



# NACHRICHTENBLATT FÜR DEN DEUTSCHEN PFLANZENSCHUTZDIENST

Herausgegeben von der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin  
durch die Institute der Biologischen Zentralanstalt Aschersleben und Berlin-Kleinmachnow

## Der Einfluß der Faktoren Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur auf die Höhe des Steinbrandbefalls des Weizens<sup>1)</sup>

Von Waltraude KÜHNEL

Aus der Biologischen Zentralanstalt Berlin der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Obwohl der Steinbranderreger des Weizens in morphologischer, physiologischer und ökologischer Hinsicht als weitgehend erforscht angesehen werden kann, und die auf diesen Kenntnissen entwickelten Bekämpfungsmaßnahmen ihm viel von seiner Gefährlichkeit genommen haben, ist, wie aus den Arbeiten der letzten Jahre ersichtlich, das Interesse an ihm nicht erloschen.

In systematischer Hinsicht gab die Aufstellung einer neuen *Tilletia*-Art "*Tilletia triticoides* Săvul." durch SAVULESCU (1944, 1955, 1956) und der von ihm erfolgten Identitätsklärung dieser Art mit der bei uns den gewöhnlichen Steinbrand verursachenden Art "*Tilletia caries* (DC) Tul. (= *T. tritici* (Bjerk.) Winter)" Anlaß zu erneuten systematischen Studien.

Des weiteren machten vorliegende Meldungen über verstärktes Steinbrandaufreten trotz vorgenommener Beizung eine erneute Bearbeitung erforderlich. Es wurde das Auftreten quecksilberresistenter Biotypen des Steinbranderragers vermutet, aber experimentell nicht bestätigt (WINKELMANN 1954, MÜLLER 1954). Das Auftreten von neuen Bodeninfektionen verursachenden "*Tilletia tritici*-Rassen", wurde in den Bereich des Möglichen gestellt (MÜLLER und SCHUHMAN 1954). Letztgenannte gelangten betreffs der gelegentlich auftretenden Beizfehlschläge auf Grund ihrer Untersuchungen zu der Feststellung, daß die Ursache hierfür in dem Zusammenwirken zahlreicher Umweltfaktoren, vor allem Temperatur und Bodenfeuchtigkeit, liegt.

In den daraufhin aufgenommenen eigenen Versuchen wurde das Schwergewicht auf die Faktoren Bodenart und Bodenfeuchtigkeit gelegt, da diesbezüglich recht widersprechende Angaben vorliegen. Es galt, die Frage des Einflusses der Bodenverhältnisse, Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und -temperatur auf die Infektionshöhe verschiedener Weizensorten und auf die Pathogenitätsabnahme der Brandsporen im Boden sowie den Einfluß der auf die Saat folgenden Niederschläge auf die Höhe des Befalls zu überprüfen.

