nr. 7–9) zu zählen sind. Beide Ergebnisse deuten an, daß die Infektionsmethode I mit Verletzen der Koleoptile wenigstens bei einigen Sorten den Befall zu stark begünstigt.

Auffallend sind die geringeren Befallszahlen bei sämtlichen Weizensorten in einigen Infektionsreihen, die damit auf eine geringere Pathogenität der betreffenden Sporenherkünfte hinweisen. Diese Besonderheit wird am deutlichsten durch die schwach pathogene Herkunft 234 (Heidenheim) bei Gegenüberstellung mit den Herkünften 187 (Donauwörth) und 196 (Pfarrkirchen) von höherer Pathogenität charakterisiert. Der Herkunft 234 ist mit geringerer Pathogenität für die meisten Weizensorten noch die Herkunft 226 (Marktoberdorf) ähnlich. Dagegen können zu den Herkünften 187 und 196 auf Grund der Befallszahlen die Herkünfte 205, 211, 185 und 202 gestellt werden. Herkunft 227 (Wasserburg) zeigt stark abweichenden Brandbesatz, der in den Sorten Nr. 9, 11, 12, 13 und 22 erheblich niedriger, in den Sorten 10 und 32 jedoch höher als die entsprechenden anderen Befallszahlen liegt und steht damit zwischen den einheitlicheren Infektionsgruppen. Das ziemlich durchgehende Zurückbleiben der Befallsstärke bei der Herkunft 234 könnte auch abweichende ungünstige Versuchsbedingungen vermuten lassen; irgendwelche Anhaltspunkte waren hierfür aber nicht zu finden. Es bestand auch kein Zusammenhang zwischen der Höhe des Brandbefalls und der Keimungsintensität der Brandherkünfte auf den Erdschalen, von denen die Sporen zur Infektion abgeschlänmt worden waren. Es bringt keinen Gewinn, durch statistische Sicherung geringerer Befallsdifferenzen weitere Schlußfolgerungen aus diesem einjährigen Ergebnis ziehen zu wollen.

Versuch 2: Infektion von 11 Weizensorten mit 7 *T. controversa*-Herkünften 1959–61.

In den anschließenden zweijährigen Versuchen war festzustellen, wie weit sich die im ersten Versuchsjahr 1958/59 beobachteten Unterschiede in der Pathogenität der Zwergbrandherkünfte reproduzieren lassen. Zu diesem Zweck sind die Weizensorten (lfd. Nr. 34, 28, 9, 24, 22, 32, 25, 23, 12, 11, 15 aus Tab. 7), auf denen im ersten Jahr größere Pathogenitätsunterschiede der Brandherkünfte erkannt worden waren, zusammen mit 7 Brandherkünften, die am stärksten voneinander abwichen, ausgewählt worden. Hier konnte am ehesten eine Bestätigung der divergierenden Pathogenitätseigenschaften erwartet werden. Um keine neue Versuchsvariante mitaufzunehmen, ist die gleiche Infektionsmethode beibehalten worden. Nur sind in der Regel  $4 \times 200$  Weizenkeimlinge je Versuchsnummer, die doppelte Anzahl wie früher, infiziert worden, da nach den inzwischen gewonnenen Erfahrungen durch das Abschneiden der Koleoptilspitzen bei der künstlichen Infektion ein Teil der Keimlinge abstirbt. Die Weizensorten konnten nicht alle gleichzeitig verarbeitet werden, jedoch ist jede einzelne Sorte mit allen auf ihr geprüften Brandpopulationen am gleichen Tag infiziert worden, und die Versuchsgefäße waren während der Weizenanzucht denselben Bedingungen ausgesetzt. Nach den Befallsergebnissen dürfen deshalb nicht die Weizensorten untereinander, wohl aber die Zwergbrandherkünfte auf der gleichen Sorte verglichen werden. Die Aussagekraft des Versuches mit dem Ziel, die unterschiedliche Pathogenität der *T. controversa*-Herkünfte aufzuzeigen, wird dadurch nicht eingeschränkt.

Die Infektionsdaten im ersten Wiederholungsversuch (Tab. 8, Erntejahr 1960) lauten für die Sorten Nr. D 9 und D 63: 8. 12. 1959; Nr. D 3, D 78 und D 79: 10. 12. 1959; Nr. D 15, D 64 und D 65: 15. 12. 1959; Nr. D 77: 16. 12. 1959; Nr. D 68: 6. 1. 1960 und Nr. D 48: 20. 1. 1960. Nach den Infektionen standen die Versuchsgefäße bis zum 21. 1. 1960 in einem temperaturgesteuerten Gewächshaus bei  $4-5^{\circ}\text{C}$ . Die ersten beiden der 4 Parallelen (Versuchsgefäße) verblieben weiterhin in diesem Haus unter gleichbleibenden Temperaturbedingungen, während die zweite Hälfte des Versuches in einer Vegetationshalle aufgestellt worden war, in der folgende Lufttemperaturen gemessen wurden:

21. 1.— 8. 2. 1960:  $\varnothing + 1^{\circ}\text{C}$ , Min.  $-5^{\circ}\text{C}$ , Max.  $+ 12^{\circ}\text{C}$

9. 2.—22. 2. 1960:  $\varnothing + 2,5^{\circ}\text{C}$ , Min.  $-5^{\circ}\text{C}$ , Max.  $+ 10^{\circ}\text{C}$

23. 2.—18. 3. 1960:  $\varnothing + 6^{\circ}\text{C}$ , Min.  $-3^{\circ}\text{C}$ , Max.  $+ 25^{\circ}\text{C}$

Anschließend standen die Kulturschalen mit dem infizierten Weizen bis zur Verpflanzung auf das Versuchsfeld am 31. 3. 60 im Freiland. Die Ergebnisse der Brandährenzählungen vom August 1960 sind in Tab. 8 in den Spalten unter dem Erntejahr 1960 eingetragen worden. Die Einzelwerte resultieren aus dem Anteil brandkranker Ähren von 300–400 Weizenhalmen.

Im 2. Wiederholungsversuch 1960/61 sind alle Weizensorten am 14. und 15. 12. 1960 in gleicher Weise infiziert worden. Die Versuchsgefäße standen bis zum 13. 3. 1961 in einem temperaturgesteuerten Gewächshaus bei durchschnittlich  $4^{\circ}\text{C}$  mit Schwankungen von  $+ 2^{\circ}\text{C}$  bis  $+ 6^{\circ}\text{C}$ . Sie waren anschließend bis zum Umpflanzen auf das Versuchsfeld am 4.–6. 4. 61 Freilandtemperaturen ausgesetzt. Die übrige Versuchsdurchführung deckt sich mit derjenigen im vorausgegangenen Versuch. Die Prozentzahlen kranker Ähren von Anfang August 1961, die auf der Auswertung von jeweils 350 bis etwa 450 Halmen basieren, sind ebenfalls in Tab. 11 in den Spalten für das Erntejahr 1961 eingetragen worden.

Tab. 8. Pathogenität von 7 *T. controversa*-Herkünften auf 11 Weizensorten in 3 Versuchsjahren

Lfd. Nr. aus Tab. 10	BBA Reg. Nr. *)	Weizensorte	Ernte-jahr	<i>T. controversa</i> -Herkünfte und % kranke Halme						
				187	196	210	211	226	227	234
34	D 3	Erbachshofer Braun	1959	76	83			43	45	36
			1960	69	67			57	48	39
			1961	71	74			48	38	41
			∅	72	75			49	44	39
28	D 9	Schweigers Taca	1959	72		39		20	65	27
			1960	43		23		11	50	21
			1961	68		33		17	54	24
			∅	61		32		16	56	24
9	D 15	Turkey	1959	20				33	3	
			1960	12				19	18	
			1961	8				21	19	
			∅	13				24	13	
24	D 48	Wahrberger Ruf	1959	58	46	42	48	28	33	14
			1960	42	39	50	40	37	21	10
			1961	40	46	52	37	43	34	16
			∅	47	44	48	42	36	29	13
22	D 63	Zuchtstamm K 16	1959	68			50	29	15	13
			1960	58			54	38	24	45
			1961	64			49	31	17	33
			∅	63			51	33	19	30
32	D 64	Zuchtstamm K. D 1	1959						76	27
			1960						39	5
			1961						61	19
			∅						59	17
25	D 65	Zuchtstamm K. D 2	1959			53		12		11
			1960			28		20		17
			1961			42		18		12
			∅			41		17		13
23	D 68	Zuchtstamm K. D 5	1959	49	52				42	11
			1960	37	64				68	25
			1961	44	48				56	14
			∅	43	55				55	17

\*) Register-Nr. der Biologischen Bundesanstalt Dahlem

Lfd. Nr. aus Tab. 10	BBA Reg. Nr. *)	Weizensorte	Ernte-jahr	<i>T. controversa</i> -Herkünfte und % kranke Halme						
				187	196	210	211	226	227	234
12	D 77	Zuchtstamm KWR	1959	41		28	34		3	29
			1960	36		31	18		23	20
			1961	40		35	21		15	22
			∅	39		31	24		14	24
11	D 78	Graf Toerring II	1959		53					12
			1960		15					12
			1961		24					6
			∅		31					10
15	D 79	Zuchtstamm K 45/1101 b 4	1959	42	59	21				18
			1960	56	50	29				31
			1961	41	54	18				22
			∅	46	54	23				24

#### Auswertung und Besprechung der dreijährigen Infektionsergebnisse

Auf der Grundlage der durchschnittlichen Prozentwerte des Brandbefalls aus den 3 Versuchsjahren (Tab. 8), die als Wiederholungen angesehen werden können, ist zur rechnerischen Prüfung der Signifikanz unterschiedlicher Pathogenität von jeweils 2 Brandherkünften auf einer Weizensorte der F-Test (Mudra 1958) herangezogen worden.

Auf der Grundlage statistisch gesicherter Differenzen ist für P 5 % und P 1 % in Tabelle 9 die Anfälligkeit der 9 Weizensorten, auf denen gesicherte Befallsunterschiede auftraten, für die 7 Brandherkünfte mit fettgedruckten Buchstaben gekennzeichnet worden. Die nicht fett gesetzten Buchstaben beziehen sich auf das einjährige Infektionsergebnis aus dem Jahre 1958/59. Die fettgedruckten Großbuchstaben bezeichnen hierin einen signifikant höheren Befall gegenüber den gleichen Kleinbuchstaben innerhalb der senkrechten Spalten. Es mußten mehrere Buchstaben (A—C) herangezogen werden, um auch Untergruppen darstellen zu können. So ist die Weizensorte Nr. D 9 für Herkunft 187 (A) höher anfällig als für die Herkunft 210 (a) und 226 (a), doch verursacht 210 (B) gesichert höheren Befall als 226 (b) und Herkunft 227 (C) höheren als Herkunft 234 (c). Der weitere Vergleich der Befallszahlen von Herkunftspaaren, der nur auf derselben Weizensorte zulässig ist, ermöglicht die Trennung der 7 *T. controversa*-Populationen in 5 Rassengruppen mit unterscheidbaren pathogenen Leistungen: Zur 1. Gruppe mit hoher Pathogenität auf allen geprüften Weizensorten gehören die Herkünfte 187 und 196. Die 2. Gruppe mit den Herkünften 210 und 211 ist sehr ähnlich und die gesicherten Unterschiede zur 1. Gruppe ergeben sich für Herkunft 210 aus dem niedrigeren Brandbefall auf den Sorten Nr. D 9 und D 79 gegenüber Herkunft 187 und auf Sorte Nr. D 79 gegenüber Herkunft 196. Die Herkunft 211 ist signifikant schwächer pathogen als Herkunft 187 auf den Sorten D 63 und D 77. Die 3. Gruppe, vertreten durch Herkunft 226, unterscheidet sich

von 187 durch geringeren Befall auf den Weizensorten Nr. D 3, D 9 und D 63, von Herkunft 196 auf Sorte Nr. D 3, von Herkunft 210 auf den Sorten Nr. D 9 und D 65 und von 211 auf Sorte Nr. D 63. In der 4. Gruppe ist die Herkunft 227 schwächer pathogen als 187 auf den Sorten Nr. D 3, D 48, D 63 und D 77, weiterhin schwächer als 196 auf Sorte Nr. D 3 und schwächer als 210 auf den Sorten Nr. D 48 und D 77, jedoch stärker pathogen als 210 auf Sorte Nr. D 9, gegenüber 211 wiederum schwächer auf Sorte Nr. D 63. Von 226 unterscheidet sich die Herkunft 227 durch höheren Befall auf der Sorte Nr. D 9 und niedrigeren auf Sorte Nr. D 63 und schließlich von Herkunft 234 durch höheren Befall auf den Sorten Nr. D 9, D 48, D 64 und D 68. Als 5. Gruppe fällt die Herkunft 234 durch niedrige Pathogenität auf fast allen Sorten, insbesondere auf der mit allen Herkünften geprüften Sorte Nr. D 48 heraus.

Diese aus den 3 Versuchsjahren gewonnenen Befunde lassen nun erkennen, daß die im ersten Versuchsjahr 1958/59 festgestellten größeren Unterschiede in der Pathogenität bei allen 7 nachgeprüften Zwergbrandherkünften auch in den folgenden Versuchsjahren aufgetreten sind, woraus auf genetisch bedingte Ursachen für das verschiedene Verhalten der Brandherkünfte geschlossen werden kann.

Nennenswerte Verschiebungen von den Ausgangswerten des ersten Versuchsjahres (vgl. Tab. 8) sind nur bei den 4 Kombinationen: Herkunft 227 auf Sorte Nr. D 15, Herkunft 226 auf Sorte Nr. D 48, Herkunft 234 auf Sorte Nr. D 63 und Herkunft 227 auf Sorte Nr. D 77 zu verzeichnen. Es handelt sich hierbei durchweg um ursprünglich schwach pathogene *T. controversa*-Populationen, bei denen in den letzten Versuchsjahren eine Steigerung in der Pathogenität zu beobachten war. Die Gründe hierfür könnten in der Selektionswirkung der Weizensorten für Brandlinien mit höheren pathogenen Leistungen aus der Ausgangspopulation zu suchen sein, die deshalb von Jahr zu Jahr zu einem größeren Anteil in den nachfolgenden Generationen vertreten waren. Ebenso könnten die von Versuchsjahr zu Versuchsjahr schwankenden Umweltfaktoren die Infektionsbedingungen für die einzelnen Brandpopulationen in unterschiedlichem Maße verändert haben, sofern man mit der Existenz geographischer Pilzrassen rechnen darf.

Tab. 9. Befallsdifferenzen auf 9 Weizensorten durch 7 *T. controversa*-Herkünfte 1959–1961

Rassen- gruppe	<i>T. contr.</i> Herk.	Weizensorte Nr. D								
		3	9	48	63	64	65	68	77	79
I	187	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	A	A	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
	196	<b>A</b>	A	<b>B</b>	a/A	—	A	<b>A</b>	A	<b>A</b>
II	210	A	<b>aB</b>	<b>A</b>	a/A	A	<b>A</b>	A	<b>B</b>	<b>a</b>
	211	A	A	<b>B</b>	<b>aB</b>	A	A	A	a	a/A
III	226	<b>a</b>	<b>ab</b>	<b>B</b>	<b>abC</b>	A	<b>a</b>	a	A/a	a/A
IV	227	<b>a</b>	<b>AC</b>	<b>aB</b>	<b>abc</b>	<b>A</b>	A	<b>A</b>	<b>ab</b>	A
V	234	<b>a</b>	<b>c</b>	<b>ab</b>		<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>

Erklärung: Fettgedruckte Großbuchstaben kennzeichnen gesicherte höhere Anfälligkeit als die gleichen fettgedruckten Kleinbuchstaben innerhalb der senkrechten Spalten.



### Versuch 3: Infektion von 2 Weizensorten mit 40 Zwergbrand-Herkünften 1960.

Da bis zum Versuchsbeginn noch keine Weizensorten bekannt waren, die auf Grund hoher Anfälligkeit gegen eine bestimmte Brandherkunft und hoher Resistenz gegen eine andere eine sichere Differenzierung der verfügbaren Brandherkünfte erwarten ließen, wurden die allgemein hoch anfällige Winterweizensorte Erbachshofer Braun und die entsprechende teilresistente Sorte Wahrberger Ruf ausgewählt. Die Sortenzahl mußte auf 2 beschränkt werden, um alle 40 aus dem Erntejahr 1958 stammenden Herkünfte in den Versuch aufnehmen zu können.

Die Infektion ist nach Methode I für Erbachshofer Braun am 14. 1. 1960 und für Wahrberger Ruf am 20. 1. 1960 vorgenommen worden. Je Versuchsnummer wurden  $5 \times 150$  dieser Keimlinge in Tonschalen ( $22 \times 22$  cm) ausgelegt, die mit einer Kompost-Sand-Mischung gefüllt waren. Die Schalen standen bis zum 18. 3. in einer glasgedeckten, ungeheizten Vegetationshalle auf einer 20 cm starken Strohhäckselschicht, die infolge Zersetzung eine gewisse Eigenwärme erzeugte. Die durchschnittliche Lufttemperatur betrug im ersten Monat  $+2,5^{\circ}\text{C}$  (Maximum  $10^{\circ}$ , Minimum  $-5^{\circ}$ ) und im zweiten Monat  $+6^{\circ}\text{C}$  (Maximum  $25^{\circ}$ , Minimum  $-3^{\circ}$ ). Nach Aufstellung der Saatschalen im Freien vom 18. 3.—31. 3. wurde der Weizen horstweise ohne Zerteilung der Wurzelballen im Abstand von  $60 \times 80$  cm aufs Feld verpflanzt.

Die Infektions- und die statistischen Prüfungsergebnisse nach der Varianzanalyse sind in den Tabellen 10 und 11 dargestellt worden. Zur Verrechnung sind die Prozentzahlen wiederum nach der Winkeltransformation  $\arcsin \sqrt{\text{Prozent}}$  (M u d r a 1958) umgerechnet worden. Die senkrechten Striche in der letzten Spalte fassen auf der Grundlage der hoch signifikanten Grenzdifferenz von  $GD 1\%$  *T. controversa*-Gruppen mit gleichen Pathogenitätsmerkmalen zusammen.

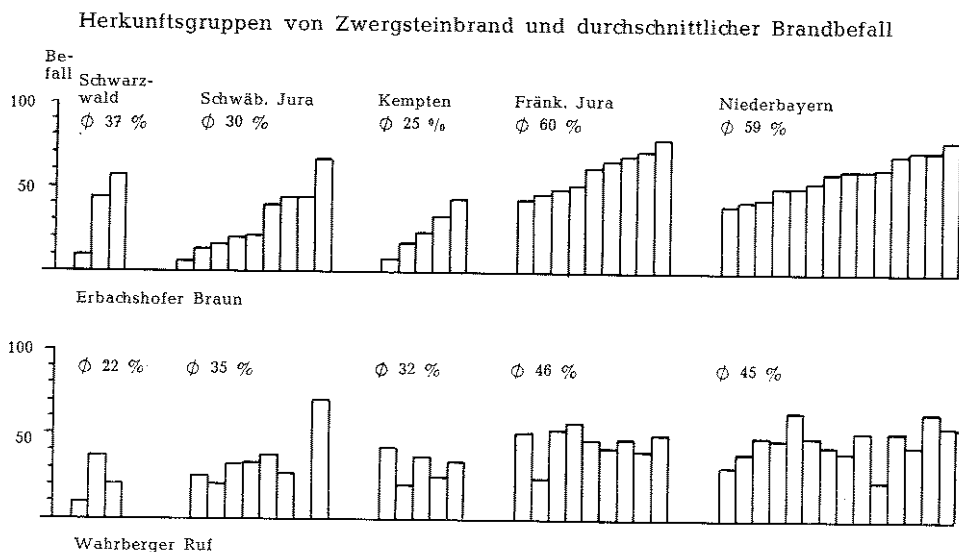


Abb. 7 Prozent brandkranke Halme nach künstlicher Infektion der Weizensorten Erbachshofer Braun und Wahrberger Ruf mit 40 Zwergsteinbrandherkünften im Jahre 1960

Hiernach ist eine Unterscheidung der *T. controversa*-Herkünfte auf beiden Weizensorten möglich. Es lassen sich so mit Hilfe der Sorte Erbachshofer Braun, auf der die größten Befallsdifferenzen zu beobachten waren, z. B. die Herkünfte 203 (5 % Befall), 213 (21 %), 220 (41 %) und 187 a (63 %) voneinander trennen. Unter Beachtung der nahezu gleichen Grenzdifferenz ( $GD\ 1\ \% = 11,22$ ) für die zweite Weizensorte Wahrberger Ruf, die sich aus der Verrechnung der Befallswerte aus dem gleichen Anlageplan und demselben Berechnungsverfahren ergab, ist auch hier eine Unterscheidung von schwächer pathogenen Herkünften (z. B. 219 mit 10 %) gegenüber solchen mit mittleren pathogenen Merkmalen (z. B. 188 mit 28 %) möglich, die sich ihrerseits wiederum von denjenigen mit hoher Pathogenität (205—229 mit 48—64 %) unterscheiden lassen.

Eine grundsätzliche Übereinstimmung in den Pathogenitätsmerkmalen der Herkünfte für beide Weizensorten besteht nicht, so daß eine hohe Pathogenität für die Sorte Erbachshofer Braun nicht unbedingt mit einer solchen für Wahrberger Ruf einhergeht. Dies geht am deutlichsten aus dem Säulendiagramm (Abb. 7 S. 41) hervor, in dem die Brandpopulationen nach ihrem Herkunftsort in der Reihenfolge steigender Pathogenität auf Erbachshofer Braun nochmals den Befunden auf Wahrberger Ruf gegenübergestellt sind. Gleiche Brandherkünfte stehen hier übereinander. Weiterhin läßt diese Zusammenstellung erkennen, daß eine Unterscheidung der Brandherkünfte nach landschaftlichen Gesichtspunkten nicht ohne weiteres möglich ist. Nur bei Berücksichtigung der durchschnittlichen Befallswerte der Brandherkünfte aus einer Gegend fällt insbesondere auf der Weizensorte Erbachshofer Braun die höhere Pathogenität der Herkünfte aus Niederbayern und dem Fränkischen Jura gegenüber den übrigen Gruppen: dem Bezirk Kempten, dem Schwäbischen Jura und dem Schwarzwald auf, wobei im letzten Falle infolge der wenigen Herkünfte eine Zuordnung nur mit großem Vorbehalt möglich ist.

Die vorliegenden Befunde decken sich, soweit Vergleiche gegeben sind, weitgehend mit den Beobachtungen, die in den zuvor beschriebenen Versuchen gemacht werden konnten. Alle Brandherkünfte, die dort auf der Sorte Erbachshofer Braun in Prüfung waren, zeigten ähnliche Pathogenitseigenschaften. So führten Infektionen mit den Herkünften 211, 187, 210, 202, 196 und 205, die in jenen Versuchen den Weizen Erbachshofer Braun zu mehr als 50 % erkranken ließen, auch jetzt wieder zu einem hohen Befall. Ebenso zeichnet sich die damals beobachtete schwächere Pathogenität der Herkünfte 181, 234 und 215 wiederum deutlich ab. Nicht ganz so klar sind dagegen die zuvor auf Wahrberger Ruf an sich schon geringeren Differenzen bestätigt worden.

V e r s u c h 4: Infektion von 21 Weizensorten mit 5 *T. controversa*-Herkünften 1960/61.

Zur Erweiterung und Ergänzung der Pathogenitätsprüfungen sind weitere Weizensorten nach den eigenen Vorversuchen oder nach Literaturhinweisen und einige deutsche Handelssorten mit 5 durch die Vorversuche bestimmten Zwergbrandherkünften infiziert worden. Diese Versuchserweiterung wurde möglich, nachdem eine Feldinfektionsmethode (Methode II) erarbeitet worden war, die einen wesentlich geringeren Arbeitsaufwand erforderte.

Die 21 Weizensorten wurden am 3. 10. 1960 in Horste ausgesät und einmal am 7. 11. 1960 mit Brandsporen und zur Erhöhung der Infektionschancen ein zweites Mal am 17. 11. 1960 mit auf Schlämmschalen vorgekeimten Brandsporen übersprüht. Auf

Tab. 10. Ergebnis des t-Testes für die Weizensorte Erbachshofer Braun

Erklärung: Die senkrechten Striche verbinden Herkünfte mit gleichen pathogenen Eigenschaften für eine Grenzdifferenz von 1 ‰.

Sporenerkunft		durchschn. Befall		GD 1 ‰ (= 12,0)
		‰	$\text{arc} \cdot \sin \sqrt{\text{‰}}$	
15	203	5	13	
40	235	9	17	
29	219	10	18	
39	234	13	21	
38	233	16	23	
36	231	17	24	
13	201	19	25	
25	213	21	27	
32	226	24	29	
24	212	31	33	
27	217	38	38	
3	182	39	39	
30	220	41	40	
10	196	42	40	
11	199	42	40	
31	222	43	40	
17	205	43	41	
35	230	44	41	
5	184	44	42	
9	195	46	43	
19	207	46	43	
8	193	50	45	
14	202	52	46	
33	228	52	46	
21	209	53	47	
23	211	55	48	
1	179	58	50	
37	232	60	51	
26	216	61	52	
16	204	61	52	
4	183	62	52	
7	187 <sub>a</sub>	63	53	
28	218	66	54	
6	186	68	56	
18	206	70	58	
34	229	71	58	
12	200	71	58	
2	180	72	58	
20	208	78	62	
22	210	78	63	

Tab. 11. Ergebnis des t-Testes für die Weizensorte Wahrberger Ruf

Erklärung: Die senkrechten Striche verbinden Herkünfte mit gleichen pathogenen Eigenschaften für eine Grenzdifferenz von 1 ‰.

Sporenerkunft		durchschn. Befall ‰ $\text{arc} \cdot \sin \sqrt{\frac{\text{‰}}{\text{‰}}}$		GD 1 ‰ (= 11,22)
29	219	10	18	
8	191	18	25	
38	233	19	25	
36	231	19	26	
4	183	21	27	
23	212	21	27	
10	195	24	29	
39	234	25	29	
7	188	28	31	
30	220	29	32	
31	222	29	32	
14	201	31	34	
24	213	32	34	
3	182	33	35	
25	214	33	35	
11	196	36	37	
32	226	36	37	
27	217	36	37	
35	230	37	37	
18	206	38	38	
2	180	39	38	
33	228	40	38	
26	216	41	39	
37	232	41	39	
40	235	41	40	
6	187 <sup>a</sup>	43	41	
1	179	44	42	
9	193	45	42	
22	210	46	42	
5	186	46	43	
17	205	48	44	
28	218	49	44	
21	209	49	45	
13	200	51	45	
12	199	51	46	
19	207	52	46	
16	204	53	47	
20	208	54	47	
15	202	57	49	
34	229	64	53	

einen Horst mit 150 ausgesäten Körnern kamen 1 g lufttrockene, ungekeimte Sporen und die von einer 70 cm<sup>2</sup> großen Erdschalenfläche abgeschlammten, gekeimten Sporen. Die in Reihen angeordneten Horste blieben vom Tag der Aussaat bis zum 15. März 1961 mit Folie überspannt, die nur zur zweiten Infektion kurz aufgenommen werden mußte.

Die Versuchsanlage entsprach einem balancierten unvollständigen Block mit  $v$  (Herkünfte) = 5 und  $n$  (Wiederholungen) = 4. In den einzelnen Blocks wurden alle 21 Weizensorten zusammengefaßt, so daß mehrere Horste reihenweise mit derselben Herkunft infiziert werden konnten. Dadurch war es leichter möglich, die mit den einzelnen Brandherkünften infizierten Horste durch die Folienabdeckung isoliert zu halten, um eine Vermischung der Brandherkünfte durch Verwehen während des Spritzens auszuschalten. Die getrennte Abdeckung einzelner Horste wäre zu umständlich gewesen.

Die Zählung gesunder und brandkranker Weizenhalme im August 1961 brachte das in Tab. 12 zusammengefaßte Ergebnis. Darin wurden die Weizensorten in der Reihenfolge ihrer durchschnittlichen Anfälligkeit gegen alle Herkünfte (vorletzte Tabellenspalte) aufgeführt. Die angegebenen Prozentwerte des Brandbefalls sind Durchschnittswerte aus 4 Horsten (Parallelen) mit insgesamt 400–700 Halmen je nach Keim- und Bestockungsfähigkeit der einzelnen Weizensorten.

Bei der Beurteilung der Versuchsergebnisse fallen zunächst die niedrigen Befallszahlen der Sorten Graf Toerring II, Wahrberger Ruf, Erbachshofer Braun, Karat und Carstens Winterweizen VI im Vergleich zu den früheren Versuchen auf. Die durchschnittlichen Infektionsergebnisse mit den hier wieder eingesetzten Brandherkünften aus dem Versuchsjahr 1958/59 sind deshalb in der letzten Spalte mitgenannt worden. Derartige Abweichungen könnten durch allgemein schlechtere Infektionsverhältnisse, die sich nicht nur aus ungünstigen Umweltbedingungen, sondern auch aus dem Wechsel der Infektionsmethode ergeben, verursacht sein. Dagegen spricht aber der gleichgebliebene Befall bei den widerstandsfähigen Weizensorten Martin, Hussar und Ridit. Daher ist zu vermuten, daß die vordem gewählte Infektionsmethode von N i e m a n n , bei der junge Koeloptilspitzen abgeschnitten werden, die relative Anfälligkeit der Wirtspflanzen verschiebt, so daß einige Sorten die Resistenzeigenschaften, die bei der Methode II in Erscheinung treten, bei der Infektionsmethode I nicht immer erkennen lassen. Da das Saatgut der 5 Weizensorten, bei denen die Befallsverminderungen hier auffallen, für diese Versuchsreihe vom Züchter neu beschafft war, wäre auch die neue Saatgutherkunft bei der Beurteilung des veränderten Infektionsergebnisses in Betracht zu ziehen. Daß eine solche Möglichkeit nicht ganz von der Hand zu weisen ist, ergibt sich aus den Beobachtungen von H o l t o n und H e a l d (1936) und B a y l e s (1936) über *Tilletia caries*. Dennoch können die hier eingetretene größeren Abweichungen bei *T. controversa* im Hinblick auf die inzwischen vorliegenden Erfahrungen der anschließenden Jahre und auf Angaben anderer Autoren über die Anfälligkeit der Weizensorten eher durch die Änderung der Infektionsmethode erklärt werden. Deshalb wird auch dem hier entwickelten Infektionsverfahren, bei dem die Ausbringung von Brandsporen und -sporidien auf ältere, unverletzte Pflänzchen den natürlichen Infektionsverhältnissen wesentlich näher kommt, für die Beurteilung der Sortenresistenz der Vorzug gegeben. Die Möglichkeiten einer Rassendifferenzierung der Sporenherkünfte werden durch die Wahl der Methode nicht beeinträchtigt, sofern nur jeweils die unter gleichen Verhältnissen erhaltenen Befallszahlen verglichen werden.

Im Hinblick auf eine Spezialisierung der Sporenrasen bringt der Versuch keine neuen Erkenntnisse. Im Befall der resistenten Weizensorten haben sich keinerlei Differenzierungsmöglichkeiten abgezeichnet. Die statistische Verrechnung nach der Varianzanalyse und dem t-Test erlaubt eine Unterscheidung der Brandherkünfte lediglich auf der am stärksten befallenen Sorte Urtoba. Die Berechnungsergebnisse (Tab. 13) für diese Sorte gestatten eine Unterscheidung der schwach pathogenen Herkunft 226 von den stärker pathogenen Brandherkünften 234, 202 und 196. Die Herkunft 187 kann auf gleicher Basis von 196 unterschieden werden. Demnach ist an Hand der gesicherten Befallsunterschiede auf der Sorte Urtoba eine Aufteilung in folgende 2 Herkunftsgruppen mit zunehmender Pathogenität erlaubt: 1) 187 und 226, 2) 196, 202 und 234, wobei die statistisch gesicherte Differenz mit einer Grenzdifferenz von 5 % zwischen beiden Gruppen nur bei der Herkunft 226 einerseits und den Herkünften 196, 202 und 234 andererseits gegeben ist.

Tab. 12. Infektionsergebnis mit 5 Zwergsteinbrandherkünften auf 21 Weizensorten im Jahre 1960/61

Lfd. Nr.	Weizensorte	durchschnittl. Prozentzahl kranker Halme aus 4 Parallelen mit 400-700 Weizenhalmen bei den Zwergbrandherkünften					187-234 $\phi$ *)	% Befall 1959 $\phi$
		187	196	202	226	234		
1	Einkorn (K 503)	0	0	0	0	0	0	
2	T. monococcum alboborn. (K 509)	0	0	0	0	0	0	
3	T. timopheevi typicum (K 522)	0	0	0,5	0	1	0,4	
4	Charkow 13/917 (K 460)	0,2	0,2	0,3	1	0,6	0,4	
5	Martin (D 16)	0,6	0,6	1	0,3	0,3	0,5	1,0
6	T. boeoticum aegilop. (K 504)	0	0,5	1	0,4	1	0,6	
7	Wetterauer Fuchs (K 433)	1	0,6	0,7	1	1	0,8	
8	Graf Toerring II (D 160)	1	2	0,6	0	1	1,5	29,8
9	Hussar (D 11)	4	2	0,5	2,5	0,4	2,0	2,0
10	Wahrberger Ruf (D 163)	2	7	2	5	2	3,3	38,2
11	Stepniatschka 37 (K 469)	3	3	7	8	6	5,3	
12	Erbachshofer Braun (D 161)	5	13	4	4	1	5,6	59,0
13	Karat (D 167)	5	10	7	6	5	6,6	31,4
14	Messelstein (D 164)	9	9	8	4	4	6,6	
15	HS Burgweizen (D 162)	6	16	8	12	6	10,1	
16	Hegcs Früher (D 166)	12	25	9	8	4	11,1	
17	Ridit (D 13)	14	16	12	13	8	12,4	7,4
18	Carstens Winterw. VI (D 169)	18	30	14	26	23	22,3	37,6
19	Rimpaus Barstard II (D 168)	22	30	18	23	22	22,4	
20	Breustedts Wika (D 165)	31	33	12	27	14	23,3	
21	Urtoba (K 780)	14	38	37	7	29	25,5	

\*) Bezogen auf die Gesamtzahl gesunder und kranker Halme.

Tab. 13. Ergebnis des t-Testes für die Weizensorte Urtoba

<i>T. contr.</i> Herkunft	Befall		GD <sub>5 0/0</sub> (13,48)	GD <sub>1 0/0</sub> (20,4)	*)
	0/0	arc·sin $\sqrt{\theta/0}$			
226	7,0	15			
187	14,5	22			
234	28,5	32			
202	37,8	37			
196	38,8	39			

\*) Die senkrechten Striche verbinden Herkünfte mit gleichen Eigenschaften für eine Grenzdifferenz von 5 0/0 und 1 0/0.

#### Versuch 5: Infektion von 11 Weizensorten mit 5 Zwergbrandherkünften 1960/61.

Dieser Versuch reiht sich in der Fragestellung an die vorausgegangenen Untersuchungen an. Mit Ausnahme der Sorte Martin sind dazu deutsche Weizensorten ausgewählt worden, weil auf ihnen als Folge der gegebenen Auslesemöglichkeit in den natürlichen Befallsgebieten am ehesten unterschiedliche Eigenschaften der Zwergbrandherkünfte zu erwarten waren. Außerdem sind dieselben Weizensorten von *Warmbrunn* an 5 verschiedenen Orten auf der Schwäbischen Alb mit *T. controversa* infiziert worden, woraus eine zusätzliche und ergänzende Beurteilung erwartet wurde.

Auf dem Dahlemer Versuchsfeld wurde der Weizen in Horste in der üblichen Weise am 11. 10. 1960 ausgesät. Die Versuchsanlage entsprach einem lateinischen Quadrat mit  $v = 5$  (Zwergbrandherkünfte) und  $n = 5$  (Wiederholungszahl), wobei auf eine Parzelle (Versuchseinheit) 2 Horste entfielen. Um die Feldinfektion vereinfachen zu können, wurden wiederum alle Weizensorten in einem Block zusammengefaßt. Nach dem Auflaufen sind die jungen Weizenpflänzchen am 7. 11. 1960 mit 1 g je Horst ungekeimten Brandsporen übersprüht und anschließend mit Folienbahnen abgedeckt worden. Die zu dieser Infektion verwendeten *T. controversa*-Herkünfte bestanden zum Teil aus Mischungen (Tab. 14), da nicht immer genügend Sporenmengen verfügbar waren. Jedoch stammen die Anteile einer Mischung von nahe beieinander liegenden Fundorten, die Herkünfte A (186, 206) und B (202) aus dem Gebiet um Ingolstadt, C (227) aus Wasserburg am Inn, die Mischung D (213, 218, 222) aus der Gegend von Heidenheim (Württ.) und Herkunft E (226) aus Marktoberdorf.

Das aus der Zählung gesunder und kranker Ähren ermittelte Ergebnis in Tab. 14 läßt erkennen, daß der Brandbefall selbst bei den anfälligen Weizensorten Rimpaus Bastard II und Carstens VI nicht über 19 0/0 und 7 0/0 anstieg. Vermutlich waren in diesem Versuch die Keimungsbedingungen für die Brandsporen unter der Folienabdeckung ungünstig, da die Temperaturen im Herbst die obere Grenze für die Keimung von 10° C überschritten. Nachteilig für die Infektion war sicherlich weiterhin die unter diesen Witterungsverhältnissen rasche Entwicklung des Weizens, der bis zur Sporenkeimung im Dezember dem anfälligsten Entwicklungsstadium bereits entwachsen war. Trotzdem lassen diese niedrigen Befallszahlen eine gewisse Schlußfolgerung zu, da die von 10 Horsten erhal-

tenen Durchschnittswerte auf der Auswertung von wenigstens 1000 Halmen beruhen. Größere Unterschiede in der Pathogenität der Brandherkünfte hätten daher über den Zufallsgrenzen liegen müssen. Das Fehlen solcher Abweichungen, insbesondere auf den resistenten Sorten Martin und Graf Toerring II sowie den mittelanfälligen Sorten Kienles Karat, Wahrberger Ruf, Messelstein und Erbachshofer Braun bestätigt die vorausgegangenen Beobachtungen, in denen der Nachweis einer typischen Rassenbildung auf resistenten Weizensorten ebenfalls nicht gelungen war. Eine weitere statistische Verrechnung der Einzelwerte erübrigte sich nach diesen Befunden. Lediglich die Herkunft 226 fällt durch eine etwas schwächere Pathogenität, insbesondere auf der sonst anfälligeren Sorte HS Burgweizen heraus. Das durchschnittliche Befallsvermögen dieser Herkunft hat auch in den ersten Versuchen im Vergleich zu den dort geprüften Brandherkünften niedriger gelegen, so daß sich hieraus keine neuen Gesichtspunkte ableiten lassen.

Die Befallszahlen aus den von Warmbrunn (schriftl. Mitt.) angelegten Versuchen mit den gleichen Weizensorten ohne Martin haben ebenfalls keine eindeutigen Unterschiede in den Pathogenitätseigenschaften der verwendeten Zwergbrandpopulationen erkennen lassen. Deshalb sind in der letzten Tabellenspalte nur die Durchschnittswerte zum Vergleich eingesetzt worden. Obwohl diese Versuche an verschiedenen Orten und zu einem anderen Zeitpunkt angelegt wurden und wegen der damit möglichen Abwandlungen der Pathogenität der Brandherkünfte oder auch der Anfälligkeit der Weizensorten nur begrenzt vergleichbar sind, ist eine gewisse Relation zu den eigenen Infektionsergebnissen erkennbar. Die festgestellten Unterschiede lassen jedoch eine weitere Nachprüfung dieser Befallsverhältnisse nicht gerechtfertigt erscheinen.

Tab. 14. Pathogenität von 5 *T. controversa*-Herkünften (Mischungen) für 11 Weizensorten im Versuchsjahr 1960/61

Lfd. Nr.	Weizensorte	% kranke Halme nach Infektion mit den <i>T. controversa</i> -Herkünften						
		A*)	B	C	D*)	E	Φ A-E	Φ Vers. „WARM- BRUNN“
		186	202	227	213	226		
		206			218			
					222			
1	Graf Toerr. II	0,5	0,8	0,6	0	0,3	0,4	3
2	Martin	0,2	0,1	2	0,3	0,1	0,5	
3	Kienl. Karat	1	0,8	1	0,6	0,1	0,7	9
4	Wahrb. Ruf	1	0,4	1	1	0,5	0,8	7
5	Messelstein	1	0,8	2	2	0,3	1,2	9
6	Erbachsh. Braun	2	2	2	1	0,3	1,5	
7	Hoges Früher	2	3	4	1	0,3	2,1	6
8	Breust. Goten	3	2	5	6	2	3,6	
9	Carstens VI	7	3	5	6	5	5,2	16
10	HS Burgweizen	9	3	10	6	0,7	5,7	16
11	Rimp. Bastard II	19	8	16	12	8	13	15

\*) Herkunftsmischung.



Versuch 6: Infektion von 113 Weizensorten mit 4 *T. controversa*-Herkünften 1960/61.

Auf der Suche nach weiteren, möglichst besseren Differentialsorten sind im gleichen Versuchsjahr zusätzlich 113 Weizensorten mit bereits früher geprüften Brandherkünften infiziert worden. Neben anerkannten deutschen Weizensorten waren unter ihnen einige nordamerikanische Sorten mit zum Teil bekannten Resistenzeigenschaften sowie von N o u l a r d (1959) in Belgien untersuchte Weizensorten, die dort gegen *T. caries* Resistenz gezeigt hatten. Die deutschen Weizensorten wurden im Aussaatjahr von den Züchtern bezogen, während die amerikanischen und aus Belgien stammenden Sorten im Vorjahr in Dahlem vermehrt worden waren. Die Sorten sind am 12. 10. 1960 horstweise nach dem Muster einer Blockanlage mit 4 Parallelen ausgesät worden. Von einigen Sorten konnte aus Mangel an Saatgut nur jeweils 1 Parallele angelegt werden. Die Infektion mit 4 Sporenerkünften im Feld ist wiederum nach Methode II durch Verspritzen von 1 g Sporen je Horst unmittelbar nach der Aussaat ausgeführt worden, und der Weizen blieb bis zum 15. 3. 1961 mit Folie überdeckt. Sporidien waren für eine zusätzliche Infektion nicht verfügbar.

Die Versuchsauswertung im Sommer 1961 läßt erkennen (Tab. 15), daß die anfälligen Sorten im Durchschnitt für alle Brandherkünfte nur bis zu 17 % Brandähren ausbildeten. Offenbar sind die Infektionsbedingungen wie im fast gleichzeitig angesetzten Versuch 5 wenig günstig gewesen. Die Wiedergabe der vollständigen Infektionsergebnisse zur Aufzeigung einer Rassenspezialisierung lohnte sich deshalb nur von den Weizensorten, die größere Unterschiede im Befall durch die 4 Brandherkünfte aufzuweisen hatten. Da bei diesen Sorten wegen fehlender Wiederholungen keine statistische Sicherung der Befallsdifferenzen möglich war, ist für das folgende Jahr ein Teilwiederholungsversuch angelegt worden, bei dem die Versuchsergebnisse gemeinsam wiedergegeben und besprochen werden. Das Infektionsergebnis der übrigen Weizensorten erlaubt keine weiteren Rückschlüsse auf das Verhalten der Sporenerkünfte. Da es aber zur Klärung der zweiten Versuchsfrage nach den Resistenzeigenschaften von Weizensorten beitragen kann, sind die Befunde in das Kapitel „Resistenz von Weizensorten“ übernommen worden.

Versuch 7: Infektion von 9 Weizensorten mit 4 *T. controversa*-Herkünften einer Herkunftsselektion 1961/62.

Um die zuletzt gewonnenen Ergebnisse über Rassenbildungen beim Zwergbrand zu erhärten und eine etwaige Selektionswirkung von Weizensorten für Brandpopulationen klarer zu erfassen, sind aus dem vorausgegangenen Versuch 9 Weizensorten, auf denen die Brandherkünfte die größten Unterschiede ihrer Pathogenität gezeigt hatten, ausgewählt worden. Sie wurden wiederum mit den Sporenerkünften 196, 226, 211 und 210 infiziert. Die Sporen der genannten Herkünfte sind jeweils von den 20 anfälligsten Sorten des Vorversuches gesammelt worden, so daß das Infektionsmaterial jeder Herkunft als Selektionsgemisch aus 20 Weizensorten anzusehen ist. Außerdem sind Sporenselektionen der Herkunft 210, die im letzten Versuch nach der Ernte aus den hier gewählten 9 Weizensorten getrennt gehalten worden waren, zu einer besonderen Infektionsreihe benutzt worden. Jede der 9 Weizensorten ist demnach auch mit einem Sporenteil der Herkunft 210, der aus Brandähren derselben Sorte im Vorjahr entnommen war, unter der Bezeichnung 210 S infiziert worden (Tab. 15).

Tab. 15. Prozent kranke Halme nach Infektion mit 4 *T. controversa*-Herkünften in den Erntejahren 1961 und 1962

Lfd. Nr.	Weizensorte	Trit. spec. *)	Ernte Jahr	<i>T. controversa</i> -Herkünfte					Φ
				196	226	211	210	210 S	
1	Baguda (D 95)	tu	1961	0	14	0	0		3,5
			1962	7	15		31	45	24,5
2	Coerulescens (D 106)	ae sp	1961	1	0	0	24		6,2
			1962	19	17	23	34	33	25,2
3	Comanche (D 80) C. I. 11 673	ae v	1961	3	5	2	21		7,7
			1962	17	11	28	31	55	28,4
4	Concho (D 81) C. I. 12 517	ae v	1961	6	4	2	29		10,2
			1962	19	18	30	28	36	26,2
5	Hohenwettersb. Braun (K 323)	ae v	1961	1	0		15		5,3
			1962	30	30	53	56	52	44,2
6	Nebred (D 85) C. I. 10 094	ae v	1961	29	9	3	27		17,0
			1962	29	34	41	36	47	37,4
7	Oro (D 87) C. I. 8220	ae v	1961	1	0	1	12		3,5
			1962	15	7	16	24	68	26,0
8	Pawnee (D 88) C. I. 11 669	ae v	1961	8	10	2	26		11,5
			1962	24	20	40	46	57	37,4
9	Stauderers Tarzan (K 339)	ae v	1961	0	1	12	30		10,7
			1962	31	37	63	55	67	50,6

\*) Trit. spec. siehe S. 9.

Der Weizen wurde in der üblichen Weise am 19. 10. 1961 mit 150 Körnern je Horst ausgesät und anschließend bis zum 16. 3. 1962 mit Folienbahnen überspannt. Die Versuchsanlage entsprach einem lateinischen Quadrat mit  $n$  (Wiederholungen) = 5 und  $v$  (*T. controversa*-Herkünfte) = 5. Zur Vereinfachung der künstlichen Infektion wurden im Anlageplan alle 9 Weizensorten in zufälliger Verteilung zu einer Parzelle zusammengefaßt. Zur Infektion am 15. 11. 1961 wurden die Saatstellen nach kurzfristiger Entfernung der Folie nach Methode II nur mit gekeimten Sporen überspritzt.

Das Infektionsergebnis aus den Versuchsjahren 1961 und 1962 ist in Tab. 15 zusammengefaßt worden. Zunächst fällt im ersten Jahr die durchweg hohe Pathogenität der Herkunft 210 im Vergleich zu den übrigen 3 Herkünften 196, 226 und 211 auf, von der nur die erstgenannte Weizensorte auszunehmen ist. Diese Unterschiede konnten auch im zweiten Jahr auf den 8 Sorten Nr. 2–9 gegenüber den Herkünften 196 und 226 nachgewiesen werden. Zwar sind die Befallsdifferenzen nicht mehr in der gleichen Schärfe hervorgetreten, doch war der durchschnittliche Brandbefall durch Herkunft 210 immer noch etwa doppelt so hoch wie der durch die Herkünfte 196 und 226 verursachte Anteil kranker Ähren. Diese Differenzen ließen sich mit Hilfe der Varianzanalyse und des t-Testes (Mudra 1958) auf den Sorten Comanche, Hohenwettersbacher Braun, Oro,

Tab. 16. Nach dem t-Test statistisch gesicherte Unterschiede in der Pathogenität von *T. controversa*-Herkünften

Weizensorte	<i>T. contr.</i> Herkunft	Befall		GD <sub>5 0/0*</sub> )	GD <sub>1 0/0*</sub> )
		0/0	arc·sin $\sqrt{0/0}$		
Comanche	226	10,9	17		
	196	16,8	23		
	211	28,3	31		
	210	31,2	33		
	210 S	54,5	47		
Hohenwetttersbacher Braun	196	29,0	33		
	226	29,6	33		
	211	52,6	45		
	210	53,7	47		
	210 S	55,7	47		
Oro	226	6,8	14		
	196	15,2	23		
	211	15,5	23		
	210	24,0	29		
	210 S	68,0	55		
Pawnee	226	19,8	25		
	196	24,5	29		
	211	39,5	37		
	210	45,7	44		
	210 S	56,9	48		
Stauderers Tarzan	196	30,9	33		
	226	36,7	37		
	210	55,1	50		
	211	63,4	52		
	210 S	67,0	54		

\*) Die senkrechten Striche verbinden Herkünfte mit gleichen pathogenen Eigenschaften für eine Grenzdifferenz von 5 0/0 und 1 0/0.