Beobachtungen und Versuche führten vor Jahren zu der Vermutung, daß unsere Kulturböden sehr unterschiedlich in den Kampf zwischen Pilz und Wirtspflanze eingreifen, sei es durch ihre physiologischen Eigenarten, ihre unterschiedliche Wasserführung (CASPAR 1926) oder durch die mehr oder weniger zahlreich vorhandenen Mikroorganismen, die durch ihre chemischen Ausscheidungen oft recht nachhaltig diese Vorgänge zu beeinflussen vermögen (NEUMANN u. SCHAFFNIT 1953). Die von Praktikern getroffenen Feststellungen, daß das Brandaufreten je nach Bodenart verschieden sei, daß gewisse Böden, wie Ton- und Lehmböden, brandfreie Ernten ergäben und aus diesem Grunde auf diesen Böden sich eine Beizung erübrige, ließ HECKE (1923) und GASSNER (1925) als erste zur Untersuchung dieser Frage schreiten. Es ging ihnen um die Klärung, wie weit die verschiedenen Bodenarten während der Keimperiode die Infektion des Weizens beeinflussen. Trotz gleicher Versuchsbedingungen gelangten jedoch beide zu unterschiedlichen Ergebnissen. Erzielte HECKE (1923) auf Lehmboden den stärksten, auf Sandboden den geringsten Befall, lagen bei GASSNER (1925) die Infektionsergebnisse umgekehrt. Interessant war seine Feststellung, daß Moorboden einen fast befallsfreien Aufwuchs ergab. RABIEN (1927) bestätigte die Ergebnisse GASSNERs (1925) für Lehmboden. Er stellte außerdem starken Befall auf sandigem Lehm, Höchstbefall auf Kompost und kaum Befall auf Torfmull fest. Von CASPAR (1926) in mäßig feuchter Kompost- und Gartenerde durchgeführte Vegetationsversuche ließen keine entscheidende Schlußfolgerung zu, so daß er gegenüber den beeinflussenden Faktoren Temperatur und Bodenfeuchtigkeit dem Einfluß der Bodenart geringe Bedeutung zusprach. Da Versuche RABIENs (1927) zeigten, daß auch die Sporenkeimverhältnisse in den einzelnen Böden unterschiedlich sind, wurde aus den Ergebnissen gefolgert, daß verschiedene Bodenarten nicht in verschiedener Stärke die Widerstandskraft der Pflanzen heben, sondern direkt auf die Sporen einwirken. Die widersprechenden Ergebnisse bei GASSNER, HECKE und RABIEN führte FEUCHT (1932) auf die ungenügende Charakterisierung und die ungleiche Wasserführung der verwendeten Böden zurück. GLATHE (1954) sowie GASSNER und NIEMANN (1955) führten als eventuelle Ursache dieser

<sup>1)</sup> Auszugsweise Wiedergabe aus der unter dem Titel: „Beiträge zur Ökologie des Weizensteinbrandes *Tilletia caries* (DC) Tul.“ erschienen Dissertation, Humboldt-Univ. Berlin, 1958