Pawnee und Stauderers Tarzan zum Teil statistisch sichern. Dagegen hat die Herkunft 211 im zweiten Versuchsjahr den annähernd gleichen, in drei statistisch nicht gesicherten Fällen sogar höheren Anteil brandiger Ähren hervorgerufen wie die Herkunft 210, damit also ein vom ersten Versuchsjahr stark abweichendes Ergebnis gebracht. Somit sind nach der Befallshöhe im wesentlichen zwei Rassen-  
gruppen zu unterscheiden, einmal die schwächer pathogene Gruppe mit den Her-  
künften 196 und 226 und zum andern die Herkünfte 210 und 211 mit höherer  
Pathogenität. Diese Unterschiede haben sich auf der Weizensorte Hohenwettters-

bacher Braun bei der Grenzdifferenz 1 0/0 am deutlichsten statistisch sichern lassen.

Besondere Beachtung verdient das Ergebnis mit der Herkunftsselektion 210 S. Diese Einzelsorten-Selektion hebt sich von der Mischselektion 210 wie den übrigen Herkünften durch erheblich gesteigerten Brandbefall auf 7 von den 9 Weizensorten des Versuchs deutlich ab. Wenngleich dieser höhere Befall nur auf der Weizensorte Oro statistisch zu sichern ist, so weisen doch die übrigen Werte eindeutig in die gleiche Richtung. Dies läßt den Schluß zu, daß höher pathogene Brandlinien durch Passage über kongeniale Weizensorten aus den Brandherkünften ausgelesen werden können. Die *T. controversa*-Herkünfte, die nach der Versuchsanstellung Sporensammlungen von einem Feldschlag sind, sind demzufolge als Rassenmischungen anzusehen.

V e r s u c h 8: Die Pathogenität von Selektionen aus *T. controversa*-Herkünften 1961/62.

Zur Erweiterung unserer Kenntnisse über die Heterogenität von Brandherkünften sowie über die Selektion stärker pathogener Brandlinien durch Wirtspassage sind von neuem 7 resistente bis mittelanfällige Weizensorten mit einem vorselektierten Sporengemisch oder zum Vergleich mit der Sporenherkunft 226, die bis dahin keine besondere Pathogenität gezeigt hatte, infiziert worden (Tab. 17). Die Vorselektionen aus den 13 *T. controversa*-Herkünften 180, 186, 202, 206, 213, 216, 218, 222, 226, 227, 228, 229 und 232 sind im vorausgegangenen Sommer über dieselben Weizensorten, die zum vorliegenden Versuch eingesetzt wurden, gewonnen worden. Die Sporenauslesen dieser Herkünfte sind zunächst von jeder Weizensorte getrennt geerntet, sodann aber nach den Weizensorten zu einem Gemisch vereinigt worden, um ausreichendes Infektionsmaterial für den Versuch zu erhalten. Jede Mischung der Sporenauslesen hat anschließend zur Infektion jeweils der Weizensorte Verwendung gefunden, von der sie gesammelt war. Die Sporen der Herkunft 226 sind nicht nur von den hier eingesetzten Weizensorten, sondern auch von anderen anfälligen Sorten gesammelt und als Gemisch zur Infektion verwendet worden. Der Saattermin lag am 19. 10. 1961; zur Infektion sind die Horste am 15. 11. 1961 nach Methode II nur mit gekeimten Sporen überspritzt worden. Die Saatstellen blieben bis zum 16. 3. 1962 mit Folie überdeckt. Die Horste waren für die Weizensorten getrennt nach einer Blockanlage mit  $n$  (Wiederholungen) = 6 und  $v$  (Herkünfte) = 2 angeordnet, da auf jeweils einer Weizensorte zwei Brandherkünfte verglichen werden sollten.

Das Ergebnis der Brandährenzählungen (Tab. 17) hat nicht den Erwartungen entsprochen, die nach dem Resultat des entsprechenden Versuches vom Vorjahre anzunehmen waren. Die Selektionsgemische haben nur in einem Falle, auf der Sorte Messelstein, einen höheren Brandbefall hervorgerufen als die Herkunft 226. Aber auch hier hat sich die Befallsdifferenz mit dem F-Test statistisch nicht sichern lassen. Auf den übrigen Weizensorten sind die Befallszahlen annähernd gleich dem Befall durch die Herkunft 226 oder geringer; auf Breustedts Goten ist die Sporensselektion nach der Tab. 17 sogar signifikant schwächer pathogen als die Herkunft 226.

Anhaltspunkte zur Erklärung des im allgemeinen niedrigen Infektionserfolges lassen sich aus den Umweltbedingungen des Versuches nicht geben. Die Feststellung, daß das Selektionsgemisch aus bisher stärker pathogenen Herkünften trotz

günstiger Passagen mehrfach geringeren Befall hervorgerufen hat als die bisher schwächer pathogene Sporenerkunft, diese jedoch einen Befallserfolg im entgegengesetzten Sinne gebracht hat, deutet auf einen größeren Schwankungsbereich in den Sporenpopulationen hin. Innerhalb der Mischselektionen könnten hierbei zusätzliche Beeinflussungen mitsprechen, von denen *Holtton* (1947) aus seinen Untersuchungen mit den nahe verwandten Arten *T. caries* und *T. foetida* berichtet hat; hier ist die Infektionsrate bei Verwendung von Sporengemischen verschiedener Herkünfte um so niedriger geblieben, je mehr Rassengruppen im Infektionsgemisch vorhanden waren. Eine derartige gegenseitige Beeinflussung der Sporenrassen hat zwar noch keine Erklärung gefunden, wäre danach aber auch bei Rassen von *T. controversa* nicht auszuschließen.

Auf den durchschnittlich hohen Brandbefall der Weizensorten Graf Toerring II und Martin, der sich von den Befunden der früheren Versuchsjahre abhebt, wird später noch einzugehen sein.

Tab. 17. *T. controversa*-Befall von Weizensorten nach Infektion mit gemischten Sporenselktionen im Vergleich zur Sporenerkunft 226

Weizensorte	<i>T. controversa</i> -Herkunft	Ährenzahl gesamt	% Brandähren
Breustedts Goten	Selekt. *)	786	12,0
	226	760	36,3
Erbachshofer Braun	Selekt.	529	15,1
	226	472	21,4
Graf Toerring II	Selekt.	445	9,4
	226	458	17,3
Martin	Selekt.	666	6,3
	226	668	6,1
Messelstein	Selekt.	592	28,4
	226	543	15,3
Wahrberger Ruf	Selekt.	598	11,0
	226	522	9,4

\*) Selektion pathogener Linien aus 13 Herkünften.

Versuch 9: Infektion von 52 Weizensorten mit 9 (12) *T. controversa*-Herkünften 1962/63.

Die bisherigen Erfahrungen über das Infektionsvermögen einiger *T. controversa*-Herkünfte sind durch eine breitere Prüfung mit bereits eingesetzten und anderen Zwergbrandherkünften abermals erweitert worden. Um die Unterschiede in der Pathogenität der Herkünfte möglichst deutlich hervortreten zu lassen, sind die Infektionen sowohl auf bisher als widerstandsfähig befundenen Weizensorten

wie auf danach als mittel- oder hochanfällig anzusehenden Sorten vorgenommen worden.

Die ausgewählten Brandherkünfte (Tab. 18) entsprechen etwa der Verbreitung des Zwergbrandes im deutschen Bundesgebiet. Die Sporen- oder auch Saatgutmengen haben nicht überall zum Ansatz der gesamten Versuchskombinationen ausgereicht; besonders knapp waren die Sporenmengen der Herkünfte 203, 208 und 220. Zusätzlich ist mit einer Sporenmischung aus den 11 Herkünften 180, 186, 191, 200, 206, 208, 210, 214, 218, 220 und 229, die in gleichen Gewichtsanteilen vereinigt wurden, infiziert worden.

Die Weizensorten wurden nach dem Ergebnis von seither gleichzeitigen Versuchen zur Ermittlung ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber *T. controversa* ausgewählt. Es sind 52 Weizensorten angesetzt worden unter Verzicht auf Wiederholungen; nur die hochanfällige Vergleichssorte Carstens VI ist mit 7 Wiederholungen ausgebracht worden (Tab. 18). Damit wurden einer Rassenspezialisierung des Schadpilzes breitere Ansatzmöglichkeiten geboten und die Wahrscheinlichkeit für das Auffinden geeigneter Testsorten vergrößert. Wo zwei Proben einer Weizensorte eingesetzt worden sind, entstammen sie verschiedenen Sortimenten.

Nach der üblichen Aussaat am 22. 10. 1962 mit 150 Körnern je Horst wurde daher am 19. 11. 1962 von jeder Weizensorte je Brandherkunft nur ein Horst mit gekeimten Brandsporen infiziert. Die meisten Weizenpflänzchen befanden sich zu diesem Zeitpunkt im anfälligen Ein- und vereinzelt im Zweiblattstadium. Die Saatstellen waren vom 24. 10. 1962 bis 8. 4. 1963 mit Folie überspannt.

Das Ergebnis der Auswertung vom Juli 1963 (Tab. 18) läßt aus dem hohen Befall der anfälligen Sorten die recht günstigen Infektionsbedingungen erkennen, die in diesem Versuch gegeben waren. Die in der Tabelle angegebenen Prozentwerte des Brandbefalls ergeben sich aus der Zählung von 90–300 Ähren je Horst. Solche Schwankungen in der Halmzahl erklären sich aus der unterschiedlichen Keim- und Bestockungsfähigkeit sowie der unterschiedlichen Winterhärte der einzelnen Sorten. Diejenigen Weizen, deren durchschnittliche Ährenzahl je Horst aus diesen Gründen unter 90 abgesunken waren, sind mit einem Sternchen kenntlich gemacht worden, da in solchen Fällen Fehlbeurteilungen möglich sind. So könnte z. B. eine Auswinterung der befallenen Pflanzen, die bekanntlich frostempfindlicher sind, bei weniger frostharten Sorten als Feldresistenz gedeutet werden, eine Eigenschaft, die für Testsorten nicht erwünscht ist.

Die Weizensorten sind in der Tabelle nach ihrer Widerstandsfähigkeit geordnet worden. Die 1. Gruppe, Nr. 1–7, enthält alle resistenten Sorten, in denen bei keiner Brandherkunft Brandähren gefunden wurden. In der 2. Gruppe, Nr. 8–11, liegen die Befallswerte unter 1 % mit Ausnahme der Infektionsergebnisse für die Herkunftsmischung M, die hier zunächst nicht berücksichtigt werden sollen. Die 3. Gruppe, Nr. 12–21, enthält ebenfalls noch hoch widerstandsfähige Sorten, bei denen bis zu höchstens 10 % kranke Ähren gezählt wurden. In der 4. Gruppe wurden alle Sorten zusammengefaßt, die bei der Herkunft 226 über 10 % Brandähren ausbildeten und gegen alle übrigen Zwergbrandherkünfte durch Befallswerte unter 10 % Resistenzeigenschaften aufwiesen. Zusätzlich wurde die Sorte Nr. 29 in dieser Gruppe belassen, weil vermutlich eine sehr nahe Verwandtschaft zu Sorte Nr. 28, White Odessa, deren C. I. Nr. nicht bekannt ist, vorliegt. In der letzten Gruppe, Nr. 31–52, sind schließlich alle Sorten vereinigt worden, die über 40 % befallen wurden oder bei mindestens zwei Brandherkünften über 10 % Befall aufzuweisen hatten.

Tab. 18. Ergebnis der Infektion von 52 Weizensorten mit 12 *T. controversa*-Herkünften im Versuchsjahr 1962/63 (Versuch Nr. 9)

Lfd. Nr.	Weizensorte	Trit. spec. <sup>1)</sup>	% kranke Ähren nach Infektion mit den <i>T. controversa</i> -Herkünften													
			226	196	227	218	210	235	211	187	182	220	203	208	M <sup>2)</sup>	
1	K 504 Bonn 2	b	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
2	B 756 Aeglops Thauouar	b	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
3	B 5716 —	b	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
4	K 509 Hohenstein	m	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
5	B 5714 —	m	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
6	K 503 Einkorn v. Gliesm.	m	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
7	D 124 P. I. 178 383	ae v	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
8	K 492 Einkorn	b	0,7	0,3	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
9	B 5713 —	m	0	0,4	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	—	1,3
10	K 495 Einkorn v. Gliesm.	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	—	0
11	K 497 Einkorn v. Gliesm.	m	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
12	B 5717 —	m	1,5	1,9	0	—	0,6	0	0	0	0	0,8	0	0	—	0
13	B 759 Rotes samtl. Einkorn	m	2,8	0,6	0,4	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
14	K 498 Einkorn v. Gliesm.	m	3,9	0	3,7	—	0,4	—	—	—	—	0	—	—	—	—
15	K 500 Einkorn v. Gliesm.	m	2,6	0	3,6	—	—	2,1	—	—	—	0,4	0,7	—	—	—
16*	B 5269 Hussar C. I. 4843	ae v	0	6,0	3,3	0	9,7	0	0,3	0,3	0,7	1,7	6,7	0	—	0
17	D 160 Graf Toerring II	ae v	1,6	2,3	0	0,3	0,3	0	0	0	0,3	0,3	0,7	0	—	1,0
18	B 5373 Victoria d'automne	ae v	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0	1,7	0	—	0
19	B 5686 Bankuti 505	ae v	0,7	3,6	8,3	7,6	4,5	—	—	—	2,2	2,1	8,2	4,6	—	15
20	B 477 Blumenweizen	ae v	0	3,7	2,3	—	0,9	0	0	0	0	0	0	5,3	—	3,5
21	B 6002 Wasatch	ae v	2,8	2,7	1,9	0	0	0	—	—	0	0	0	0	—	0
22*	K 522 —	t	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
23	K 460 Charkow 13/917	ae v	22	6,7	1,1	0	6,8	0	0	0	1,1	1,3	0	0	—	0

\*) Trit. spec. siehe S. 9.

?) Herkunftsmischung.

Lfd. Nr.	Weizensorte	Trit. spec. 1)	% kranke Ähren nach Infektion mit den <i>T. controversa</i> -Herkünften														
			226	196	227	218	210	235	211	187	182	220	203	208	M <sup>2)</sup>		
24	B 5232	Alter dtisch. Begr.	ae v	19	8,9	0	1,7	5,6	0	0,7	3,6	0	—	—	—	—	0,7
25	K 433	Wetterauer Fuchs	ae v	17	8,0	0	0	1,7	—	2,4	0	0,9	0,5	—	—	—	1,9
26	D 16	Martin	ae v	20	6,9	0	0,8	1,0	0	0	0	0	—	—	—	—	0
27	B 572	Martin C. I. 4463	ae v	19	3,3	0	0	0	0	1,8	0	0	—	—	—	—	0,6
28	D 18	White Odessa	ae v	11	7,3	0	1,6	4,1	0	1,3	0	0	—	—	—	—	0
29	B 228	White Odessa C. I. 4655	ae v	35	12	0	3,6	0	2,3	7,4	0	2,1	—	—	—	—	7,7
30	B 945	Schweigers B. S. 213	ae v	11	3,9	2,8	4,3	4,5	—	0	2,6	0	0	—	—	—	2,8
31*	B 160	—	m	13	19	9,1	—	0	0	0	13	3,6	—	—	—	—	4,0
32	B 5709	Einkorn	m	18	15	1,9	—	0,8	1,3	0	1,6	1,2	—	—	—	—	8,9
33	B 1301	—	ae sp	23	43	14	—	4,9	1,3	3,0	4,4	0,8	—	—	—	—	3,9
34	B 45	Draegers Sebenter	ae v	4,9	22	4,2	4,7	22	0	43	8,4	18	—	—	—	—	22
35*	B 6076	Staring	ae v	89	46	26	29	87	—	84	31	—	29	—	—	—	83
36	K 780	Urtoba	ae v	3,1	42	0,7	8,3	13	0	36	9,6	4,2	—	—	—	—	8,1
37	B 5519	Hohenfower 49/35	ae v	2,7	67	9,7	0	34	—	26	40	—	22	—	—	—	12
38*	D 11	Hussar	ae v	22	1,6	12	5,3	0	0	1,6	0	32	—	—	—	—	4,2
39*	B 558	Piatti St. 52	ae v	41	50	41	41	82	—	4,8	42	—	76	—	—	—	5,3
40	B 174	W. W. 927	ae v	2,3	23	5,5	43	1,0	0	0	0	0	—	—	—	—	18
41	D 6	Breig. roter Landw.	ae v	49	15	5,6	0	18	0	2,3	2,8	0	—	—	—	—	8,8
42	B 124	Rot. begr. Br. Landw.	ae v	53	7,0	5,3	8,0	9,7	2,5	3,9	0	1,6	—	—	—	—	0,9
43	B 541	Breig. roter Landw.	ae v	50	39	42	—	40	—	—	2,7	—	—	—	—	—	—
44*	B 5168	Bulg. W. Routsse 7	ae v	32	67	44	0	0	—	0	0	—	0	—	—	—	0
45*	K 912	Sandweizen	ae v	0	49	14	0	0	0	0	0	8,2	—	—	—	—	5,1
46	D 163	Wahrberger Ruf	ae v	29	29	22	35	26	3,5	11	4,5	7,0	—	—	—	—	5,7
47*	D 153	Florian	ae v	49	69	62	27	19	5,1	8,2	28	13	—	—	—	—	22
48	B 1137	B 31/46	ae v	0	74	0	0	13	—	14	24	1,3	0	—	—	—	48
49*	B 6187	Carest	ae v	0	18	0	0	2,7	—	0	0	—	0	—	—	—	0
50	B 1148	Gümishane 1321	ae v	0	40	0	43	42	—	43	19	32	14	—	—	—	26
51	B 5087	Wienlawicer Kujaw.	ae v	73	61	63	15	67	—	37	45	—	50	—	—	—	38
52	D 170	Carstens VI	ae v	60	69	43	59	50	26	41	44	32	43	68	—	—	53



Naturgemäß haben die Befallszahlen wegen der fehlenden Wiederholungspartizellen nur eine begrenzte Aussagekraft. Inwieweit hier mit Streuungen im Brandbefall zu rechnen ist, ergibt sich aus den 7 Parallelen für die anfällige Vergleichssorte Carstens VI, die in Tab. 19 einzeln wiedergegeben werden. Die Parzellen dieser Sorte waren über die gesamte Versuchsfläche gleichmäßig verteilt worden. Die Streuung der Befallszahlen aus den 70 Pflanzstellen von Carstens VI ist bei Betrachtung sämtlicher Befunde und auch innerhalb einer Herkunft erheblich. Die Einzelwerte des Befalls liegen zwischen den beiden Extremen 8 % und 93 %. Die Durchschnittswerte der Ansätze mit den verschiedenen Sporenherkünften erfassen nur den Bereich von 26–69 %. Aus diesen mittleren Befallswerten können aber keine Schlußfolgerungen für eine verschiedene Pathogenität der Herkünfte gezogen werden, da sich eine hochanfällige Weizensorte wie Carstens VI als Testsorte zur Rassendifferenzierung weniger eignet. Die Befallshöhe unterliegt hier von Jahr zu Jahr, wie der nachfolgende Infektionsversuch wiederum deutlich zeigt, in Abhängigkeit von den verschiedensten Umweltbedingungen weit größeren Schwankungen, als sie bei teilresistenten Sorten die Regel sind.

Die Brandherkünfte sind, soweit möglich, nach ihren Pathogenitätseigenschaften geordnet worden, so daß Herkünfte mit ähnlichem Verhalten nebeneinander stehen. Die erste Zwergbrandherkunft 226 hebt sich durch ihre Infektionsleistung auf den teilresistenten Weizensorten Nr. 22–30 hervor und bleibt hierin der Herkunft 196, die ähnliche Eigenschaften aufzeigt, etwas überlegen. Es fällt besonders auf, daß die Sorten Nr. 26–29, die sämtlich von Martin abstammen, sehr ähnliche Anfälligkeit aufweisen. In den gleichartigen Befunden an den 4 Pflanzstellen dieser Sorten zeigt sich damit an, daß die *T. controversa*-Herkunft 226 besondere pathogene Eigenschaften besitzt, welche die Martin-Resistenz teilweise zu durchbrechen vermögen. Durch diese Eigenschaft unterscheidet sich die Herkunft 226 von allen übrigen geprüften Zwergbrandsammlungen sehr deutlich. Eine solche Durchbrechung — wenn auch nicht in gleicher Höhe — ist auch bei der Herkunft 196 zu verzeichnen. Zur weiteren Besprechung der Befallsdifferenzen aus Tab. 18 als Rassenmerkmalen der Herkünfte sind in Tab. 20 die aufgefundenen Differenzialsorten herausgestellt worden. Ausgangsbasis für die Charakterisierung der Rassenmerkmale sind hierbei Befallsdifferenzen von mehr als 35 % im unteren Anfälligkeitsbereich der Weizensorten. Dies ist herzuleiten aus den amerikanischen Gepflogenheiten (Fischer and Holtz 1957), wonach alle Sorten mit einem über 40 % liegenden Anteil kranker Ähren zu den anfälligen Sorten gerechnet werden, und aus den hiesigen Infektionsergebnissen für die anfällige Sorte Carstens VI, die stets höher als 5 % infiziert wurde, so daß alle Sorten mit einem Befall unter 5 % — in USA allgemein 10 % — Resistenzeigenschaften erwarten lassen. Diese Festlegung erscheint angängig, nachdem die bekannte anfällige Sorte Carstens VI in den 70 möglichen Vergleichsfällen stets höher befallen wurde und nur 16 % dieser Werte im unteren Befallsbereich zwischen 8 % und 30 % liegen.

Nach dieser Definition unterscheidet sich die Herkunft 226 von 196 durch ein schwaches Befallsvermögen auf den Weizensorten mit den lfd. Nr. 36, 37, 45 und 48 (Tab. 20, linke Spalte). Die Sorte Nr. 29, White Odessa C. I. 4655, auf der die Unterschiede geringer waren, ist hier und in den folgenden Vergleichen ausnahmsweise mit eingegliedert, weil sie aus den schon vorher dargelegten Gründen die Herkunft 226 gegenüber allen anderen geprüften Herkünften gut kennzeichnet.

Tab. 19. Einzelwerte des *T. controversa*-Befalls bei der Vergleichssorte Carstens VI im Versuchsjahr 1962/63

Wiederholungen	% kranke Ähren bei den <i>T. controversa</i> -Herkünften													Φ 226-M
	226	196	227	218	210	235	211	187	182	220	203	208	M*)	
a	46	75	40	—	36	41	33	30	57	—	68	—	47	47,3
b	93	50	36	96	17	42	60	10	17	—	—	—	62	48,3
c	55	70	40	65	84	12	33	8	14	—	—	—	20	40,1
d	66	64	49	57	56	24	57	76	42	—	—	—	68	55,9
e	37	64	70	34	41	13	21	56	22	—	—	—	57	41,5
f	72	83	33	67	54	—	55	74	41	47	—	—	59	58,5
g	48	79	38	33	60	—	30	55	—	40	—	32	57	47,2
Φ a-g	60	69	44	59	50	26	41	44	32	44	68	32	53	

\*) Mischung aus 11 Herkünften

Von der *T. controversa*-Herkunft 227 ist 226 auf keiner Weizensorte durch die geforderte Befallsdifferenz zu unterscheiden. Als Ersatzsorte für Nachprüfungen kommt Nr. 42 in Betracht, die mit 5,3 % kranken Halmen bei Herkunft 227 die gesetzte Grenze für Resistenzverhalten nur wenig überschreitet. Entsprechend sind alle übrigen Werte für die Erkrankungen auf den einzelnen Sorten verglichen und die Weizensorten danach bei ausreichendem Befallsunterschied in die Tabelle eingetragen worden. Aus dieser Darstellung läßt sich etwas über die Sicherheit aussagen, die für die Beurteilung der unterschiedlichen Pathogenität der Brandherkünfte beansprucht werden kann. Je mehr Sorten nämlich eine Unterscheidung von zwei *T. controversa*-Herkünften verdeutlichen, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß keine zufälligen Abweichungen vorliegen. Die *T. controversa*-Herkunft 211 ist z. B. von 226 durch ein unterschiedliches Befallsvermögen auf 5 Weizensorten (34, 39, 41, 42, 50) charakterisiert, von 210 aber nur durch den Unterschied auf einer Sorte (Nr. 39). Ohne Berücksichtigung dieses Sicherheitsgrades lassen sich die *T. controversa*-Herkünfte auf Grund ihrer verschiedenen Pathogenität in 6 Rassengruppen aufteilen: 1) 226, 2) 196, 3) 227, 4) 218, 5) 210 und 187, 6) 211.

Die übrigen Herkünfte können wegen unzureichender Abweichungen in der Pathogenität oder fehlender Prüfung weder als eigene Gruppe geführt, noch einer dieser 6 Gruppen zugeordnet werden. Die Herkunft 235 läßt sich sowohl zu den Herkünften 227 und 210 und die Herkunft 220 zu den Herkünften 218 und 187 stellen. Noch völlig offen muß die Beurteilung der Herkünfte 182, 220, 203 und 208 bleiben, die sich vorerst nur von einzelnen Herkünften unterscheiden lassen. Das Infektionsergebnis mit der Sporenmischung bringt darüber hinaus keine wesentlichen Erkenntnisse. Nur in zwei Fällen, bei den Sorten Nr. 9 und 19, kann aus dem vergleichsweise höheren Befall erwartet werden, daß die Herkunfts-mischung besonders pathogene Brandlinien enthielt. Zusammenfassend ist hervorzuheben, daß hier im Gegensatz zu den früheren Versuchen erstmals große Unterschiede in der Pathogenität einzelner *T. controversa*-Herkünfte festzustellen waren, die auf derselben Weizensorte von hoher Widerstandsfähigkeit bis zu hoher Anfälligkeit reichten.

Tab. 20. Geeignete Testsorten aus dem Infektionsversuch Nr. 9 (1962/63), die auf Grund ihrer verschiedenen Anfälligkeit gegen jeweils zwei *T. controversa*-Herkünfte (bis 5 ‰ oder über 40 ‰) eine Rassendifferenzierung ermöglichen

	<i>T. controversa</i> -Herkünfte											Sorten- auswahl für Wdh. Vers. 1963/64
	196	227	218	210	235	211	187	182	220	203	208	
226	(29)36 37 45 48	(29)42	(29)34 40 41 50	(29)50 (42)	(29)41 42	(29)34 39 41 42 50	(29)41 42 43	(29)41 42	(29)	—	(29)	29 40 42 48
196		36 48	37 44 45 48	44 45 33		33 39 44 45	33 44 45	33 36 48	44 48	—	44	44 45 48
227			34 44 50	44 50	(47)	34 39 44 50	43 44	—	44	—	44	44 47
218				40	34 40	39 40	40	40	—	—	—	40
210					—	39	—	—	—	33	—	33 39
235						34	—	—	—	33	—	33
211							39	—	39	33	—	33 39
187								—	—	33	—	33
182									—	33	—	33
220										—	—	—
203											—	—

Versuch 10: Infektion eines ausgelesenen Testsortimentes mit 12 *T. controversa*-Herkünften 1963/64.

Hier galt es, die im Versuch 9 beobachteten Befallsunterschiede, die sich dort mit Ausnahme der Sorte Carstens VI nur auf die Auswertung eines einzigen Horstes stützen konnten, in einem breiter angelegten Versuch zu erhärten. Es war dabei anzustreben, mit einer möglichst geringen Zahl von Testsorten eine Rassendifferenzierung von *T. controversa* aufzuzeigen. Dazu sind hier vorzugsweise diejenigen Weizensorten geeignet, deren verschiedene Befallszahlen möglichst viele Zwergbrandherkünfte unterscheiden ließen. Dies sind die in Tab. 20 (letzte Spalte) genannten Weizensorten Nr. 29, 33, 39, 40, 42, 44, 45, 47, 48.

Diese Sorten wurden mit 150 Körnern je Horst in 5 Parallelen und in der Anordnung unvollständiger Blocks [n (Wiederholungen) = 5, v (Sporenherkünfte) = 6] × 2 (vgl. M u d r a 1958) am 16. 10. 1963 ausgesät. Die aufgelaufenen Weizenpflänzchen wurden am 8. 11. 1963 nach Methode II mit gekeimten Sporen der in Tab. 21 genannten *T. controversa*-Herkünfte infiziert.

Das Ergebnis der Auswertung ist in derselben Tabelle mit nochmaliger Nennung der entsprechenden Befallszahlen aus dem Vorjahresversuch festgehalten worden. Die genannten Prozentwerte des Brandbefalls sind Durchschnittszahlen

aus der Bewertung der 5 Pflanzstellen mit einer durchschnittlichen Gesamtährenzahl zwischen 548 und 1058. In Anbetracht der Schwankungen im Brandbefall, die aus der Gegenüberstellung der Infektionsergebnisse in den beiden Versuchsjahren erkennbar sind, wurde auf eine statistische Verrechnung der Einzeldaten aus dem Erntejahr 1964 verzichtet. Es erscheint ohnehin angebracht, nur die großen, klar erkennbaren Unterschiede aus beiden Erntejahren für eine Bewertung heranzuziehen; dabei ist den Versuchsergebnissen aus dem Jahre 1964 wegen der größeren Zahl infizierter Weizenpflanzen eine höhere Sicherheit zuzuerkennen.

Bei der anfälligen Vergleichssorte Carstens VI liegen die Zahlen für die erkrankten Weizenhalme unter dem Ergebnis des Vorjahres, wodurch sich im allgemeinen schlechtere Infektionsbedingungen anzeigen. Auf der anderen Seite ist bei den Kombinationen von Brandherkünften und Weizensorten, bei denen im ersten Versuchsjahr kein oder sehr niedriger Befall zu verzeichnen war, vielfach eine leichte Zunahme der Erkrankungen festzustellen. In vier Einzelfällen sind Befallsabweichungen gegenüber den Versuchsergebnissen des ersten Jahres aufgetreten. Sie sind in der Tabelle mit einem Ausrufungszeichen gekennzeichnet worden. Offenbar wird die Pathogenität mancher Brandherkünfte oder das Resistenzverhalten der Weizensorten durch die jahresbedingten Witterungen ver-

Tab. 21. Ergebnis der Infektion eines ausgewählten Weizensortimentes mit 12 *T. controversa*-Herkünften aus den Jahren 1963 und 1964 (Versuche Nr. 9 und 10)

Lfd. Nr.	Weizensorte	% kranke Ähren bei den <i>T. controversa</i> -Herkünften												
		226	196	227	218	210	235	211	187	182	220	203	208	
29	B 228 White Odessa C. I. 4655	1963	35	12	0	3,6	0	2,3	7,4	0	2,1	—	—	—
		1964	28	7,0	4,3	4,9	5,3	2,1	7,4	23!	1,0	6,1	20	8,4
33	B 1301	1963	23	43	14	—	4,9	1,3	3,0	4,4	0,8	—	43	—
		1964	18,3	12,4	11,4	18,6	7,7	9,6	6,2	7,3	1,4	4,5	9,1	2,6
39	B 5232 Piatti St. 52	1963	41	50	41	41	82	—	4,8	42	—	76	—	17
		1964	23	83	65	37	51	15	48!	18	66	50	11	58
40	B 174 W. W. 927	1963	2,3	23	5,5	43	1,0	0	0	0	0	—	—	—
		1964	0,9	13	12	12!	7,3	0,9	2,8	1,9	4,6	1,3	1,5	3,6
42	B 124 Roter begr. Br. Landw.	1963	53	7,0	5,3	8,0	9,7	2,5	3,9	0	1,6	—	—	—
		1964	22	0,7	0,8	1,2	1,6	1,0	5,3	0,1	1,5	1,6	0	1,0
44	B 5168 Bulg. W. Rousse 7	1963	32	67	44	0	0	—	0	0	—	0	—	0
		1964	11	23	18	16	18	8,3	15	6,9	8,9	11	8,8	8,2
45	K 912 Sandweizen	1963	0	49	14	0	0	0	0	0	8,2	—	—	—
		1964	0,2	9,7!	9,1	3,3	5,3	0,1	3,1	1,2	10	7,6	0	7,5
47	D 153 Florian	1963	49	69	62	27	19	5,1	8,2	28	13	—	—	—
		1964	34	42	38	19	21	11	10	31	7,6	13,9	12,5	18,2
48	B 1137 B 31/46	1963	0	74	0	0	13	—	14	24	1,3	0	—	—
		1964	1,2	48	2,0	0	21	13	9,1	8,7	4,2	1,6	3,2	2,5
52	D 170 Carstens VI	1963	60	69	43	59	50	26	41	44	32	43	68	32
		1964	34	47	37	39	50	47	40	14	47	43	27	41

schieden beeinflußt. Ebenso ist an eine Rassenentmischung innerhalb der Herkünfte zu denken.

Die Ergebnisse sind zur übersichtlichen Kennzeichnung der Rassen in vereinfachter Form nochmals in der Tab. 22 nach den höchsten und niedrigsten Befallswerten zusammengefaßt worden. Der Buchstabe R steht für Erkrankungen im Bereich von 0–10 % und umfaßt somit die Kombinationen, bei denen die Weizensorten Resistenz gezeigt haben; r kennzeichnet Teilresistenz mit Erkrankungszahlen von 10–40 % und A mit über 40 % eine höhere Anfälligkeit. Zweifelhafte Eingruppierungen wegen stark abweichender Beobachtungen im Wiederholungsversuch vom ersten Versuchsansatz stehen in Klammern. Für die Rassentrennung sind hier nur die höchsten (A) und niedrigsten (R) Befallsklassen herangezogen. Demzufolge unterscheidet sich die *T. controversa*-Herkunft 226 von allen anderen Herkünften durch eine hohe Pathogenität auf der Weizensorte Nr. 42. Die zweite Herkunft 196 ist ebenso durch die hohe Brandausbildung auf den Testsorten Nr. 33, 44 und 48 gegenüber den übrigen Herkünften durch mindestens eine Differenz im Krankheitsbefall von 30 % (A–R) oder mehr gekennzeichnet. Die Herkunft 227 läßt sich mit Hilfe der Weizensorte 44 von den Herkünften mit den Nummern 235, 187, 182, 203 und 208 unterscheiden, dagegen ist kein sicherer Unterschied zu den *T. controversa*-Herkünften 218, 210, 211 und 220 aufzuzeigen. Von der vierten Rassengruppe, die durch Herkunft 235 vertreten wird, können wiederum keine Differenzen zu den Herkünften 211, 187, 182, 220, 203 und 208 aufgezeigt werden, so daß deren Eingruppierung zum Teil hier oder in der dritten Gruppe mit der Herkunft 227 möglich ist. Weitere durch eine verschiedene Pathogenität gekennzeichnete Differenzen in der vorgeschlagenen Mindesthöhe von 30 % sind nicht mehr festzustellen gewesen. Damit ist noch nicht gesagt, daß die nach Versuch 9 begründete Rassentrennung nicht aufrechtzuerhalten wäre. Durch Prüfungen mit einem größeren Weizensortiment, wie es dort

Tab. 22. Resistenzverhalten von Testsorten nach Infektion mit *T. controversa*-Herkünften in den Jahren 1963 und 1964

Erklärung: R = 0–10 % kranke Halme  
r = 10–40 % kranke Halme  
A = > 40 % kranke Halme

Lfd. Nr.	Weizensorte	<i>T. controversa</i> -Herkünfte											
		226	196	227	218	210	235	211	187	182	220	203	208
29	B 228 WhiteOdessa C.I. 4655	r	r	R	R	R	R	R	r	R	R	r	R
33	B 1301	r	A	r	r	R	R	R	R	R	R	(A)	R
39	B 5232 Piatti St. 52	A	A	A	A	A	r	(A)	A	A	A	r	A
40	B 174 W. W. 927	R	r	r	(A)	R	R	R	R	R	R	R	R
42	B 124 Roter begr. Br. Landw.	A	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
44	B 5168 Bulg. W. Rousse 7	r	A	A	r	r	R	r	R	R	r	R	R
45	K 912 Sandweizen	R	(A)	r	R	R	R	R	R	r	R	R	R
47	D 153 Florian	A	A	A	r	r	r	r	r	r	r	r	r
48	B 1137 B 31/46	R	A		R	r	(r)	r	r	R	R	R	R

geschah, und durch statistische Sicherung kleiner Unterschiede im Brandbefall ließen sich die Trennstriche zwischen den Brandherkünften sehr wahrscheinlich noch enger ziehen; doch besteht für die praktische Resistenzzüchtung keine besondere Notwendigkeit für eine derartige Verfeinerung in der Beschreibung der Brandrassen. Es genügt hier, auf die Variabilität der Brandsammlungen hinzuweisen, die vermuten läßt, daß keine *T. controversa*-Herkunft der anderen vollkommen gleicht.

## 2. Pathogenität von *T. controversa*-Herkünften für Roggen und Anfälligkeit deutscher Roggensorten

### a) Literatur und Fragestellung

In manchen Jahren und in der Regel sehr vereinzelt werden auch Roggenpflanzen vom Zwergbrandpilz befallen (W a r m b r u n n 1952, B ö n i n g 1955). Ein stärkeres Auftreten wurde in jüngster Zeit erstmalig in Bayern 1958 beobachtet (v. M i n c k w i t z 1958, S t a u b e r 1958). Im Kreis Kaufbeuren wurden dabei in einem Roggenschlag bis 8 % brandkranke Ähren gezählt (v. M i n c k w i t z 1958). Dagegen ist es in künstlichen Infektionsversuchen nicht immer gelungen, Roggen mit Sporen des Zwergbrandpilzes, die von Weizen stammten, zu infizieren (B ö n i n g 1955, A e b i 1957). Doch deuten alle Beschreibungen der genannten Autoren wie auch von W o o d w a r d u. Mitarb. (1952), die brandkranke Roggenpflanzen auf mit Zwergsteinbrand verseuchten Feldern gefunden haben, darauf hin, daß es sich hierbei mit großer Wahrscheinlichkeit um den gleichen Erreger gehandelt hat, der gewöhnlich nur den Weizen stärker befällt. Schließlich lassen die Infektionsversuche von B ö n i n g (1955), N i e m a n n (1957), S c h u h m a n n (1961 a) an der Zugehörigkeit von Roggen zum Wirtspflanzenkreis von *T. controversa* keinen Zweifel mehr offen, wenngleich immer nur einzelne Pflanzen erkrankten — in den Versuchen von B ö n i n g bis zu 0,5 %. Die selteneren Erkrankungen des Roggens auf verseuchten Feldern deuten darauf hin, daß Infektionen nur unter eng begrenzten Bedingungen möglich sind.

Zur vollständigen Erfassung der pathogenen Leistungen der deutschen Zwergbrandherkünfte war es in diesem Zusammenhang zweckmäßig, die Anfälligkeit der Sorten auch bei Roggen kennenzulernen und die Pathogenität der Brandherkünfte hier zu studieren. Über die ersten Versuche ist kurz berichtet worden (S c h u h m a n n 1961 a). Die Ergebnisse werden hier zusammen mit weiteren Untersuchungen ausführlicher dargelegt.

### b) Die Anfälligkeit deutscher Roggensorten

In die Versuche sind alle vom Bundessortenamt anerkannten Winterroggen mit dem Stand vom 1. April 1960 aufgenommen worden (Tab. 23). Die letzten drei Sorten waren erst im zweiten Versuchsjahr verfügbar.

a a) Keimlingsinfektion 1960: 12 Roggensorten wurden am 11. 1. 1960 im Keimlingsstadium nach Methode I mit der Zwergbrandherkunft 234 infiziert.

Von jeder Roggensorte wurden  $4 \times 200$  abgeschnittene Keimlinge mit einer Sporidien-suspension übergossen. Zur weiteren Kultur standen die Anzuchtschalen 5 Wochen, bis zum 15. 2. 1960, in einem temperierten Gewächshaus bei 3–4° C, vom 15. 2. bis zum 18. 3. 1960 ohne Möglichkeit einer genauen Temperaturregelung bei durchschnittlich 5° C (Min. –5°, Max. + 25°) in einer nicht geheizten Vegetationshalle und im An-

schluß daran, bis zum Umpflanzen ins Feld am 1. 4., im Freiland. Der im August 1960 errechnete prozentuale Befall (Tab. 23, Spalte 1) basiert auf der Auswertung von durchschnittlich 700 Halmen für jede Roggensorte. Infolge der geringen Zahl kranker Halme: 1, 7, 1, 2 und 1 bei den in gleicher Reihenfolge genannten Sorten Brandts Marien, Carstens Roggen, Petkuser Normalstroh, Petkuser Kurzstroh und NOS Hochland erübrigt sich die Eintragung der 4 Parallelwerte. Die 7 Brandhalme aus Carstens Roggen (1,0 %) standen alle in einer Parzelle.

b b) Infektion im Feld 1959/60: Von jeder Roggensorte wurden  $2 \times 150$  Körner in Horstsaat am 15. 10. 1959 ausgelegt. Am 21. 10. wurden die Saatstellen nach Infektionsmethode II das erste Mal mit einer Zwergbrandsporensuspension (Herkunft 226) übersprüht. Der Roggen war zu diesem Zeitpunkt noch nicht aufgelaufen. Das zweite Mal wurden die Horste am 30. 11. 1959, als sich der Roggen etwa im Zweiblattstadium befand, mit einer Sporidien suspension übersprüht. Die Brandsporen entstammten zu gleichen Teilen den Herkünften 234 und 227. Vom 21. 10. 1959 bis 25. 2. 1960 sind die Saatstellen reihenweise mit einer Plastikfolie überspannt worden.

Wie die Auswertung des Zwergbrandbefalls im August 1960 ergeben hat (Tab. 23, Spalte 2), sind nur in „Brandts Marien“ 1, in Carstens Roggen 10 und in „NOS Hochland“ 3 Brandähren gefunden worden. Den entsprechenden Prozentzahlen liegt eine Gesamtährenzahl von 200–233 zugrunde.

c c) Infektion im Feld 1960/61 (Wiederholung): Anlage und Durchführung entsprachen weitgehend den für den Infektionsversuch bb) gemachten Angaben. Von jeder Roggensorte wurden  $5 \times 150$  Körner am 19. 10. 1960 horstweise ausgelegt. Die Saatstellen sind am 11. 11. 1960, 10 Tage nach dem beginnenden Auflaufen des Roggens, mit einer Brandsporenmischung der Herkünfte 226, 227 und 234 übersprüht worden. Die Sporenmenge wurde auf das Fünffache, 1 g (trocken gesiebte Sporen) für eine Saatstelle erhöht. Mit keimten Sporen derselben Herkunftsmischung wurde zusätzlich am 15. 12. 1960 gespritzt. Die Saatstellen wurden nach der ersten Sporenspritzung am 11. 11. 1960 mit Folie überspannt. Die Anzahl ährentragender Halme betrug im August 1961 etwa 100–120 pro Saatstelle, so daß je Sorte etwa 500–600 Halme ausgewertet wurden. Es konnten jedoch nur bei Carstens Roggen, in 2 Saatstellen verteilt, 4 Brandähren, d. h. insgesamt 0,7 %, gefunden werden (Tab. 23, Spalte 3). Alle übrigen Sorten waren befallsfrei geblieben.

#### c) Die Pathogenität von *T. controversa*-Herkünften bei Roggen

a a) Keimlingsinfektion 1960: Im ersten Versuch wurde die Roggensorte F. v. Lochows Petkuser Winterroggen Normalstroh mit 8 Zwergsteinbrandherkünften infiziert. Die Herkünfte verteilen sich auf etwa das gesamte Verbreitungsgebiet von *T. controversa* in Süddeutschland (Tab. 24). Zunächst wurde die Sorte Petkuser Normalstroh ausgewählt, weil sie die in Deutschland am weitesten verbreitete Roggensorte ist. Die übrigen Versuchsdaten können dem Resistenz-Versuch (S. 62 aa) entnommen werden, da beide Versuche gleichzeitig angelegt worden sind.

Das Ergebnis (Tab. 24, Spalte 1) beruht auf der Auswertung von rund 700 Ähren aus 4 Parallelen. Es läßt erkennen, daß nur bei 2 Herkünften jeweils 2 kranke Halme (= 0,3 %) gefunden werden konnten. Auf die zum Vergleich eingetragenen Befunde der beiden letzten Spalten wird später eingegangen.

Tab. 23. Anfälligkeit von Roggensorten für *T. controversa*

Lfd. Nr.	Roggensorten	% Brandähren		
		1960 Keiml.-Infekt.	1959/60 Inf. im Feld	1960/61 Inf. im Feld
1	Asches Winterroggen	0	0	0
2	Brandts Marien	0,1	0,5	0
3	Carstens Roggen	1,0	5,0	0,7
4	Deutscher Ringroggen	0	0	0
5	Heines Hellkorn	0	0	0
6	Karlshulder W. Roggen	0	0	0
7	F. v. Lochows Petkuser Tetraroggen	0	0	0
8	F. v. Lochows Petkuser W. Roggen Normalstroh	0,1	0	0
9	Petkuser Kurzstroh	0,3	0	0
10	Meußelsdorfer Fichtelgebirgs	0	0	0
11	NOS Hochland	0,1	1,3	0
12	Schrickers Gottlieb	0	0	0
13	Heßdorfer Johannes	—	—	0
14	v. Rümker's W. Roggen	—	—	0
15	Oberarnbacher	—	—	0

b b) Infektion im Feld 1960/61: In diesem letzten Versuch sollte geprüft werden, wie weit sich 59 Zwergbrandherkünfte nach ihrem Infektionsvermögen auf den beiden Winterroggensorten F. v. Lochows Winterroggen Normalstroh und Carstens Roggen unterscheiden lassen. Die Sorte Carstens Roggen wurde mit einbezogen, weil sie beim Sortenvergleich in den vorjährigen Versuchen am stärksten befallen worden war. Alle Zwergsteinbrandherkünfte (Tab. 25) sind, mit Ausnahme der letzten 5 Nummern (231—235), die schon 1958 geerntet worden waren, im Jahr 1959/60 über die anfällige Weizensorte Erbachshofer Braun vermehrt worden, so daß für den Versuch vorwiegend gleichalte Sporensammlungen verfügbar waren, die am 29. und 31. 10. 1960 auf geschlämmtem Lehm Boden zur Keimung ausgestrichen werden konnten. Die nach 6 Wochen am Tag der Infektion (12. 12. 1960) festgestellte Keimung ist in der mittleren Zahlenreihe der Tab. 25 vermerkt worden. Diese Keimstufen (vgl. S. 33), die ein Maß für den Anteil gekeimter Brandsporen sind, lassen auffallende Unterschiede im Keimvermögen der Brandherkünfte erkennen. Jedoch lassen sich die Herkünfte mit niedriger bzw. diejenigen mit hoher Keimungsrate danach nicht bestimmten Herkunftsorten zuordnen, oder anders ausgedrückt, aus den gleichen Kreisen wie z. B. Kempton (188—192), Heidenheim (65, 66, 217, 218, 234) oder Göppingen (221—223) stammen sowohl kräftig als auch schwach keimende Sporensammlungen.