unterschiedlichen Versuchsergebnisse die Mikroflora dieser Böden an, die in sonst gleichen Böden je nach dem Feuchtigkeitsgrad sehr unterschiedlich sein kann. HEALD und WOOLMAN (1915) lenkten schon früher die Aufmerksamkeit auf die Feuchtigkeitsverhältnisse während der Saatzeit. Ihre wie auch HUNGERFORDs (1922) Versuche zeigten, daß in trockene Böden oder vor Regen vorgenommene Aussaaten geringeren Befall als Aussaaten in feuchte Böden erbrachten. APPL (1915) fand auf Grund seiner Feldversuche eine weit größere Parallelität zwischen Befallshöhe und Niederschlag als zwischen ersterer und der Temperatur. Er sprach deshalb der Bodenfeuchtigkeit erstrangige Bedeutung zu. Er stimmt mit VOLKART (1906), HILTNER (1920), SESSOUS (1920), GIBS (1924) und RODENHISER (1940) darin überein, daß allein mäßig feuchtem Boden eine brandfördernde Wirkung zukommt, Extremverhältnisse jedoch eine brandhemmende Wirkung auslösen. CASPAR (1926) und RABIEN (1927) bestätigten dies für unsere deutschen Verhältnisse. Im Widerspruch dazu stellte HUNGERFORD (1922) in den USA und REICHERT (1928) in Palästina sowie FEUCHT (1932) für deutsche Verhältnisse fest, daß der Befall in feuchten Böden geringer als in trockenen sei. Nach GIBS (1924) wird die Brandanfälligkeit einer Sorte von der während der Auflaufperiode herrschenden Temperatur und Bodenfeuchtigkeit beeinflusst, zwei Faktoren, die im Feldversuch mit oder gegeneinander wirken. Ein Faktor allein ist nur unter konstanten Versuchsbedingungen analysierbar. Seine mit drei verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsstufen durchgeführten Versuche ließen erkennen, daß unabhängig von der Temperatur stets die niederen Feuchtigkeitsstufen infolge langsamer Kornkeimung und der damit verbundenen Verlängerung des infektiösfähigen Stadiums des Kornes Höchstbefall ergaben. Hohe Bodenfeuchtigkeit bewirkte infolge rascher Kornkeimung Verkürzung des infektiösfähigen Stadiums des Kornes und besaß dadurch bei allen Temperaturstufen brandmindernde Wirkung. HUNGERFORD (1922) stellte den entscheidenden, sich gegenseitig verstärkenden Einfluß von Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur fest. Er wie auch KNORR (1929) wiesen nach, daß geringe Bodentemperatur bei mäßiger Bodenfeuchtigkeit beeinflussende Wirkung besitzt. Bei mittlerer Bodenfeuchtigkeit erwiesen sich Infektionstemperaturen von 9°-12° C als optimal, Infektionstemperaturen von 17°-25° C wirkten bei gleicher Bodenfeuchtigkeit dagegen brandmindernd (GIBS 1924, HEALD und WOOLMAN 1915). KNORR (1929) versuchte, den geringen Befall um 17° C mit einem temperaturbedingten stärkeren Wasserverbrauch zu erklären, wodurch infolge rascher Kornkeimung der Weizen der Infektion entwache. Er bezeichnet die Temperatur als entscheidenden Faktor. Wassergehalt, Säuregrad und Düngung vermögen auf Grund seiner Erfahrung nur in ihren Extremen die Infektion ungünstig zu beeinflussen. HECKE (1909), FARIS (1924), ROEMER u. BARTHOLLY (1933) und VOSS (1937) erblickten in der Temperatur ebenfalls den allein entscheidenden Faktor. Substrat und Bodenfeuchtigkeit werden als Faktoren von mitsprechender aber nicht ausschlaggebender Bedeutung bezeichnet. RODENHISER (1940) brachte zum Ausdruck, daß Bodenart, Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit einen Faktorenkomplex darstellen, daß einem Faktor allein keine ausschlaggebende Bedeutung zukomme. Nachdrücklich betont er den tatsächlich vorhandenen Einfluß der Bodenart, der sich jedoch stets nur in einer temperaturgesteuerten Wirkung äußere. Von ROEMER-BARTHOLLY (1933) durchgeführte Gewächshausversuche zur Überprüfung des Einflusses der Bodenfeuchtigkeit bei verschiedenen Auflauftemperaturen zeigten, daß bei Gewächshausversuchen die Bodenfeuchtigkeit keinen Einfluß auf die Infektion ausübt. Befallsunterschiede ergaben sich nur im Hinblick auf die verschiedenen Infektionstemperaturen. Damit sollte erwiesen sein, daß die Bodenfeuchtigkeit bei der Infektion eine der Temperatur untergeordnete Rolle

spielt, wenn Extremverhältnisse ausgeschaltet werden. Ein weiterer von ihm durchgeführter Gewächshausversuch mit unterschiedlichen Wassergaben am 1., 2., 3. und 4. Tag nach der Aussaat ergab ebenfalls keine Befallsunterschiede. Auf die Bedeutung der Niederschläge schließend ließe sich hier anfügen, daß auch die nach der Saat fallenden Niederschläge die Befallshöhe nicht beeinflussen. HEALD und WOOLMAN (1915), HUNGERFORD (1922) und SCHUHMANN (1955) weisen darauf hin, daß wahrscheinlich allein die Bodenfeuchtigkeit zur Zeit der Saat entscheidend ist und nicht die auf die Aussaat folgenden Niederschläge.