Die beiden Roggensorten wurden am 3. 10. 1960 horstweise mit 10 g Körnern je Horst ausgesät. Der Roggen lief eine Woche später auf und hatte am 12. 12. 1960 beim Übersprühen der Saatstellen mit gekeimten Zwergbrandsporen etwa das 3-Blattstadium erreicht. Wie üblich wurden die Saatstellen nach dem Aus-



bringen der Sporen bis zum 15. 3. 1961 mit Folie abgedeckt. Bei der Auswertung im Sommer 1961 wurde in den Saaten der Sorte Petkuser Normalstroh keine einzige kranke Ähre gefunden, weshalb in Tab. 25 nur das Infektionsergebnis von Carstens Roggen vermerkt wurde. Auch auf dieser Sorte konnten von den 59 Zwergbrandherkünften nur 10 Herkünfte einige Brandähren ausbilden. Im Höchsthalle waren es 6 Brandähren (Herkunft 193), die unter durchschnittlich 200–250 Halmen in beiden Parallelen gefunden wurden. In der Tabelle ist auf Prozentwerte (letzte Spalte) umgerechnet worden.

#### d) Besprechung der Infektionsergebnisse

In den vorliegenden Infektionsversuchen finden sich keine sicheren Ergebnisse für eine höhere Anfälligkeit einzelner Roggensorten. Zwar wurden bei Carstens Winterroggen die meisten Brandähren gefunden, aber infolge der niedrigen Befallszahlen ist eine Gruppierung der Sorten nach dem Resistenzverhalten nicht möglich. Es ist auch nicht auszuschließen, daß noch zu wenig über die hier einzuhaltenden Infektionsbedingungen bekannt ist und daß nach solcher Kenntnis höhere Erkrankungszahlen zu erreichen wären. Gleichwohl ist nach den dargelegten Versuchen sowie den bereits zitierten Beobachtungen anderer Autoren (W a r m b r u n n 1952, B ö n i n g 1955, N i e m a n n 1957, v. M i n c k w i t z 1958, S t a u b e r 1958) nicht damit zu rechnen, daß eine Roggensorte besonders anfällig ist, zumal dieselben Sporenerkünfte in den Parallelversuchen mit Weizen starken Befall verursachten.

Die in den Tabellen 24 und 25 zusammengestellten Ergebnisse geben Auskunft über die zweite Fragestellung, ob es Zwergbrandherkünfte mit besonderer Pathogenität auf Roggen gibt. In Tab. 24, letzte Spalte, sind zur Erleichterung des Vergleichs die den Sporenerkünften zukommenden Prozentwerte des Befalls aus dem zuletzt beschriebenen Versuch (Tab. 25) hinzugefügt worden, da die Ansätze für diese Herkünfte als Wiederholungsversuch gelten können. Wie aus beiden Tabellen (24 und 25) ersichtlich, kann mit Hilfe der geringen Befallszahlen keine unterschiedliche Pathogenität der Zwergbrandherkünfte abgeleitet werden. Die etwas höhere Anzahl kranker Halme von 2,5 % bei der Herkunft Nr. 193 (Tab. 25) müßte erst in mehreren Versuchsjahren bestätigt werden; denn wie das

Tab. 24. Pathogenität von *T. controversa*-Herkünften für Roggen

<i>T. controversa</i> -Herkunft		% Brandähren bei den Sorten		
Nr.	Ort	1960	1960/61	1960/61
		Petkuser Normalstr. Keimlings-Infektion	Petkuser Normalstr. Infektion im Feld	Carstens Infektion im Feld
187	Donauwörth	0,3	0	0
196	Pfarrkirchen	0,3	0	0
202	Ingolstadt	0	0	0
205	Grafenau	0	0	0
210	Sulzb. Rosenberg	0	0	0
211	Rottweil	0	0	0
227	Wasserburg	0	0	0
324	Heidenheim	0	0	0

Beispiel der Herkunft 226 zeigt, ist hierdurch Carstens Roggen 1959/60 zu 5 % erkrankt (Tab. 23), im Versuchsjahr 1960/61 trotz guter Sporenkeimung zu keinerlei Brandbefall gelangt. Auch beim Vergleich der Herkunftsorte jener 10 Brandherkünfte, die einige kranke Halme hervorgerufen haben, findet sich eine recht gleichmäßige Verteilung über das ganze Verbreitungsgebiet des Zwergsteinbrandes in Süddeutschland, so daß die Existenz von Lokalrassen nicht angenommen werden kann. Nach allen bisherigen Beobachtungen ist dieses Ergebnis nicht außergewöhnlich. Es hat jedoch eine gewisse Bedeutung für die in der Literatur umstrittene Artabgrenzung von *T. controversa* gegenüber *T. secalis* (Lit. bei Schumann 1962). Die aufgezeigte schwache und ungleichmäßige Pathogenität des Zwergsteinbrandpilzes *T. controversa* hebt diesen Schadpilz deutlich ab vom Erreger des Roggensteinbrandes *T. secalis* Kühn, der nach Pichler (1950 b, 1958) auf Roggen starken Befall hervorruft.

Ergänzend sei hier vermerkt, daß auch die deutschen Wintergerstensorten Breustedts Atlas, Breustedts Schladener, Carstens, Geb. Dippes, Engelens Dea, Hauters Wintergerste, Peragis 12, Strengs Domina, Tschermaks, Vogels Agaer, Mädru und Eckendorfer in die Infektionsversuche einbezogen worden waren. Jedoch wurde in keiner Sorte eine kranke Ähre gefunden.

Nach diesem Versuchsausgang ist zunächst von weiteren Untersuchungen an Roggen abgesehen worden.

## D. Resistenz von Weizensorten gegen *Tilletia caries* und *T. controversa*

### 1. Fragestellung

Um einen Überblick über die Resistenzeigenschaften möglichst vieler Weizensorten gegen *T. controversa* zu gewinnen und damit Ausgangsmaterial für etwaige Züchtungsarbeiten zu finden, ist das Verhalten von 2495 Weizensorten gegen *T. controversa* in 8 Gewächshaus- und Feldversuchen von 1959 bis 1963 untersucht worden. 1620 dieser Sorten wurden außerdem einmal mit *T. caries* infiziert. Diese letzten Infektionen, die einfach auszuführen sind und nach denen ziemlich regelmäßig ein starker Steinbrandbefall eintritt, dienen zur Ergänzung der Resistenzbeurteilung, da die Resistenz einer Weizensorte gegen *T. caries* sich erfahrungsgemäß häufig auch gegen *T. controversa* auswirkt. Die Vorauslese konnte dadurch beschleunigt werden.

Die große Zahl der Weizensorten bedingte eine Prüfung in mehreren Abschnitten. Zunächst sind die Sorten nur mit einer *T. controversa*-Herkunft infiziert worden. Nach mehrfachen Versuchsbefunden sind aussichtsreiche Sorten sodann in Infektionsreihen mit mehreren Sporenherkünften geprüft worden; auch diese Untersuchungen haben vorerst nur mit einer Sortenauswahl angelegt werden können.

Die einzelnen Infektionsversuche sind im folgenden näher beschrieben und anschließend an Hand der in Tabellen zusammengestellten Ergebnisse auswertend besprochen worden.

### 2. Infektionsversuche Nr. 1–7 mit *T. controversa*

Nr. 1 728 Weizensorten;

Aussaat: 13.–16. 1. 1959, je Sorte 2 × 100 Keimlinge;

Infektion: Methode I, mit Herkunft 226.

Tab. 25. Infektion von Carstens Winterroggen mit 59 Zwergsteinbrand-Herkünften  
 1960/61 (Feldinfektion)

Lfd. Nr.	Sporenherkunft	Beginn der Keimung nach Tagen	Keimstufe bei Infektion	% brandkr. Halme
51	Ingolstadt, Bayern	34	2	0
65	Heidenheim, Württ.	44	1	0
66	Heidenheim, Württ.	40	4	0
67	Ulm, Württ.	17	4	0
69	Marktoberdorf, Bayern	40	3	0,5
179	Landau, Bayern	40	1	0
180	Landau, Bayern	40	2	0
181	Riedlingen, Württ.	35	3	1
182	Straubing, Bayern	34	3-4	0
183	Passau, Bayern	40	2	0
184	Ravensburg, Württ.	35	2-3	0
185	Donauwörth, Bayern	40	2	0
186	Donauwörth, Bayern	35	3-4	0,8
187	Donauwörth, Bayern	18	3-4	0
188	Kempton, Bayern	40	1	0
189	Kempton, Bayern	40	2-3	0
190	Kempton, Bayern	40	1	0
191	Kempton, Bayern	40	0-1	0
192	Kempton, Bayern	34	4	0
193	Mallersdorf, Bayern	34	4	2,5
194	Nördlingen, Bayern	34	3-4	1
195	Nördlingen, Bayern	40	2-3	0
196	Pfarrkirchen, Bayern	40	2	0
197	Nördlingen, Bayern	40	2-3	0,5
198	Nördlingen, Bayern	40	2	0,5
199	Dinkelsbühl, Bayern	34	4	0
200	Griesbach, Bayern	40	1-2	0
201	Schwäb.-Gmünd, Württ.	40	2	0,5
202	Ingolstadt, Bayern	17	5	0
203	Münsingen, Württ.	40	3	0
204	Pfarrkirchen, Bayern	40	1	0
205	Grafenau, Bayern	34	3	0
206	Gunzenhausen, Bayern	34	3	0
207	Parsberg, Bayern	40	1-2	0
208	Landshut, Bayern	34	3-4	0
209	Mainburg, Bayern	34	4	0,5
210	Sulzb.-Rosenberg, B.	<20	3-4	0
211	Rottweil, Württ.	30	4	0

Fortsetzung S. 68

Lfd. Nr.	Sporenherkunft	Beginn der Keimung nach Tagen	Keimstufe bei Infektion	% brandkr. Halme
212	Schongau, Bayern	34	3-4	0
213	Ulm, Württ.	34	3	0
214	Reutlingen, Württ.	34	3-4	0
216	Dingolfing, Bayern	40	3	0
217	Heidenheim, Württ.	40	2	0
218	Heidenheim, Württ.	34	4	0
219	Villingen, Württ.	30	4	0
220	Schongau, Bayern	34	2	0
221	Göppingen, Württ.	38	1	0
222	Göppingen, Württ.	40	3	0
223	Göppingen, Württ.	44	0-1	0
226	Marktoberdorf, Bayern	34	3-4	0
227	Wasserburg, Bayern	18	3-4	0
228	Vilsbiburg, Bayern	34	4	0,4
229	Vilsbiburg, Bayern	40	3	0
230	Donaueschingen, Württ.	40	2	0
231	Kaufbeuren, Bayern	34	3	0
232	Beilngries, Bayern	34	4	0
233	Tuttlingen, Württ.	40	1-2	0
234	Heidenheim, Württ.	<20	4	0
235	Memmingen, Bayern	40	3	0

- Nr. 2 151 Weizensorten, die in Vers. Nr. 1 Resistenz zeigten;  
 Aussaat: 9. 10. 1959, je Sorte 4 × 100 Körner.  
 Infektion: Methode II, am 21. 10. u. 9. 11. 1959 mit Brandsporen, am 9. 11. 1959 außerdem mit Sporidien.
- Nr. 3 1727 Weizensorten;  
 Aussaat: 3. 10. 1960, je Sorte 150 Körner;  
 Infektion: Methode II mit einer Mischung aus 8 Herkünften.
- Nr. 4 68 deutsche, amtlich zugelassene Weizensorten und 40 ausgelesene Sorten mit Resistenzeigenschaften;  
 Aussaat: 12. 10. 1960, je Sorte und *T. controversa*-Herkunft 4 × 150 Körner;  
 Infektion: Methode II mit 4 *T. controversa*-Herkünften. Der Versuch diente gleichzeitig zur Ermittlung der Rassenspezialisierung; er ist deshalb auf S. 49 (Vers. 6) schon näher beschrieben worden.
- Nr. 5 271 Weizensorten, darunter die deutschen Handelssorten;  
 Aussaat: 12. 10. 1961; je Sorte 2 × 150 Körner;  
 Infektion: Methode II, am 6. 11. mit Brandsporen, am 15. 11. 1961 zusätzlich mit Sporidien.

- Nr. 6 52 vorgeprüfte Weizensorten;  
Aussaat: 22. 10. 1962, 150 Körner je Sorte u. *T. controversa*-Herkunft;  
Infektion: Methode II mit 9–12 *T. controversa*-Herkünften. Dieser Versuch diente gleichzeitig zur Ermittlung der Rassenspezialisierung und wurde auf S. 53 (Vers. 9) näher beschrieben.
- Nr. 7 5 nordamerikanische Sorten mit bekannten Resistenzgenen und Vergleichssorte Carstens VI;  
Aussaat: 16. 10. 1963, 5 × 150 Körner je Sorte und *T. controversa*-Herkunft.  
Infektion: Methode II mit 12 *T. controversa*-Herkünften. Dieser Versuch diente gleichzeitig zur Ermittlung der Rassenspezialisierung und ist auf S. 59 (Vers. 10) näher beschrieben worden.
3. Infektionsversuche Nr. 8–10 mit *T. caries*
- Nr. 8 Dieselben 150 Weizensorten wie in Vers. Nr. 2;  
Aussaat: 6. 11. 1959, je Sorte 2 × 150 Körner;  
Infektion: *T. caries*-Herkunft 3, Abstammung vom Inhalt einer Brandbutte.
- Nr. 9 Dieselben 1727 Weizensorten wie in Vers. 3;  
Aussaat: 20. 10. 1960, je Sorte 150 Körner;  
Infektion: Mischung der *T. caries*-Herkünfte 1 u. 118.
- Nr. 10 30 deutsche, anerkannte Sommerweizensorten;  
Aussaat: 5. 4. 1961, 1 qm je Sorte;  
Infektion: Mischung der *T. caries*-Herkünfte 1 u. 118.

#### 4. Besprechung der Infektionsergebnisse

Die Wiedergabe sämtlicher Versuchsbefunde für das gesamte Weizensortiment zu einer zusammenfassenden Betrachtung ist an dieser Stelle nicht zugänglich und nach dem Verlauf der Versuche auch nicht erforderlich. Die Mehrzahl der Sorten ist selbst unter wenig günstigen Infektionsbedingungen so weitgehend erkrankt, daß nur 134 Sorten, d. h. rund 5 % der 2495 geprüften Sorten als aussichtsreich für die weitere Untersuchung oder als bemerkenswert für die Gesamtbetrach-

Tab. 26. Resistenzverhalten nordamerikanischer Testsorten gegen  
5 *T. controversa*-Herkünfte 1963/64

Reg.- Nr.	Weizensorte	Resistenz- gene )	% Befall nach Infektion mit <i>T. controversa</i> -Herkunft					Aus der Halmzahl sämtl. Parzellen f. d. Herkünfte 187–211		
			187	196	203	210	211	Summe	krank	% Befall
D 182	White Odessa C. I. 4655	M	23	7	20	5	7	548	68	12,4
D 183	Sel. 50 077 C. I. 13 561	M <sub>2</sub>	47	92	39	76	88	724	507	70,0
D 184	Sel. 1403 C. I. 13 562	H	41	93	16	39	3	822	378	45,9
D 185	Orin C. I. 12 687	T oder R	12	35	11	8	5	739	109	14,7
D 188	Omar C. I. 13 072	TM	0	0	0	0	0	800	0	0
D 170	Carstens W. W. VI	—	14	47	27	50	40	3798	1345	35,4

\*) nach Hoffmann u. Mitarb. 1962.

tung angesehen werden konnten. Diese Sorten sind zur Vermittlung eines Überblickes über das hierbei beobachtete Resistenzverhalten in Tab. 27 a mit den in den einzelnen Versuchen beobachteten höchsten Befallswerten zusammengestellt worden, wobei eine Einteilung in Gruppen nach dem Resistenzgrad erfolgt ist. Die Infektionsbedingungen waren in den einzelnen Versuchsjahren unterschiedlich; demzufolge muß den Ergebnissen ein verschiedenes Gewicht beigemessen werden. Ein Maßstab hierfür ergibt sich aus den Befallszahlen für die beiden anfälligen Vergleichssorten Carstens Winterweizen VI und Erbachshofer Braun, die in Tabelle 27 b zusammengestellt wurden. Danach sind die höchsten Erkrankungszahlen durch *T. controversa* in den Versuchsjahren 1962 und 1963 festgestellt worden. Einige Weizensorten, die in den vorausgegangenen Jahren befallsfrei geblieben waren, erkrankten unter diesen günstigeren Infektionsbedingungen zu einem hohen Prozentsatz. Eine sichere Beurteilung des Resistenzverhaltens ist daher nur bei denjenigen Weizensorten möglich, die in einem der letzten beiden Versuchsjahre geprüft worden sind. Die Befallsverhältnisse für die neueren deutschen Weizensorten werden anschließend an Hand zweier weiterer Zusammenstellungen (Tab. 28 und Tab. 29) besprochen.

#### a) Resistenzeigenschaften von Sorten des allgemeinen Weizensortimentes

Die gesamte Gruppe I der Zusammenstellung in Tab. 27 a enthält alle Weizensorten, die mindestens in drei Vegetationsjahren, darunter die für den Befall günstigen Jahre 1962 u. 1963 (Vers. 5 u. 6), gegen mehrere Zwergbrandherkünfte in Prüfung gestanden und hierbei im Höchsthalle bis zu 20 % kranke Ähren hervorgebracht haben. Das Resistenzverhalten dieser Sorten kann damit als im wesentlichen bestimmt gelten, sofern nicht Erregerassen mit erheblich stärkerer Pathogenität auftreten. Im Rahmen dieser Gruppe lassen sich noch drei deutliche Abstufungen unterscheiden:

Untergruppe I a ist gekennzeichnet durch 5 Sorten, bei denen der Befall durch *T. controversa* bis in die Einzelparzellen stets unter 1 % der Ährenzahl geblieben ist. Besonders zu beachten ist hierbei, daß sich diese Sorten selbst unter den günstigen Infektionsbedingungen des Versuchsjahres 1962/63 gegen die Infektionen mit 9 *T. controversa*-Herkünften (S. 55) als widerstandsfähig erwiesen haben. Diese Resistenz besteht offenbar auch gegenüber *T. caries*, welche nach den Eintragungen in der letzten Spalte der Tab. 27 a nur bei *Aegilops* Thaoudar geringen Befall hervorzurufen vermochte. Für die Sorte P. I. 178 383 finden damit die ausgezeichneten Resistenzmerkmale Bestätigung, welche letzthin von Metzger u. Mitarb. (1962) sowie von Kendrick und Hoffmann (1963) in USA aufgezeigt worden sind. Diese Sorte vereinigt in sich drei hochwirksame Resistenzgene, deren jedes Resistenz gegen sämtliche in USA bekannten Rassen von *T. caries* und *T. foetida* verleiht; sie hat sich dort in entsprechenden Versuchen ebenso als resistent gegen alle vier geprüften Zwergbrandherkünfte erwiesen.

Angaben über die *Tilletia*-Resistenz der anderen Sorten dieser Gruppe waren in der erreichbaren Literatur nicht zu ermitteln.

Untergruppe I b umfaßt Sorten, bei denen der Befallsbereich von 1 bis 10 % kranken Ähren nach Infektionen mit mehreren Herkünften von *T. controversa* in wenigstens drei Versuchen nicht überschritten worden ist. Hier findet sich die bekannte Sorte Hussar C. I. 4843, die nach amerikanischen Untersuchungen

Tab. 27 a. *Tilletia controversa*- und *T. caries*-resistente Weizensorten aus den Versuchsjahren 1959–1963

Reg. Nr.	Weizensorte	Trit. spec. *)	Höchstbefall bei <i>T. controversa</i>		bei <i>T. caries</i>
			1962	1963	1960 u. 1961
Gruppe 1 a: <i>T. controversa</i> -Befall 0–1 ‰					
B 756	Aegilops Thaoudar	b	0,3	0	1,4
B 5716	<i>T. aegilopoides boeoticum</i>	b	0,2	0	0
B 5714	<i>T. monococcum</i> Thaoudar	m	0,4	0	0
K 503	Einkorn von Gliesmarode	m	0,2	0	0
D 124	P. I. 178 383	ae v	0	0	0*
Gruppe 1 b: <i>T. controversa</i> -Befall 1–10 ‰					
K 504	Bonn 2	b	2,1	0	0,6
K 492	Einkorn	b	3,6	0,7	0,9
K 495	Einkorn von Gliesmarode	m	1,1	0,6	13,0
K 497	Einkorn von Gliesmarode	m	1,1	0,4	0
K 498	Einkorn von Gliesmarode	m	4,1	3,9	7,0
K 500	Einkorn von Gliesmarode	m	3,1	3,6	6,8
K 509	Hohenstein	m	1,5	0	0
B 5717	<i>T. monococcum boeoticum</i>	m	4,6	1,9	0
B 477	Blumenweizen	ae v	0,9	5,3	0
B 5269	Hussar C. I. 4843	ae v	4,5	9,7	0
K 469	Stepniatschka 37	ae v	4,0	0*	97
B 5373	Victoria d'automne	ae v	0,3	1,7	2,0
B 6002	Wasatch	ae v	4,9	2,8	2,0
Gruppe 1 c: <i>T. controversa</i> -Befall 11–20 ‰					
B 5709	Einkorn	m	6,3	18	0
B 759	Rotes samtiges Einkorn	m	18	2,8	0,8
B 160	<i>T. monococcum Hornemannii</i>	m	14	19	0
K 522	<i>T. timopheevi</i> var. <i>typicum</i> (Rußland)	t	7,3	15	0
B 558	Alter deutscher Begrannter	ae v	7,9	19	10
B 5686	Bankuti	ae v	5,7	15	0
B 6187	Carest	ae v	3,4	18	5
B 7	Hildebrandts weißähr. B.	ae v	8,9	19	1
D 16	Martin	ae v	8	20	1
B 572	Martin C. I. 4463	ae v	9,9	19	2
B 945	Schweigers B. S. 213	ae v	3,3	11	7,1
K 433	Wetterauer Fuchs	ae v	8,7	17	95
D 18	White Odessa	ae v	20	11	2
B 228	White Odessa C. I. 4655	ae v		35*	
B 172	W. W. P 120	ae v	5,4	11	1

Tab. 27 a. (Fortsetzung)

Reg. Nr.	Weizensorte	Trit. spec.*)	Höchstbefall bei <i>T.</i> <i>controversa</i>		bei <i>T.</i> <i>caries</i> 1960 u. 1961
			1961	1962	
Gruppe 2 a: <i>T. controversa</i> -Befall 0–10 ‰ (vorläufig)					
B 5713	T. monococcum Thaouard	m	0,5	6,7	0
B 1154	Ankara 1637	dur	0	0	0
B 1143	Ankara 173/39	dur	0	10	0
B 1163	Siras 1488	dur	0	4,8	(0)
B 582	Poulard blanc lisse	tu	0	7,9	(0)
B 1301	T. spelta var. Alefeldii	ae sp	4,0	3,7	0
B 1137	B 31/46	ae v	0	2,2	0
B 147	W. W. Nr. 927	ae v	0	1,9	0
B 838	Ebersbacher Weißweizen	ae v	0	9,7	10
B 1152	Hakkari 1592	ae v	0	(0)	(0)
K 516	T. monococcum aus Gliesmarode	m		4,2	0
K 625	Blauähriger behaarter Spelz	ae sp		3,1	0,4
			1960	1961	
K 613	Wartensee 11	ae sp	8		5
K 790	Oro	ae v	7		7
D 97	Aegilops × <i>T. durum</i>			0	
D 93	Exama de Cordoba	m		0	
D 96	T. timopheevi	t		0	
D 107	Barletta 77	ae v		0	
D 82	Elmar C. I. 12 392	ae v		1	
D 110	H. 189 N. Gembloux	ae v		0	
D 113	H. 189 3 Gembloux	ae v		0	
D 112	Hodowriski Osiwatka	ae v		0	
D 120	Hope C. I. 12 008	ae v		0	
D 103	Janetzki Jabo rot	ae v		0	
D 108	Lohmanns Weender	ae v		0	
D 111	NOS Nordgau	ae v		1	
D 86	Omar C. I. 13 072	ae v		0	
K 334	Peragis	ac v		(0)	
D 100	Ratborska klado	ae v		0	
D 104	Renown Sask 1960	ae v		0	
D 90	Rex C. I. 10 065	ae v		(0)	
D 154	Wei que	ae v		0,8	
D 98	White Federation C. I. 11 906	ae v		0	
D 92	Yogo C. I. 8033	ae v		2,6	
D 83	Hymar C. I. 11 605	ae co		0,7	
K 508	Berlin	m	9		18



Tab. 27 a. (Fortsetzung)

Reg. Nr.	Weizensorte	Trit. spec.*)	Höchstbefall bei <i>T. controversa</i>		bei <i>T. caries</i>
			1960	1961	1960 u. 1961
K 499	Einkorn aus Gliesmarode	m	7		14
K 606	Roter kurzähriger Tiroler Spelz	ae sp	8		15
K 731	Grauzepe	ae v	5		20
K 510	aus Belgien	m	4,5		70
K 507	Leipzig	m	4,3		80
K 514	T. monococcum aus Gliesmarode	m	7		26
K 515	T. monococcum aus Gliesmarode	m	4,5		50
K 538	Hirebular	dur	3		82
K 541	Sofia	dur	8		80
K 573	Bauländer Spelz	ae sp	6		35
K 601	Bregenzer roter Spelz	ae sp	8		29
K 600	Bregenzer Tiroler Spelz	ae sp	7		28
K 574	Kipperhaus roter Spelz	ae sp	6		32
K 575	Müllers Gaiberger	ae sp	7		43
K 617	Muri G	ae sp	7		42
K 618	Oberkum 3	ae sp	10		45
K 577	v. Rechbergs früher Spelz	ae sp	7		36
K 619	Rothenburg 10	ae sp	6		37
K 605	Roter lockerähr. Tiroler Spelz	ae sp	5		26
K 591	Rottweiler Flötzlinger II	ae sp	9		65
K 572	Spelz XI. 1	ae sp	7		25
K 621	Strickhof	ae sp	7		67
K 593	Vöglers weißer Dinkel	ae sp	7		68
K 685	Burgenländer Ausstich	ae v	9		90
K 364	Lovink	ae v	8		95
K 715	Odvos	ae v	9		51
K 702	Serbischer	ae v	1,4		95
K 655	Svalöfs Kolben	ae v	8		95
K 705	Verbovec	ae v	8		44
K 716	1937	ae v	6		94

Gruppe 2 b: *T. controversa*-Befall 10–20 % (vorläufig)

			1961	1962	
B 5710	T. monococcum aegilopoides	m	2	13	3
B 154	T. monococcum Hornemannii	m	0,7	20	4
B 5706	T. monococcum Hornemannii	m	0	18	0
B 6106	Lignee 24	ae sp	0	12	3
B 1188	W. W. 3400/49	ae v	0	12	3
B 5663	Dietzes W. W. 8	ae v	0,7	13	8

Tab. 27 a. (Fortsetzung)

Reg. Nr.	Weizensorte	<i>Trit. spec.)*</i>	Höchstbefall bei <i>T. controversa</i>		bei <i>T. caries</i>
			1961	1962	1960 u. 1961
B 45	Draegers Sebenter	ae v	0	11	4
B 5099	Dregers J. D.	ae v	3	14	(0)
B 5681	Emma	ae v	1	20	10
B 802	Fleischmanns 113	ae v	0	19	10
B 1148	Gümüşhane 1321	ae v	0	17	0
B 22	Gelchsheimer Dickkopf	ae v	0	20	1
B 997	Hildebrandts B.	ae v	0	20	0
B 194	Krapphauser lockerer Edelepp		0	13	10
B 1150	Maras 1489	ae v	0	17	(0)
B 6132	Mida-Kenya × Hope-Turkey, Nebred 57 430	ae v	0	19	0
B 741	Müllers brauner W. W.	ae v	0	15	10
B 5570	Peragis 30 431	ae v	1	17	4
B 5439	Percivals Sterling	ae v	2	19	0
B 5485	P. S. G. Saxonia	ae v	0	16	3
B 5193	Rumänischer begr. Roter	ae v	1	14	(0)
B 6076	Staring	ae v	0	18	0
B 1087	Svalöfs 0987	ae v	2	16	4
B 5704	Svalöfs Thulevete II	ae v	0	13	10
B 5455	Vilmorins Inversable	ae v	0	15	0
B 5617	Wilhelmina	ae v	0	20	(0)
Gruppe 3: <i>T. controversa</i> -anfällig, <i>T. caries</i> -resistent					
B 5724	Grauer Emmer	ae v		66	0
B 5259	Bulgar. W. W. 55 (Rousse)	ae v		76	0
B 5230	Gödinger begr.	ae v		65	0
B 5070	Goldcoin fourtyfold	ae v		51	0
B 987	Heid W. W.	ae v		51	2
B 6131	Mida-Kenya 117 A × Nebred 57 405	ae v		54	1
B 6128	Newthatch × Frontana × Texas	ae v		63	0
B 5126	Percivals Fox	ae v		70	0
B 5452	Tassa 36/9	ae v		58	0

(H o l t o n 1959) die beiden Hauptresistenzgene M von Martin und das Hussar-Gen H in sich vereinigt. Diese Kombination verleiht Resistenz gegen die meisten *T. caries* und *T. foedita*-Rassen in USA und gegen die dortigen *T. controversa*-Rassen D<sub>1</sub> und D<sub>2</sub>, nicht gegen D<sub>3</sub> und D<sub>4</sub> (K e n d r i c k and H o f f m a n n 1963). In diese Gruppe dürfte auch die von W a g n e r (1954) geprüfte Sorte Relief gehören, die aus einer Kreuzung von Hussar × Turkey hervorgegangen ist

und in W a g n e r's Versuchen befallsfrei geblieben war. Über die übrigen Sorten sind hier keine Untersuchungen von anderen Autoren bekannt geworden.

Bei der Sorte Stejniatschka 37 fällt die gute Widerstandsfähigkeit gegen verschiedene Herkünfte von *T. controversa* deswegen auf, weil hier zugleich entgegen der vorherrschenden Regel eine sehr hohe Anfälligkeit gegenüber *T. caries* zu verzeichnen ist. Das sehr günstige Ergebnis nach der *T. controversa*-Infektion im Versuchsjahr 1962/63 ist allerdings mit Vorbehalt eingetragen, da die Sorte zu etwa 50 % auswinterterte, wobei die bekanntlich frostempfindlicheren infizierten Pflanzen abgestorben sein können; in diesem Falle würde nur eine Feldresistenz vorliegen.

Untergruppe 1 c enthält Sorten, die nicht mehr als 20 % kranker Ähren aufzuweisen hatten. Ein derartiger Infektionsbefund ist als mittlere Resistenz anzusehen, deren Grundlage für eine Resistenzzüchtung allein weniger in Betracht kommen dürfte.

Die Gruppe enthält auch die USA-Sorten vom Resistenztyp Martin: Martin (D 16), Martin C. I. 4463 (B 572) und White Odessa (D 18). Es hat sich nicht feststellen lassen, ob die beiden Martin-Sorten und zwei White Odessa-Sorten, von denen die Sorte White Odessa C. I. 4655 (B 228) nur zu einem Infektionsversuch eingesetzt und wegen des darin erreichten Befalls von 35 % hier nicht eingereicht werden konnte, jeweils identisch sind; sie sind von verschiedenen Stellen bezogen worden, bei denen genauere Herkunftsangaben nicht vorlagen. Vermutlich besitzen die beiden Martin-Sorten die enggekoppelten, dominanten Gene M und M<sub>2</sub>. Nach B a y l e s und C l a r k (1954) sowie H o l t o n (1959) ist White Odessa C. I. 4655 Träger des einen Gens M. Sowohl der bei der Sorte White Odessa (D 18) zu verzeichnende Grenzbefall von 20 % wie der auf White Odessa C. I. 4655 aufgetretene Befall von 35 % Zwergbrandähren deuten an, daß die Resistenzwirkung des Gens M allein schwächer ist als die Wirkung beider Martin-Faktoren. Von einigen *T. controversa*-Herkünften wird jedoch durch den Infektionsversuch Nr. 7 die durch den Faktor M<sub>2</sub> bedingte Resistenz vollkommen überwunden. Gleichwohl kommt der Sorte White Odessa C. I. 4655 nach K e n d r i c k (1961) in USA Resistenz gegen einige Rassen von *T. caries* und *T. foetida* zu wie auch nach K e n d r i c k und H o f f m a n n (1963) gegen die Zwergbrandrassen D<sub>1</sub> und D<sub>2</sub>, dagegen nicht gegen die Rassen D<sub>3</sub> und D<sub>4</sub>.

Für die meisten Sorten dieser Gruppe entspricht der relativ geringe Infektionserfolg bei *T. caries* im Vergleich zu den höheren Befallszahlen bei *T. controversa* nicht der Regel; es gibt Sorten wie Wetterauer Fuchs (S. 71) und andere Sorten, die von *T. caries* stärker befallen werden als durch *T. controversa*.

In Gruppe 2 sind die Weizensorten aufgeführt, die nur ein Jahr oder zwei Jahre gegen *T. controversa* geprüft und dementsprechend nur mit einer Brandherkunft oder mit wenigen Herkünften infiziert werden konnten. Die Versuchsergebnisse sind also wegen des geringeren Umfangs der Prüfungen noch als vorläufig anzusehen.

Aufgenommen sind nur Weizensorten, die nach den Infektionen nicht mehr als 20 % kranke Ähren gezeigt haben; sie sind nach den Befallswerten in zwei Untergruppen zusammengestellt worden.

In die Untergruppe 2 a sind die Weizensorten eingereicht worden, bei denen die Infektionen im Höchsthalle 10 % kranke Ähren hervorgebracht haben. Unter den

hier zuerst genannten 12 Weizensorten haben die Sorten Ankara 1637 und Hakkari 1592 in zwei Versuchsansätzen keinerlei Befall gezeigt. Andere Sorten rücken dem Grenzwert 10 % näher, wenn wie im Versuch 5/1962 günstigere Infektionsverhältnisse vorliegen. Hier dürfte auch die Sorte Oro anzuschließen sein, deren bekannte Turkey-Resistenz leicht von stärker pathogenen Brandrassen durchbrochen wird.

Die sodann aufgeführten Weizensorten haben zum Teil nach N o u l a r d (1959) in Belgien und nach verschiedenen Autoren in USA Resistenz gegen *T. caries* gezeigt und sind deshalb für die hiesigen Untersuchungen zur Verfügung gestellt worden. Sie haben bisher nur einmal zur Prüfung herangezogen werden können und dabei wenig scharfen Auslesebedingungen unterlegen. Wenn auch die Zugehörigkeit der Sorten Elmar, White Federation 38, Rex und Hymar zum Resistenztyp Martin und der Sorte Omar zum Martin-Turkey-Typ das dabei festgestellte Resistenzverhalten verständlich macht, bedürfen sämtliche Sorten weiterer Prüfung.

Die zuletzt unter Gruppe 2 a eingetragenen 27 Sorten sind mit größeren Vorbehalten weiterzuprüfen, da die hohen Befallszahlen nach den Infektionen mit *T. caries* auch erhebliche Schwankungen in der Befallsreaktion auf *T. controversa*-Rassen erwarten lassen.

In Untergruppe 2 b sind Weizensorten aufgeführt, bei denen Erkrankungen zwischen 10 und 20 % der Ähren durch *T. controversa* eingetreten sind. Nach den im maßgeblichen Versuch 5/1962 herrschenden Infektionsverhältnissen kommt den Sorten ein mittlerer Resistenzgrad zu. Dabei sind auch die wechselnden Befallswerte durch *T. caries* zu berücksichtigen.

Der Gruppe 3 gehören schließlich Weizensorten an, die für *T. controversa* durch Befallswerte über 50 % zum Teil eine sehr hohe Anfälligkeit gezeigt haben, jedoch gegenüber *T. caries* durch Erkrankungszahlen von 0–7 % Resistenzeigenschaften erkennen ließen. Diese Gegenüberstellung verdeutlicht, daß eine Resistenz gegen *T. caries* nicht in allen Fällen eine solche gegen *T. controversa* mit einschließt, weil mit Unterschieden in der Pathogenität von Herkünften beider *Tilletia*-Arten gerechnet werden muß. Wie mehrere Sorten in Gruppe 2 a durch ihre Erkrankung zu erkennen geben, ist auch umgekehrt mit einer höheren Anfälligkeit gegen *T. caries* und einer Resistenz gegen *T. controversa* zu rechnen. Der Fall, wonach jedoch hohe Anfälligkeit für *T. caries* mit hoher Resistenz gegen mehrere *T. controversa*-Herkünfte gekoppelt auftritt, ist offenbar seltener, denn in den Gruppen 1 a und 1 b mit zusammen 18 Weizensorten ist nur die Sorte K 469 Stepniatschka 37 von *T. caries* mit 97 % stark befallen worden.

Tab. 27 b. Befall der anfälligen Vergleichssorten durch *T. controversa* und *T. caries*

Weizensorte	Trit. spec.	Prozent Höchstbefall bei							
		T. controversa						T. caries	
		1959 1*)	1960 2	1961 3	1961 4	1962 5	1963 6	1960 8	1961 9
Carstens W. W. VI	ae v	4	20	21	11	67	69	82	60
Erbachshofer Braun	ae v	6	12	18	10	52		98	75

\*) Erntejahr und Versuchsnummer.

Danach wäre häufiger mit einer höheren Pathogenität bei *T. controversa* im Unterschied zu *T. caries* zu rechnen. Eine Verallgemeinerung dieses Resultates ist jedoch nicht angängig, solange nicht mehrere *T. caries*-Herkünfte in einen Vergleich einbezogen werden können.

#### b. Anfälligkeit neuerer deutscher Weizensorten

Die Infektionsergebnisse mit diesen Sorten sind gesondert wiedergegeben, weil hierfür in Deutschland ein besonderes Interesse besteht.

Die erste Zusammenstellung (Tab. 28) enthält die neueren deutschen, meist amtlich anerkannten Winterweizen in alphabetischer Ordnung mit den höchsten Befallszahlen, die in den Versuchen Nr. 1/1959, Nr. 4/1960–61 und Nr. 5/1961 bis 1962 festgestellt worden sind.

Die Infektionsergebnisse aus den ersten beiden Versuchen erlauben wegen der allgemein niedrig liegenden Befallszahlen keine sichere Unterscheidung der Sorten nach ihrem Resistenzverhalten. Auffällig sind Abweichungen der Art, daß Sorten nach dem Ergebnis des ersten Versuches zum anfälligen Typ zu stellen wären, nach dem zweiten Versuchsergebnis dagegen zu den widerstandsfähigeren Sorten. Beispiele hierfür sind die Sorten Ackermanns Bayernkönig, Engelens Attila, Heines VII und Langs Weihestephaner Tassilo. Der umgekehrte Fall einer relativ hohen Anfälligkeit im zweiten Versuch gegenüber einer Widerstandsfähigkeit im ersten ist nicht aufgetreten, so daß es sich wahrscheinlich nicht um zufällige Schwankungen handelt. Es wird vermutet, daß das Abschneiden der Koleoptilspitzen nach Infektionsmethode I die Infektion bei einigen Sorten mehr als bei anderen begünstigt.

Nach dem Infektionsergebnis des dritten Versuches mit durchweg hohen Befallswerten hat keine der geprüften Sorten eine universelle Resistenz gegen *T. controversa* aufzuweisen. Es lassen sich lediglich einige Sorten bis zur Befallsgrenze von 40 % kranken Ähren, d. h. im Rahmen der bisher als mittlere Anfälligkeit bezeichneten Stufe herausstellen. In der Reihenfolge der Befallsstärke sind dies die Sorten H. S. Burgweizen, Graf Toerring II, Florian, Mauerner unbegrannt, Wahrberger Ruf, Marquardt II, Mauerner begrannter Dickkopf, Peragis und Felix sowie die Spelzsorten Steiners Roter Tiroler und Bauländer Spelz.

Die praktische Bedeutung dieser Eigenschaften bedarf weiterer Klärung unter möglichst verschiedenen Umweltverhältnissen wie unter Einbeziehung weiterer Zwergbrandherkünfte. Diesbezügliche bisherige Erfahrungen lassen die Sorte Graf Toerring II hier als am besten widerstandsfähig erscheinen. Die Sorte Florian ist dagegen einer Infektion durch die stark pathogene Herkunft 196 von *T. controversa* im Versuchsjahr 1962/63 bis zu 69 % kranken Ähren erlegen; gleichzeitig hat sie auf die Infektion mit der auch im Versuch Nr. 5/1961–62 benutzten Herkunft 226 mit einem Befall von 49 % reagiert. Die Sorte Wahrberger Ruf hat sich im Versuch 1962/63 mit dem Höchstbefall von 29 % unverändert anfällig gezeigt. Vergleichsmöglichkeiten für die anderen herausgestellten Sorten liegen noch nicht vor.

Im allgemeinen entsprechen diese Beobachtungen dem Ergebnis von Resistenzprüfungen, die in westdeutschen Weizenanbaugebieten von Wagner (1954, 1961 und 1964) und mit einem umfangreicheren Sortiment von Warmbrunn (1959) vorgenommen worden sind. Warmbrunn hat zunächst die Sorten H. S. Burgweizen, Graf Toerring II und Wahrberger Ruf ebenfalls als verhältnis-

Tab. 28. Anfälligkeit neuerer deutscher Winterweizensorten für *T. controversa*

Weizensorte	Versuchs-Nr. und Jahr		
	1 1959	4 1961	5 1962
Ackermanns Bayernkönig	20	2	62
Ackermanns Herold	6	6	52
Authari	11	13	58
Bauländer Spelz		8	39
Bayro		17	66
Breustedts Goten	9	5	48
Breustedts Werla	8	7	60
Breustedts Wika		(33)*	
Carstens Dickkopf V	6	4	57
Carstens Winterweizen VI	6	11	67
Carstens Winterweizen VIII	8	6	62
Condor	17	5	61
Criewener 192	8	8	50
Derenburger Silber	8	7	65
Dippes Sturm	16	9	48
Engelens Attila	32	2	62
Engelens Festa	12	3	59
Erbachshofer Braun	18	12	67
Felix		1	39
Firlbecks I	9	6	44
Flamingo	13	11	53
Florian		1	32
Format		18	61
Gebr. Dippes Triumph-W. W.		11	59
Gohls Winterweizen II	8	11	
Graf Toerring II	7	1	29
Hacon		8	54
Hauters II	19	5	61
Heges Basalt	8	3	44
Heges Früher	2	4	45
Heines II Neu			58
Heines IV	9	8	45
Heines VII	25	2	66
Hohenwetttersbacher Braun	21	15	55
Holzapfels Darwin	24	9	62
H. S. Burgweizen	2	3	27
Jura	24	9	65
Karat	5	5	48
Lang-Doerfl. Braunw. Walthari	21	7	55

Tab. 28. (Fortsetzung)

Weizensorte	Versuchs-Nr. und Jahr		
	1 1959	4 1961	5 1962
Langs Trubilo	29	6	69
Langs Weihensteph. Tassilo	16	1	51
Lohmanns Weender II	15	8	62
Lohmanns Weender III	17	7	59
Marquardt II	0	2	34
Marquardt III			42
Marquardts Fehmarn	2	10	41
Mauerner Begr. Dickkopf	1	5	35
Mauerner unbegrannt	12	2	32
Merlin	20	5	58
Messelstein		(9)*	(28)*
Nordost-Samland	8	2	72
Peragis	3	1	38
Pfeuffers Schernauer	4	14	63
Rimpaus Bastard II	16	6	66
Rimpaus Braun	17	3	65
Salzmünder Standard	17	9	50
Schweigers Taca	5	7	60
Siegerländer Neu			43
Stauderers Tarzan	37	30	66
Steiners Rot. Tiroler Dinkel		2	31
Strengs Marshall	17	10	65
Strubes Dickkopf II	19	4	60
Strubes Früh	15	12	62
Strubes General v. Stocken	9	13	44
Svalöfs Kronen	9	8	54
Wahrberger Ruf	3	2	33
Weique		1	46
Welkes Justa	2	3	51
Welkes Justa alt	11	5	67
Witiko	7	8	
Zapfs Neuzucht	3	8	43

\*) Werte entnommen aus Kap. IV, Versuch 4 u. 8.

mäßig widerstandsfähig bezeichnet und hierzu auch die Sorte Erbachshofer Braun gezählt, die hier als stärker anfällig befunden worden ist. Diese Sorte ist auch im Versuch von Wagner (1961) zu mehr als 50 % befallen worden. Wagner hat der Sorte Wahrberger Ruf mit mehr als 20 % kranken Ähren bestenfalls eine Teilresistenz zugesprochen und bei der Sorte Graf Toerring II durch die

Zwergbrandherkunft Hafenreut den relativ hohen Befall von etwa 30 % festgestellt.

Die schwankenden Infektionsergebnisse bei den deutschen Winterweizensorten lassen nach den bisherigen Erfahrungen eine klare Einstufung der Sorten nach

Tab. 29. Ergebnis der Infektion deutscher Sommerweizensorten mit *Tilletia caries* 1963

Weizensorten	% Befall
Arin	60
Breustedt 1749/52	27
Breustedt 3799/50	19
Carstens Sommerweizen	16
Densi	17
Endreß 0482/53	74
Endreß 9/54	40
Engelen 12/56	11
Fasan	31
Grano	37
Heines Koga II	18
Heines Peko	91
Kreh 12 449 K	7
Lera	21
Lichtis früher Höhen-SW.	30
Lichtis Sommerw. II	31
Lichti 5/55	19
Lichti 299/33	23
NOS Nordgau	22
NOS Norko	27
Opal	9
Peragis Garant	78
Probat	11
Rimpau 101	58
Rimpau 102	16
Roter Löwe	18
v. Rümker's Weihenst. Erli	76
Strube 3005	35
Wachtel	58
Wahrberger Onoldia	57

Resistenzgraden nicht zu. Bei weiteren Prüfungen wären die Sorten H. S. Burgweizen und Graf Toerring II aus der letztgenannten Versuchsreihe und womöglich einige mittelanfällige Sorten heranzuziehen, die für bestimmte Gebiete als anbauwürdig gelten.

Die Frage, ob etwa die amtlich zugelassenen deutschen Sommerweizensorten Resistenzeigenschaften gegen den Steinbrand zeigen, die für eine Einkreuzung



in Winterweizen in Betracht kommen könnten, hat zu einem Infektionsversuch mit dem fast vollständigen Sortiment dieser Sorten Anlaß gegeben. Dieser Versuch hat zunächst nur mit *T. caries* im Sommer 1963 vorgenommen werden können und das in Tab. 29 (S. 80) zusammengestellte Ergebnis gebracht. Bei allgemein gutem Infektionserfolg, der in der Sorte Heines Peko mit 91 % kranken Ähren den Höchstwert erreicht hat, sind den Sorten Kreh 12 449 K mit 7 % Befall und Opal mit 9 % Befall stärkere Resistenzeigenschaften zuzusprechen. Bei diesen beiden Sorten erscheint demnach eine Prüfung mit *T. controversa* angebracht.

### E. Schlußfolgerung aus den Untersuchungen über die pathogene Spezialisierung von *T. controversa* und das Resistenzverhalten der Weizensorten

Die Versuche haben gezeigt, daß sich die deutschen *T. controversa*-Herkünfte in ihren Pathogenitätsmerkmalen voneinander unterscheiden. Auf Grund der Befallsergebnisse ist kaum eine Herkunft mit der anderen völlig identisch. Die Möglichkeit des Nachweises der Rassendifferenzierung hängt dabei von der Anzahl der Testsorten ab, die zur Verfügung stehen, d. h. mehr oder weniger zufällig gefunden werden. Durch ausreichende Wiederholungen in der Versuchsanlage können auch kleinere Differenzen in der Pathogenität statistisch gesichert werden.

Wie weit in den dargelegten Versuchen eine Differenzierung der geprüften *T. controversa*-Herkünfte möglich war, vermittelt die Gesamtübersicht in Tab. 30. Hier sind alle mehrmals geprüften *T. controversa*-Herkünfte mit den Nummern der Versuche eingetragen, aus deren Ergebnis eine Unterscheidung von *T. controversa*-Herkünften nach Pathogenitätsmerkmalen angängig ist. Es bedeutet darin z. B. in der oberen waagerechten Spalte, daß sich die Herkunft 182 von den Herkünften 187, 203, 208, 210, 218, 234 und 235 im Versuch Nr. 3 (S. 41) durch eine geringere oder höhere Pathogenität unterschieden hat. Weitere Unterscheidungsmöglichkeiten der Herkunft 182 waren in den Versuchen Nr. 9 und 10 von den Herkünften 196, 203, 218, 226 und 227 gegeben (vgl. Tab. 20, S. 59). Auf diese Weise sind unter Zugrundelegung aller Vergleichsmöglichkeiten die übrigen Versuchsnummern eingetragen worden. Danach ergibt sich die Möglichkeit einer Unterscheidung der Herkünfte in folgende 8 Rassengruppen:

Gruppe 1: 182, 211, 220	voneinander nicht differenziert
Gruppe 2: 187, (208)	voneinander nicht differenziert
Gruppe 3: 196	von sämtlichen Herkünften differenziert
Gruppe 4: 203, 234	voneinander nicht differenziert
Gruppe 5: 210, (208)	voneinander nicht differenziert
Gruppe 6: 218, (208)	voneinander nicht differenziert
Gruppe 7: 226	von sämtlichen Herkünften differenziert
Gruppe 8: 227	von sämtlichen Herkünften differenziert.

Herkunft 208 ist in Klammern gesetzt worden, weil sie offensichtlich eine Zwischenstellung im geprüften Bereich einnimmt.

Diese Beobachtungen bestätigen für Deutschland die aus den USA bekannte große Variabilität der *Tilletia*-Arten (Fischer and Holton 1957, Holton 1959, Hoffmann u. Mitarb. 1962). Im Unterschied zu den Feststellungen aus den USA ist allerdings zu beachten, daß die größten Befallsdifferenzen in hiesigen



Versuchen hauptsächlich auf den mittel- bis hochanfälligen Weizensorten nachzuweisen waren. Aus einigen Versuchen geht jedoch hervor, daß die Resistenz der Sorte B 572 Martin C. I. 4463 mit den beiden dominanten Resistenzgenen M und M<sub>2</sub>, die zur klassischen Rassendifferenzierung in den USA herangezogen werden, durch die *T. controversa*-Herkunft 226 mit einem Befallsanstieg bis zu 19 % teilweise überwunden werden. Noch reicht diese Pathogenität nicht aus, um die Martin-Resistenzfaktoren zur Bedeutungslosigkeit zu verurteilen. Dennoch ist damit angedeutet, daß der Anbau von Martin-Sorten in Deutschland zur Selektion und Vermehrung der pathogenen Rassen führen kann. Der Befall von 9,7 % bei der Sorte Hussar C. I. 4843 mit den Resistenzgenen M und H durch die *T. controversa*-Herkunft 210 in Versuch Nr. 9 sowie der Befallsanstieg auf 93 % bei Selektion 1403 (S. 69) mit dem Resistenzfaktor der Sorte Hussar ist gleichfalls ein Zeichen für das Auftreten von Brandlinien mit besonderen pathogenen Leistungen. Andererseits haben sich in den Versuchen Nr. 9 und 10 (Tab. 21, S. 60) einige Weizensorten wie B 1301, B 5232, B 174, B 124, B 5168, K 912, D 153 und B 1137 gegen einige *T. controversa*-Herkünfte als hoch resistent erwiesen, obwohl sie unter denselben Bedingungen durch andere Herkünfte zu Befallszahlen über 40 % gelangten.

Eine starke pathogene Spezialisierung von *T. controversa* für resistente Weizensorten fehlt in Deutschland zweifellos, weil die hier angebauten Weizensorten keine spezialisierten Resistenzfaktoren besitzen und die Selektionswirkung der Sorten für besonders pathogene Brandlinien damit entfällt.

Dies kann aus amerikanischen Untersuchungen geschlossen werden, wonach Rassen mit hoher Pathogenität dort am meisten vorzufinden sind, wo brandresistente Sorten häufig angebaut werden (R o d e n h i s e r and H o l t o n 1945, H o l t o n 1959, P u r d y u. Mitarb. 1963).

Über die Geschwindigkeit, mit der neue Rassen in einer Population entstehen und sich vermehren, ist noch nichts bekannt. Kleinere Versuche besitzen nur begrenzte Aussagekraft. Beim Anbau einer resistenten Sorte in einem Befallsgebiet sind die Auslesemöglichkeiten aus einer unvergleichlich größeren Sporenmenge gegeben, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit für die Vermehrung geeigneter Varianten erhöht. Im Pazifischen Nordwesten der USA, dem Hauptschadensgebiet des Zwergsteinbrandpilzes, hat es über 20 Jahre gedauert, bis 1952 im Feld eine neue Rasse auffiel, die schweren Befall in Rex-Weizen verursachte. Dieser Weizen gehört zum Martin-Typ. Anschließend sind jedoch in Gewächshausversuchen mit Hilfe von 7 Testsorten bereits 8 verschiedene Zwergbrandrassen nachgewiesen worden (H o f f m a n n, K e n d r i c k and M e i n e r s 1962). Demnach scheint auch dort eine größere physiologische Differenzierung vorzuliegen als zunächst angenommen werden konnte. Aus diesen Feststellungen ist jedoch nicht herzuleiten, ob die Potenzen der Pathogenität aus einer Population stammen und nur vermehrt zu werden brauchen oder ob sie durch Mutation neu entstehen und bei Anwesenheit geeigneter Wirtspflanzen erhalten bleiben. In jedem Fall wird es einige Jahre dauern, bis sich neue Linien durchgesetzt haben und merklichen Ausfall verursachen. In Deutschland liegen die Verhältnisse wegen der noch üblichen Fruchtfolge günstiger als in den USA, wo bei ununterbrochenem Weizenanbau eine rasche Generationsfolge für *T. controversa* ermöglicht ist.

Aus den hiesigen Versuchsberichten geht hervor, daß einige USA-Weizensorten, die sich dort gegen mehrere Steinbrandrassen als widerstandsfähig erwiesen

Tab. 31. Resistenzverhalten amerikanischer Weizensorten mit bekannten Resistenzgenen

Typ	Resistenz		Gene	Höchster Befall in % (1959–63)	
	Sorte			<i>T. contr.</i>	<i>T. caries</i>
Martin	B 572	Martin C. I. 4463	M M <sub>2</sub>	19	2
	D 16	Martin (C. I.?)	(M M <sub>2</sub> )	20	1
	B 228	White Odessa C. I. 4655	M	35	2
	D 183	Selektion 50 077 C. I. 13 561	M <sub>2</sub>	92	
Hussar	B 5269	Hussar C. I. 4843	M H	9,7	0
	D 11	Hussar (C. I.?)	(M H)	32	0
	D 14	Relief (= Hussar × Turkey)		2	0
	D 184	Selektion 1403 C. I. 13 562	H	93	
Turkey	D 15	Turkey (C. I.?)	(TRXY)	33	4
	D 87	Oro	T	68	7
	D 80	Comanche C. I. 11 673	T	55	12
	D 85	Nebred C. I. 10 094		47	
	D 185	Orin C. I. 12 687	T oder R	35	
Ridit	D 13	Ridit	multipel	16	0
	D 10	Cache (Ridit × Utah Kanred)		25	0
Martin + Turkey	D 188	Omar C. I. 13 072	T M	0	

haben, wiederholt Infektionen durch deutsche Herkünfte von *T. controversa* wie von *T. caries* erlitten haben. Die Resistenzeigenschaften dieser Sorten und ihre genetische Grundlage sind in USA mehrere Jahre hindurch gegenüber den normalen Steinbrandarten *T. caries* und *T. foetida* untersucht und zusammenfassend von H o l t o n (1959) dargestellt worden. Nach der von H o f f m a n n u. Mitarb. (1962) vorgeschlagenen Klassifizierung der amerikanischen Zwergbrandrassen ist anzunehmen, daß die gleichen Faktoren, die Resistenz gegen die verschiedenen Rassen der normalen Steinbrandarten verleihen, auch gegen *T. controversa* wirksam sind (P u r d y u. Mitarb. 1963). Die hier benutzten Weizensorten der amerikanischen Resistenztypen enthalten die in Tab. 31 eingetragenen Gene; dazu sind die nach Infektionen mit hiesigen Herkünften von *T. controversa* und *T. caries* in verschiedenen Versuchen der Jahre 1959–1964 festgestellten höchsten Befallszahlen angegeben. Nach diesen Befunden haben sich die Resistenzgene gegen die beiden Brandarten nicht in gleichem Maße ausgewirkt. Bei sämtlichen Weizen-

sorten ist eine größere Widerstandsfähigkeit gegen *T. caries* als gegen *T. controversa* zu verzeichnen, wobei die Turkey-Sorten am wenigsten günstig abgeschnitten haben. Da die *T. caries*-Infektionen hier nur mit wenigen Herkünften vorgenommen werden konnten, kann aus dem vorliegenden Befund nicht bereits eine allgemein höhere Pathogenität des Zwergbrandregers hergeleitet werden.

Gegenüber den *T. controversa*-Herkünften ist die Widerstandsfähigkeit mit Ausnahme der Hussar-Sorte D 14 Relief und der Sorte D 188 Omar, die Martin- und Turkey-Resistenz in sich vereinigt, allgemein unzulänglich. Hierzu ist hinzuweisen auf die letzte Mitteilung von Wagner (1964), nach der die amerikanischen Sorten Burt, Gaines, Omar und Westmont in zweijährigen Versuchen ausgezeichnete Resistenzeigenschaften gegen eine deutsche Zwergbrandherkunft gezeigt haben. Omar besitzt Martin- und Turkey-Resistenzfaktoren, die in der vorliegenden Kombination zwar hohe Resistenz bedingten, einzeln aber teilweise überwunden werden konnten. Es bleibt daher abzuwarten, ob nicht eine gewisse Anfälligkeit gegenüber anderen hiesigen Zwergbrandrassen besteht.

Neuerdings sind aus den USA Sorten bekannt geworden, die von allen dort geprüften *T. controversa*-Rassen nicht oder nur sehr schwach befallen werden konnten (Kendrick and Hoffmann 1963). Es sind dies die *Triticum aestivum*-Weizen mit den Nummern P. I. 167 556, P. I. 173 437, Requa C. I. 11 554 und SH 191 (Blue, *Tr. aestivum* × *Agropyron elongatum*). Diese Sorten versprechen nach dem Pathogenitätsvergleich der amerikanischen Zwergbrandrassen und der deutschen Zwergbrandherkünfte sehr gute Resistenzeigenschaften. Da es sich durchweg um primitivere Sorten handelt, stehen der Züchtung jedoch noch langwierige Arbeiten bevor.

Es erhebt sich im Anschluß an diese Beobachtungen die Frage, bis zu welchem Grade eine Rassenspezialisierung der Schadenserreger erforscht werden soll. Hierbei darf nicht übersehen werden, daß die Überprüfung einer pathogenen Spezialisierung in den meisten Fällen bis zu einem gewissen Grade unbefriedigend bleiben muß, weil die Mannigfaltigkeit von Pathogenitätsgenen, mit der in einem größeren Verbreitungsgebiet eines Schadenserregers gerechnet werden muß, niemals im Rahmen gleichartiger und gleichzeitiger Untersuchungen vollständig zu erfassen ist. Die Feststellung und Identifizierung der physiologischen Rassen wird sich daher jeweils auf einen Bereich zu beschränken haben, der durch Abwehreigenschaften bzw. Resistenzgene bestimmter Wirtspflanzensorten vorgezeichnet ist. Die Reichweite solcher Resistenzgene wird vor Beginn jeder Züchtungsarbeit klarzustellen sein. Der Anbau von auf diesem Wege erarbeiteten resistenten Kulturpflanzensorten wird früher oder später wieder zur Selektion neuer aggressiver Rassen der Schadenserreger führen und die Bemühungen der Züchtung zunichte machen. Es ist Aufgabe der Phytopathologie, diese Entwicklung ständig und möglichst vollständig zu verfolgen, um der Züchtung im Wettlauf mit der Rassenbildung einen wirtschaftlichen Vorsprung zu erhalten (vgl. G ä u m a n n 1951).

## V. Ausblick

Nach den morphologischen und biologischen Untersuchungen sind die deutschen *T. caries*- und *T. controversa*-Herkünfte als Arten gut charakterisiert. Auch lassen die aus anderen europäischen Ländern und aus den USA vorgelegten Beobachtungen nach den morphologischen Merkmalen der Sporensammlungen keinen Zweifel

an der Zweckmäßigkeit dieser meist benutzten alten Artentrennung, wie sie zuletzt von Duran und Fischer (1961) in einer Monographie der *Tilletia*-Arten vorgeschlagen wurde. Die in den eigenen Sammlungen fehlenden Zwischenformen von *T. caries* und *T. controversa* schließen das Vorkommen solcher Rassen in anderen Ländern nicht aus. Sicherlich ist mit gewissen Unterschieden im biologischen Verhalten wie z. B. in den Keimungseigenschaften morphologisch gleicher und zu einer Art gestellter Herkünfte aus verschiedenen Ländern zu rechnen. So weisen Fischer und Holton (1957) ausdrücklich darauf hin, daß amerikanische Zwergbrandherkünfte auch ohne Lichteinwirkung keimen, eine Eigenschaft, die bei deutschen Herkünften noch nicht zu beobachten war. Ferner muß an die Existenz ökologischer Rassen bei beiden *Tilletia*-Arten gedacht werden, wenn man diese Möglichkeit aus der bekannten großen Variabilität der Brandsporen in allen faßbaren und bisher untersuchten Merkmalen herleitet. Solche dem Standort angepaßte Rassen, mit denen auch innerhalb Deutschlands zu rechnen ist, lassen am Versuchsort außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes ihr Infektionsvermögen unter Umständen nicht voll erkennen, weil die am natürlichen Standort gegebenen Infektionsbedingungen in der dort vorhandenen Vielfalt im Versuch nicht künstlich geschaffen werden können. Man wird daher zur Feststellung ökologischer Rassen vergleichende Untersuchungen in den Befallsgebieten anzusetzen haben. Das gilt in gleichem Maße für das Resistenzverhalten, insbesondere der mittelanfälligen Weizensorten, das durch Umweltbedingungen stärker modifiziert werden kann.

Die vorgelegten Untersuchungen haben zeigen können, daß das Auftreten neuer pathogener Zwergbrandrassen in Deutschland beim Anbau resistenter Weizensorten erwartet werden kann. Für die Züchter wird es deshalb notwendig sein, die Rassenbildung in den Befallsgebieten ständig weiter zu verfolgen.

Noch bedarf der Ursprung neuer pathogener Rassen der Aufklärung. In Frage steht, wie weit die Anlagen zur Ausbildung und Entwicklung neuer Rassen in Genreservoir einer Population schon enthalten sind und durch geeignete Selektion nur vermehrt und neu kombiniert zu werden brauchen, ferner in welchem Umfang Mutationen zur Neubildung von Rassen führen können. Die große Variationsbreite der Brandpilze deutet wohl an, daß eine unübersehbare Fülle von Anlagen in einer Population ständig enthalten ist, die nach jüngeren Beobachtungen (Holton 1954, Holton and Kendrick 1956, Silbernagel 1961, 1962, Metzger and Trione 1962) sich entmischen und fast beliebig neu kombinieren, wodurch bisher unbekannt pathogene Rassen sogar experimentell erzeugt werden können.

Demnach steht die Resistenzzüchtung in Deutschland vor denselben schwierigen Aufgaben wie sie z. B. aus den USA bekannt sind. Es erhebt sich in Anbetracht der erfolgreichen Bemühungen, den Zwergsteinbrand auch mit Hilfe chlorierter Benzole als Beizmittel niederzuhalten (Böning u. Mitarb. 1953, Wagner 1955, 1963, 1964, Holton 1957 a, b, Warmbrunn 1960, 1963, Lit. Zusammenfassg. bei Purdy u. Mitarb. 1963), die Frage, ob die kosten- und zeitaufwendigen Anstrengungen für die Resistenzzüchtung hier gerechtfertigt sind. Die Veröffentlichungen zeigen indessen, daß die genannten Saatgutbeizmittel nicht in allen Jahren voll wirksam sind. Das ist offenbar dann der Fall, wenn die Infektionen zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, zu dem die Beizmittel ihre

Wirksamkeit erschöpft haben (vgl. Schumann 1955, Wagner 1964). In solchen Fällen behält der Anbau resistenter Sorten seine Bedeutung. Dabei ist auch denkbar, daß teilresistente Sorten in Verbindung mit der Saatgutbehandlung voll befriedigen, falls die Resistenz dieser Sorten im vorgeschrittenen Entwicklungsstadium, in dem die Wirkung der Chemikalien bereits abgeklungen ist, wirksam wird oder bleibt. Es fehlen hierzu noch Untersuchungen über das Resistenzverhalten in Abhängigkeit vom Alter der Weizensorten, um eine sinnvolle Auswahl teilresistenter Sorten in Verbindung mit der Saatgutbehandlung treffen zu können. Wie die Geschichte der Phytopathologie zeigt, wird es auch im vorliegenden Falle also zweckmäßig sein, beide Wege zur Niederhaltung der Krankheit offen zu halten und zu verfolgen.

## VI. Zusammenfassung

Hauptziel der Untersuchungen war die Klärung der pathogenen Spezialisierung deutscher Zwergbrandherkünfte (*Tilletia controversa*) in Verbindung mit dem Resistenzverhalten von Weizensorten. Die Rassenbildung von *Tilletia caries* wurde dabei vornehmlich in Richtung möglicher Zwischenformen zu *Tilletia controversa* verfolgt.

Die mikroskopische Untersuchung der Brandsporen von 26 *T. caries*-Herkünften und 60 *T. controversa*-Herkünften erlaubte eine sichere Artenabgrenzung. Zwischenformen, die auf das Vorkommen morphologischer Rassen hinweisen, waren nicht nachzuweisen.

Die Keimschnelligkeit von 10 *T. caries*-Herkünften auf geschlämmtem Boden bei 10° C, gekennzeichnet durch den makroskopisch sichtbaren Keimungsbeginn, schwankte bei sonst optimalen Keimungsbedingungen zwischen 6 und 7,4 Tagen. Diese geringen Unterschiede waren als Rassenmerkmale nicht ausreichend. Zwar unterschieden sich die Sporen einzelner Brandbutten oder Brandähren durch die Keimschnelligkeit im Bereich von 5–10 Tagen; doch bis zur F<sub>2</sub>-Generation hatten sich solche Unterschiede vermutlich infolge des Selektionsdruckes, der durch die Anfälligkeit der Weizenpflanzen im frühen Keimlingsstadium gegeben ist, fast ausgeglichen. Die Durchschnittswerte pendelten wieder auf Zeiten zwischen 6 und 6,9 Tagen ein.

Bei Bodenverseuchung mit Brandähren von *T. caries*-Herkünften blieb ein kleiner Teil der Brandsporen nach zweimaliger Überwinterung noch infektiös-fähig. Die Nachkommenschaft dieser Sporen zeigte das für *T. caries* typische Keimverhalten.

Mit 16 *T. caries*-Herkünften, zum Teil aus Brandbutten- oder Brandährenvermehrungen, konnten nach ihrer Pathogenität auf 12 mittel- bis hochanfälligen Weizensorten drei Rassengruppen aufgezeigt werden. In einem Feldversuch mit *T. caries* erkrankten 30 neuere deutsche Sommerweizensorten von 7–91 %. Am widerstandsfähigsten waren die Sorten Kreh 12 449 K und Opal mit 7 und 9 % kranken Ähren.

Die untersuchten deutschen Zwergbrandherkünfte zeigten in sechsjährigen Versuchen solche Pathogenitätsunterschiede, daß volle Übereinstimmung zweier oder mehrerer Herkünfte nicht zu belegen war. Mit Hilfe einiger meist mittelanfälliger Testsorten ließen sich indessen aus 12 in mehrfachen Versuchen ausgelesenen Herkünften von *T. controversa* 8 Rassengruppen bilden. Bei einigen Herkünften

fürte die Selektionswirkung der Weizensorten zu einer Steigerung der Pathogenität.

Nach dem Infektionsergebnis auf Carstens Winterroggen konnte keine der hierbei eingesetzten 59 Zwergbrandherkünfte als besonders pathogen auf Roggen bezeichnet werden. Eine unterschiedliche Anfälligkeit von 15 deutschen Winterroggensorten gegenüber *T. controversa* war in Feldversuchen nicht festzustellen; der Höchstbefall betrug 5 %. — Für 12 deutsche Wintergerstensorten war *T. controversa* nicht pathogen.

Das Resistenzverhalten von 2495 Weizensorten gegen *T. controversa* und von 1620 Weizensorten gegen *T. caries* ist in den Jahren 1959 bis 1963 untersucht worden, wobei nicht sämtliche Sorten in jedem Versuchsjahr ausgebracht werden konnten. In mindestens dreijährigen Prüfungen mit mehreren *T. controversa*-Herkünften haben die Sorten B 756 *Aegilops* Thaouard, B 5716 *Triticum aegilopoides boeoticum*, B 5714 *T. monococcum* Thaouard, K 503 Einkorn von Gliemarode und P. I. 178 383 (*T. aestivum*) Erkrankung zwischen 0 und 0,4 % gezeigt. *T. caries* hat nur auf B 756 1,4 % Brandähren hervorgerufen; die übrigen Sorten blieben befallsfrei. In denselben Prüfungen erkrankten 13 Sorten durch *T. controversa* zu 1–10 % und 15 Sorten zu 11–20 %. — Aus in der Regel nur zweijährigen oder einmaligen Versuchsansätzen waren weitere 66 Weizensorten mit Befallszahlen von 0–10 % durch *T. controversa* und zugleich 31 andere Sorten mit Befallszahlen von 10–20 % herauszustellen und damit hinsichtlich der Resistenz gegen den Zwergbrand beachtenswert. Das Resistenzverhalten dieser Weizensorten gegen *T. controversa* deckte sich nicht immer mit demjenigen gegen *T. caries*. — In diesen Versuchsreihen sind 71 neuere deutsche Weizensorten durch *T. controversa* zu 27–72 % der Ähren erkrankt. Darunter sind als Sorten mit mittlerer Anfälligkeit, d. h. mit Befallszahlen von höchstens 40 % Brandähren, in der Reihenfolge bis dahin zunehmender Befallsstärken zu betrachten: II. S. Burgweizen, Graf Toerring II, Florian, Mauerner unbegrannt, Wahrberger Ruf, Marquardt II, Mauerner begrannter Dickkopf, Peragis und Felix sowie die Spelzsorten Steiners Roter Tiroler und Bauländer Spelz.

Hiesige *T. controversa*-Herkünfte haben auf einigen amerikanischen Weizensorten, welche Träger der durch Großbuchstaben hinter den Namen in Klammern angegebenen bekannten Resistenzgene sind, die folgenden Befallswerte erreicht: Martin C. I. 4463 (M M<sub>2</sub>) bis zu 19 %, White Odessa C. I. 4655 (M) bis zu 35 %, Selektion 50 077 C. I. 13 561 (M<sub>2</sub>) bis zu 92 %, Selektion 1403 C. I. 13 562 (H) bis zu 93 %, Turkey (TRXY) bis zu 33 %, Comanche C. I. 11 673 (T) bis zu 55 %, Ridit (multipel) bis zu 16 % und Hussar C. I. 4843 (MH) bis zu 9,7 %. Befallsfrei blieb dagegen die Sorte Omar C. I. 13 072 (TM).

## VII. Literatur

- A c b i, H., La carie naine du froment. Aspect actuel du problème en Suisse. Rev. rom. Agric. Vitic., Arboric. 2. 1955, 65–68.
- , Zur Frage des Wirtsspektrums des Zwergbrandes. Bayer. landw. Jahrb. 34. Sonderheft 2, 1957, 8–14.
- B a c h t h a l e r, Zwergsteinbrandaufreten 1958 in Niederbayern. Pflanzenschutz, München, 10, 1958, 103–104.
- B a y l e s, B. B., Influence of environment during maturation on the disease reaction and yield of wheat and barley. J. agric. Res. 53, 1936, 717–748.



- , and Clark, J. A., Classification of wheat varieties grown in the United States in 1949. USDA Techn. Bull. No. 1083. 1954.
- Baylis, R. J., Studies of *Tilletia controversa*, the cause of dwarf bunt of winter wheat. *Canad. J. Bot.* 36, 1958, 17–32.
- Böning, K., Zur Frage der Wirksamkeit der Beizmittel gegen verschiedene Herkünfte des Weizensteinbrandes. *Ztschr. Pfl.bau, -schutz* 5, 1954 a, 177–186.
- , Findet eine Infektion durch Zwergbrand auch noch nach Winter statt? *Ztschr. Pfl.bau, -schutz* 5, 1954 b, 187–188.
- , Infektion von Roggen mit Zwergbrand des Weizens unter gewöhnlichen Freilandverhältnissen. *Ztschr. Pfl.bau, -schutz* 6, 1955, 225–228.
- , Läßt sich der Zwergbrand auf Grund der Halmverkürzung und Sporenform erkennen oder gibt es Übergangsformen zwischen *Tilletia tritici* und *T. controversa*? *Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz*, München, 53, 1958 a, 219–222.
- , Ergebnisse von Untersuchungen an Herbarmaterial von auf Getreide und Gräsern vorkommenden Steinbrandarten. *Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz*, München, 53, 1958 b, 222–224.
- , Können die Sporen des Zwergbrandes längere Zeit im Boden überdauern? Vortrag Hauptvers. Arbeitsgemeinschaft. Krankheitsbek., Resistenzzüchtg. bei Getreide und Hülsenfrüchten, Gießen 27, 1959, 11.
- , Wagner, F., und v. Minckwitz, A., Untersuchungen zur Keimungsbiologie und Beizung der Sporen des Zwergbrandes an Weizen. *Ztschr. Pfl.bau, -schutz* 4, 1953, 49–71.
- Bonne, C., Untersuchungen über den Steinbrand des Weizens. *Angew. Bot.* 13, 1931, 169–239.
- Boß, G., Beiträge zur Zytologie der Ustilagineen. *Planta* 3, 1927, 597–627.
- Brefeld, O., Botanische Untersuchungen über Hefenpilze, V. Heft: Die Brandpilze I, mit besonderer Berücksichtigung der Brandkrankheiten des Getreides. Leipzig 1883, 228 S.
- Bremer, H., Karel, G., Biyikoğlu, K., Göksel, N., und Petrak, F., Beiträge zur Kenntnis der parasitischen Pilze der Türkei. *Rev. fac. sci. univ. d'Istanbul, Sér. B*, 17, 1952, 161–181.
- Christensen, J. J., and Rodenhiser, H. A., Physiologic specialization and genetics of the smut fungi. *Bot. Rev., Lancaster*, 6, 1940, 389–425.
- Conners, I. L., The organism causing dwarf bunt of wheat. *Canad. J. Bot.* 32, 1954, 426–431.
- Crépin, C., Bustarret, J., et Chevalier, R., Le problème de la création des blés résistants à la carie. *Ann. Epiphyties, Paris, N. S.* 3, 1937, 323–439.
- Dastur, J. F., Cytology of *Tilletia tritici* (Bjerk.) Winter. *Ann. Bot., London, n. ser.* 35, 1921, 399–407.
- Dillon Weston, W. A. R., The relative resistance of some wheat varieties to *Tilletia caries* (DC.) Tul. (= *T. tritici* [Bjerk.] Wint.). *Ann. appl. Biol.* 19, 1932, 35–54.
- , Field observations on some cereal diseases and their control. In: *Proceedings (Phytopathological meeting 17. 4. 1941, Cambridge)*. *Trans. brit. mycol. Soc.* 25, 1941, 216–218.
- Duran, R., and Fischer, G. W., The genus *Tilletia*. Washington State University 1961.
- Fischer, G. W., and Duran, R., Some new distribution and early incidence records of dwarf bunt of wheat and rye. *Res. Stud. St. Coll. Washington* 24, 1956, 267–274.
- , and Holton, C. S., Biology and control of the smut fungi. New York 1957.

- Fittschen, H. H., Weitere Beiträge zur Züchtung steinbrandresistenter Weizensorten. *Phytopath. Ztschr.* 22, 1954 b, 109–124.
- Gassner, G., Untersuchungen über Keimgeschwindigkeit und Infektionsvermögen verschiedener Stämme von *Tilletia foetens* und *Tilletia tritici*. *Phytopath. Ztschr.* 11, 1938 a, 489–516.
- , Über Auftreten und Verbreitung von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* in der Türkei. *Phytopath. Ztschr.* 11, 1938 b, 469–488.
- , und Niemann, E., Untersuchungen über die Temperatur- und Lichtabhängigkeit der Sporenkeimung verschiedener *Tilletia*-Arten. *Phytopath. Ztschr.* 21, 1954 a, 367–394.
- , —, Über die Infektion von Weizen und Roggen durch verschiedene *Tilletia*-Arten. *Phytopath. Ztschr.* 22, 1954 b, 109–124.
- Gassner, G. G., Untersuchungen über Keimungsbedingungen und Bekämpfungsmöglichkeiten beim Zwergsteinbrand (*Tilletia brevifaciens*) im Laboratorium. *Phytopath. Ztschr.* 21, 1953, 53–62.
- Gäumann, E., Pflanzliche Infektionslehre. Basel, 2. Aufl. 1951, 681 S.
- Hanna, W. F., and Popp, E., The overwintering of bunt spores in Western Canada. *Sci. Agric. Ottawa*, 13, 1933, 636–637.
- , —, Bunt infection of spring wheat by soil-borne spores. *Sci. Agric. Ottawa*, 14, 1934, 257–258.
- Härle, A., Die wichtigsten Krankheiten und Schädlinge an Kulturpflanzen im Jahre 1951 im Bereich der Bundesrepublik Deutschland. *Nachr.bl. dtsh. Pflschutzd., Braunschweig*, 6, 1954, 150–158.
- Hassebrauk, K., Uredinales. In: Sorauer, P., *Handbuch der Pflanzenkrankh.* Bd. III, 6. Aufl., 4. Lieferg., Berlin, Hamburg, 1962.
- Hoffmann, J. A., Kendrick, E. L., and Meiners, J. P., Pathogenic races of *Tilletia controversa* in the Pacific Northwest. *Phytopathology* 52, 1962, 1153–1157.
- Holton, C. S., A new pathogenically distinct race derived from a cross between *Tilletia tritici* and *T. levis*. *Phytopathology* 28, 1938 a, 371–372.
- , A simple method of inoculating wheat seedlings with paired monosporidial lines of *Tilletia tritici* and *T. levis*. *Phytopathology* 28, 1938 b, 518–520.
- , Host selectivity as a factor in the establishment of physiologic races of *Tilletia caries* and *T. foetida* produced by hybridization. *Phytopathology* 37, 1947, 817–821.
- , Physiologic specialization and genetics of the smut fungi II. *Bot. Rev., Lancaster*, 19, 1953, 187–208.
- , Natural hybridization between common and dwarf bunt as related to the problem of delimitation of species of *Tilletia* occurring on wheat. *Phytopathology* 44, 1954, 493 (Abstr.)
- , Wheat smut control in the Pacific Northwest. *Agric. Chem., Baltimore*, 12 (7), 1957 a, 42–43, 95.
- , Control of wheat smut in the Pacific Northwest. *Agric. Chem., Baltimore*, 12 (8), 1957 b, 35–36, 97.
- , Genetic controls of host-parasite interactions in smut diseases. In: *Plant Pathology, Problems and Progress 1908–1958*, Madison 1959.
- , and Heald, F. D., Studies on the control and other aspects of bunt of wheat. *Washington agric. Exp. Stat. Bull.* 339, 1936, 35 S.
- , and Kendrick, E. L., Problems in the delimitation of species of *Tilletia* occurring on wheat. *Res. Stud. St. Coll. Washington* 24, 1956, 318–325.

- , and Suneson, C. A., Wheat varietal reaction to dwarf bunt in the western wheat region of the United States. *J. amer. Soc. Agron.* 35, 1943, 579–583.
- , and Vogel, O. A., Evidence of pathogenic specialization in dwarf bunt of winter wheat in the Pacific Northwest. *Plant Dis. Repr.* 36, 1952, 434.
- Hulea, A., Speciale de *Tilletia* care produc mälura gränlui (The species of *Tilletia* causing wheat bunt). *Publ. Inst. Cerc. agron. Romänici* 99, 1947, 178 S.
- Jensen, N. F., and Tyler, L. J., The direct test for dwarf bunt in wheat. *Agron. J.*, Washington, 48, 1956, 191–192.
- Kanzler, K., Untersuchungen über die Verbreitung des Zwergsteinbrandes (*Tilletia controversa* Kühn) in Bayern und Bekämpfungsmaßnahmen. *Bayer. landw. Jahrb.* 35, 1958, 454–492.
- Keding, F., Ergebnisse der Untersuchung des Saatweizens auf Steinbrandbefall 1951 und 1952 – ein Vergleich. *Pflanzenschutz*, München, 5, 1953, 67–69.
- Kendrick, E. L., Race groups of *Tilletia caries* and *Tilletia foetida* for varietal-resistance testing. *Phytopathology* 51, 1961, 537–540.
- , and Hoffmann, J. A., Reactions of wheat varieties and selections to pathogenic races of *Tilletia controversa*. *Plant Dis. Repr.* 47, 1963, 736–738.
- , and Holton, C. S., Racial population dynamics in *Tilletia caries* and *T. foetida* as influenced by wheat varietal populations in the Pacific Northwest. *Plant Dis. Repr.* 45, 1961, 5–9.
- Kirchner, H. A., Die Bedeutung der Nachbehandlung gebeizten Getreides für das Auftreten des Steinbrandes. *Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd.*, Berlin, N. F. 7, 1953, 155–156.
- Klemm, M., Schadengebiete des Weizensteinbrandes (*Tilletia tritici* [Bjerk.] Winter) in Deutschland. *Forschungsdienst* 9, 1940, 183–191.
- , Masurat, G., und Stephan, S., Das Auftreten der wichtigsten Krankheiten und Schädlinge der Kulturpflanzen im Jahre 1952 im Bereich der Deutschen Demokratischen Republik. *Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd.*, Berlin, N. F. 10, 1956, 61–93.
- Krause, A., Über Weizenbrand und Weizensorten. *Wiener landw. Ztg.* 82, 1932, 258–259.
- Kühn, J., Die Krankheiten der Kulturgewächse, ihre Ursachen und ihre Verhütung. 2. Aufl. Berlin 1859.
- , In: Rabenhorst, *Fungi Europaei*. *Hedwigia* 13, 1874, 188–189.
- , Der Weizensteinbrand, seine Formen und seine spezifische Verschiedenheit von den Steinbrandarten wildwachsender Gräser. *Hedwigia* 14, 1875, 93–96, 106–109.
- Lowther, C. V., Low temperature as a factor in the germination of dwarf bunt chlamydospores. *Phytopathology* 38, 1948, 309–310.
- , Chlamydospore germination in physiologic races of *Tilletia caries* and *Tilletia foetida*. *Phytopathology* 40, 1950, 590–603.
- Malmus, N., Zur Bekämpfung des Weizensteinbrandes. *Wochenbl. Landesbauernsch.* Bayreuth, 4, 1942, 771–772.
- McAlpine, D., The smuts of Australia, their structure, life history, treatment, and classification. Melbourne 1910, 288 S.
- Meiners, J. P., Methods of infecting wheat with the dwarf bunt fungus. *Phytopathology* 49, 1959, 4–8.
- , and Hardison, J. R., New host records for dwarf bunt in the Pacific Northwest. II. *Plant Dis. Repr.* 41, 1957, 983–985.
- , Kendrick, E. L., and Holton, C. S., Depth of seeding as a factor in the incidence of dwarf bunt and its possible relationship to spore germination on or near the soil surface. *Plant Dis. Repr.* 40, 1956, 242–243.

- , and Waldher, J. T., Factors affecting spore germination of twelve species of *Tilletia* from cereals and grasses. *Phytopathology* 49, 1959, 724—728.
- Metzger, R. J., and Trione, E. J., Application of the gene-for-gene relationship hypothesis to the *Triticum-Tilletia* system. *Phytopathology* 52, 1962, 363 (Abstr.).
- , Rhode, C. R., and Trione, E. J., Inheritance of resistance to common bunt, *Tilletia caries*, in a cross of P. I. 178 383 × Elgin wheat. *Phytopathology* 52, 1962, 743 (Abstr.).
- v. Minckwitz, A., Beobachtungen anlässlich des Wiederauftretens von Zwergbrand an Roggen. *Pflanzenschutz*, München 10, 1958, 104—106.
- Mudra, A., Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin und Hamburg 1958.
- Müller, H., Ergebnisse von Versuchen über verschiedene Herkünfte von Weizensteinbrand. *Ztschr. Pfl.bau, -schutz* 5, 1954, 173—176.
- , und Schuhmann, G., 1954: Untersuchungen über die Ursachen von Beizfehlschlägen bei der Bekämpfung des Weizensteinbrandes (*Tilletia tritici* [Bjerk.] Winter). *Phytopath. Ztschr.* 22, 1954, 305—326.
- Niemann, E., Methodik der künstlichen Infektion mit Zwergbrand und Roggensteinbrand. *Ztschr. Pfl.bau, -schutz* 6, 1955, 217—225.
- , Taxonomic und Keimungsphysiologie der *Tilletia*-Arten von Getreide und Wildgräsern. *Phytopath. Ztschr.* 28, 1957, 113—166.
- Noulard, L., Recherches sur la carie du froment, *Tilletia tritici* Berk. Troisième note. *Parasitica* 15, 1959, 82—88.
- Pichler, F., Weizensteinbrandbekämpfung ein Problem! *Pflanzenarzt*, Wien, 3, 1950 a, 3—4.
- , Über Roggensteinbrand (*Tilletia tritici* f. sp. *secalis*). *Pflanzenschutzberichte*, Wien, 5, 1950 b, 273—286.
- , Über das heurige Auftreten von Roggensteinbrand in Österreich. *Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz*, München, 53, 1958, 217—219.
- Podhradský, J., Zwei physiologische Formen des Weizensteinbrandes in Ungarn (I). In: *Omăgiu lui T. Săvulescu*, 1959, 601—610.
- Prévost, B., Mémoire sur la cause immédiate de la carie ou charbon des blés. Paris, 1807.
- Purdy, L. H., Differential response of dwarf bunt to seed and soil surface treatment with hexachlorbenzene. *Plant Dis. Repr.* 41, 1957, 916—918.
- , Kendrick, E. L., Hoffmann, J. A., and Holton, C. S., Dwarf bunt of wheat. *Ann. Rev. Microbiol.* 17, 1963, 199—222.
- Rademacher, B., Übersicht über die resistenten deutschen Zuchtsorten der wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturgewächse. *Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd.*, Braunschweig, 1, 1947, 81—87.
- , Gegen den Weizensteinbrand. *Umschau* 51, 1951, 602.
- Rădulescu, E.: Modifikation der Resistenz gegenüber *Tilletia foetida* (Bauer) Liro und *Ustilago tritici* (Pers.) Jens. in Verbindung mit der Ernte des Weizens in verschiedenen Reifephasen. Vortrag IV. *Int. Pfl.schutz-Kongr. Hamburg* 1957.
- Rodenhiser, H. A., and Holton, C. S., Distribution of races of *Tilletia caries* and *T. foetida* and their relative virulence on certain varieties and selections of wheat. *Phytopathology* 35, 1945, 955—969.
- , and Quisenberry, K. S., Bunt reaction of some varieties of hard red winter wheat. *J. amer. Soc. Agron.* 30, 1938, 484—492.

- Röder, K., Über eine Infektionsmethode und die Bekämpfung des Weizen-Zwergsteinbrandes (*Tilletia tritici nanifica* = *Tilletia brevifaciens*). (Vorläufige Mitteilung.) Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig, 5, 1953, 140—141.
- Roemer, Th., Gibt es biologische Typen von Steinbrand (*Tilletia tritici*) des Weizens? Kühn-Archiv 19, 1928, 1—10.
- , und Bartholly, R., Die Aggressivität verschiedener „Steinbrandherkünfte“ (*Tilletia tritici* [Bjerk.] Wint.) und ihre Veränderung durch die Wirtssorte. Phytopath. Ztschr. 6, 1933, 469—506.
- Sartoris, G. B., Studies in the life history and physiology of certain smuts. Amer. J. Bot. 11, 1924, 617—647.
- Săvulescu, T., Die physiologischen Rassen von *Tilletia foetida* (Bauer) Liro und die den Steinbrand hervorrufenden *Tilletia*-Arten in der Rumänischen Volksrepublik. Phytopath. Ztschr. 25, 1956, 267—310.
- , Hulea, A., și Stănescu, A., Das Vorkommen und die Verbreitung der in Rumänien den Weizenstinkbrand hervorbringenden *Tilletia*-Arten. Phytopath. Ztschr. 14, 1942, 148—187.
- Schuhmann, G., Weitere Beobachtungen über den Einfluß von Umweltbedingungen auf die Wirkung von Beizmitteln bei der Steinbrandbekämpfung. Ztschr. Pfl.bau, -schutz 6, 1955, 194—204.
- , Vorversuche zum Auftreten physiologischer Rassen des Weizensteinbrandes (*Tilletia tritici* [Bjerk.] Winter). Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz, München, 53, 1958 a, 215—217.
- , Beitrag zur Anlage von *Tilletia*-Kulturen. Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz, München 53, 1958 b, 231—237.
- , Weitere Untersuchungen zur Rassenspezialisierung des Zwergsteinbrandes und Ergebnisse der Resistenzprüfung. Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz, München, 55, 1960, 56—59.
- , Künstliche Infektion von Roggensorten und Gräsern mit Zwergsteinbrand. Bayer. landw. Jahrb. 38, 1961 a, 997—999.
- , Ein neues Infektionsverfahren mit Zwergsteinbrand. Bayer. landw. Jahrb. 38, 1961 b, 1000—1006.
- , Tilletiaceae. In: Sorauer, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten 3. Bd., 6. Aufl., 4. Liefg. Basidiomycetes. Berlin und Hamburg 1962, 458—525.
- , Über die Spezialisierung von Weizensteinbrandarten und das Resistenzverhalten von Weizensorten. Mitt. Biol. Bundesanst. Berlin-Dahlem, 108, 1963, 143—150.
- Silbernagel, M. J., Hybridization between *Tilletia caries* and *T. controversa* on wheat. Doctoral thesis, Washington St. Univ., Pullman, Wash. 1961, 75 S.
- , Hybridization between *Tilletia caries* and *T. controversa* on wheat. Diss. Abstr. 23, 1962, 390—391.
- Snedecor, G. W., and Cochran, W. G., Statistical methods. 5. Aufl. 1956, Iowa, USA.
- Spindler, F., Die Veränderung der Weizenqualität durch Steinbrand verschiedenen Alters. Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz, München, 21, 1943—44, 84—87.
- Stauber, Zwergbrand an Weizen und Winterroggen im Landkreis Sulzbach-Rosenberg. Pflanzenschutz, München, 7, 1955, 164.
- , Zwergsteinbrand an Winterroggen im Gebiet von Sulzbach-Rosenberg (Oberpfalz). Pflanzenschutz, München, 10, 1958, 104.
- v. Tubeuf, K., Studien über die Brandkrankheiten des Getreides und ihre Bekämpfung. Arb. Biol. Reichsanst. 2, 1902, 179—349.

- T u l a s n e, Mémoire sur les Ustilaginées comparées aux Urédinées. Ann. Sci. naturelles, 3. Ser., 1847, 7.
- T y l e r, L. J., Protracted period of vulnerability of winter wheat to attack by *Tilletia controversa*. Plant Dis. Repr. 42, 1958, 1387—1390.
- , and J e n s e n, N. F., Protective cover — a factor influencing the development of dwarf bunt in winter wheat. Plant Dis. Repr. 37, 1953, 465—466.
- , —, Some factors that influence development of dwarf bunt in winter wheat. Phytopathology 48, 1958, 565—571.
- W a g n e r, F., Über das Auftreten von Zwergsteinbrand in Bayern. Pflanzenschutz, München, 1, 1948, 1—2.
- , Auftreten, Sporenceimung und Infektion des Zwergsteinbrandes an Weizen. Ztschr. Pfl.bau, -schutz 1, 1950, 1—13.
- , Neue Ergebnisse zur Bekämpfung des Zwergsteinbrandes. Ztschr. Pfl.bau, -schutz 3, 1952, 84—89.
- , Versuche zur Bekämpfung des Zwergbrandes an Weizen mit verschiedenen Bodenbehandlungsmitteln und Verfahren. Ztschr. Pfl.bau, -schutz 4, 1953, 145—151.
- , Zur Frage der Resistenz der Weizensorten gegen Zwergbrand. Ztschr. Pfl.bau, -schutz 5, 1954, 189—190.
- , Ergebnisse der Zwergbrand-Bekämpfungsversuche 1954/55. Ztschr. Pfl.bau, -schutz 6, 1955, 212—216.
- , Warum tritt der Zwergbrand des Weizens nur im südlichen Bayern auf? Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz, München, 51, 1956, 28—32.
- , Ergebnisse vergleichender Weizensortenprüfungen auf Widerstandsfähigkeit gegen Stein- und Zwergbrand. Bayer. landw. Jahrb. 34, 1957, Sonderh. 2, 15—17.
- , Infektionsversuche mit Zwergbrandherkünften des Weizens. Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz, München, 53, 1958, 225—226.
- , Ergebnisse von Infektionsversuchen mit verschiedenen Zwergbrandherkünften 1957 und 1958. Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz, München, 55, 1960, 60—61.
- , Stand der Untersuchungen über das Resistenzverhalten von Weizensorten gegen Zwergsteinbrand. Bayer. landw. Jahrb. 38, 1961, 1008.
- , Versuche zur Bekämpfung des Zwergbrandes durch Beizung. Bayer. landw. Jahrb. 41, 1964, 322—325.
- W a r m b r u n n, K., Untersuchungen über den Zwergsteinbrand. Phytopath. Ztschr. 19, 1952, 441—482.
- , Neue Wege zur Zwergsteinbrandbekämpfung. Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig, 5, 1953, 154—157.
- , Ergebnisse einer Prüfung des deutschen Weizensortiments auf Widerstandsfähigkeit gegen Zwergsteinbrand. Vortrag auf Arbeitstagung d. Arbeitsgem. Krankheitsbek. u. Resistenzzüchtg. bei Getreide u. Hülsenfrüchten, Arbeitsgruppe I, Brandkrankheiten, Frankfurt/Main 22. 9. 1955.
- , Prüfung des deutschen Weizensortiments auf Widerstandsfähigkeit gegen Zwergsteinbrand (*Tilletia controversa* Kühn). Angew. Bot. 33, 1959, 1—9.
- , Saatgutbehandlung gegen Zwergbrand. Prakt. Bl. Pfl.bau, -schutz, München, 55, 1960, 61—62.
- , Stand der Untersuchungen über das Resistenzverhalten von Weizensorten gegen Zwergsteinbrand. Bayer. landw. Jahrb. 38, 1961, 1006—1007.
- , Droht der Zwergsteinbrand wieder? Württ. Wochenbl. Landw. 130, 1963 a, 2348.
- , Ergebnisse von Versuchen zur Bekämpfung des Zwergsteinbrandes in den Jahren 1962 und 1963. Mitt. 9. Hauptversammlung Arbeitsgem. Krankheitsbek. u. Resistenzzüchtung bei Getreide u. Hülsenfrüchten, 3. 12. 1963 Gießen. 1963.

- Weltzien, H. C., Untersuchungen über den Befall von Winterweizen durch *Tilletia tritici* (Bjerk.) Winter unter besonderer Berücksichtigung der Frage der Beizmittelresistenz. Phytopath. Ztschr. 29, 1957, 121—150.
- Winkelmann, A., Warum tritt der Weizensteinbrand trotz Beizung stärker auf? Pflanzenbau 12, 1935, 149—156.
- , und Paul, H. L., Ein Beitrag zur Frage der Quecksilberresistenz von *Tilletia tritici*. Höfchen-Briefe, Leverkusen, 2, 1954, 57—66.
- Winter, G., Die Pilze. In L. Rabenhorst's, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. I. Bd. 1884.
- Woodward, R. W., Holton, C. S., and Vogel, O. A., Dwarf bunt of rye. Plant Dis. Repr. 36, 1952, 434.
- Woolman, H. M., and Humphrey, H. B., Studies in the physiology and control of bunt, or stinking smut, of wheat U. S. Dept. Agric. Bull. No. 1239. Washington, 1924.
- Young, P. A., A new variety of *Tilletia tritici* in Montana. Phytopathology 25, 1935, 40 (Abstr.).
- Zillig, H., Ustilaginales. In: Sorauer, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten Bd. 3, 2. Teil, 5. Aufl. 1932.
- Zogg, H., Neuere Untersuchungen über das Auftreten und die Bekämpfung des Zwergbrandes bei Winterweizen. Mitt. schweiz. Landw. 7, 1959, 65—74.