Leider gestattet die ROEMERSche Anzuchtmethode (1933) nur die Kontrolle der Umweltfaktoren während der Keimperiode. Die bei Weiterkultur unter Freilandbedingungen einwirkenden Umweltfaktoren entziehen sich dieser jedoch. Es liegen nur wenige Beobachtungen darüber vor, wie weit sie die erfolgte Infektion noch zu beeinflussen vermögen. Nach HECKE (1909), KNORR (1929) u. FEUCHT (1932) ist für die Befallsstärke außer der Keimperiode auch die nachfolgende Jugendentwicklung von Bedeutung. Bei rascher, durch günstige Vegetationsbedingungen verursachter Jugendentwicklung, wie es bei Sommerweizen der Fall ist, bleibt das Myzel hinter dem Wachstum der Pflanze zurück. Schnelle Bestockung kann nach HECKE (1923) die erfolgte Infektion nicht unterdrücken, doch die Höhe des Befalls beeinflussen. Ein einwandfreier Zusammenhang zwischen Jugendentwicklung und Höhe des Brandbefalls konnte bisher nicht festgestellt werden. Diesbezügliche Untersuchungen liegen vor von SMITH (1932) und LASSER (1938), allerdings mit dem Ergebnis, daß eine rasche Jugendentwicklung die erfolgte Infektion nicht zu beeinflussen braucht. Sie untersuchten die Beziehung zwischen Temperatur bzw. Lichteinwirkung unterschiedlicher Intensität während verschiedener Wachstumsstadien der Wirtspflanze unter Gewächshausbedingungen. Erfolgte die Weiterkultur bis zur Reife bei hoher Temperatur, verhielt sich nach SMITH (1932) die Weizensorte „Hope“ resistent, bei tiefen Temperaturen anfällig. Die Sorte „Jenkin“ reagierte dagegen in beiden Fällen mit hohem Befall, was einem Entwachsen der Infektion infolge rascher Jugendentwicklung widerspricht. SMITH läßt es dahingestellt, ob dieses Verhalten sortenbedingt ist. Auch LASSER (1938) stellte keine befallsändernde Wirkung durch die nach dem Auflauf auf die Pflanzen einwirkende Temperatur fest. Die gleiche Feststellung traf er hinsichtlich der unterschiedlichen Lichtintensitäten. FARIS (1924) wie STRAIB (1927/28) stellten bezüglich der Sortenanfälligkeit fest, daß der Befallsgrad einer Sorte unter dem Einfluß chemischer, physikalischer und klimatischer Faktoren veränderlich ist, HECKE (1909), v. KIRCHNER (1916) und HEUSER (1922) gelangten bei Saatzeitversuchen mit verschiedenen Sorten zur gleichen Erkenntnis, wenn sie behaupten, daß gleiche Einflüsse auf verschiedene Sorten nicht immer gleichgerichtet wirken, da den einzelnen Sorten mitunter verschiedene Infektionsoptima entsprechen. Auch GIBS (1924) stellte bei einem Sortenvergleich fest, daß sich die Reihenfolge der Anfälligkeit bei wechselnden Temperaturen und Feuchtigkeitsstufen verändert, was auf einer Verschiebung der optimalen Infektionsbedingungen der einzelnen Sorten beruht. Nach GÄUMANN (1951) ist die Befallsresistenz einer Sorte weitgehend von der Umwelttemperatur abhängig, da diese die anfälligen Individuen längere oder kürzere Zeit im infektiösfähigen Entwicklungsstadium verharren läßt. Tiefe Infektionstemperaturen um 5° C erwiesen sich als optimal bei normaler Bodenfeuchtigkeit. Bei hoher Bodenfeuchtigkeit bewirkten sie jedoch Befallsrückgang trotz gleichlanger Dauer des anfälligen Entwicklungsstadiums der Keimpflanzen. Nach GÄUMANN (1951) „läßt sich der Krankheitsbefall nicht als arithmetisches Mittel aus den Lebensansprüchen des Erregers und denjenigen des Wirtes errechnen, da der Erreger eigenen Gesetzmäßigkeiten unterworfen ist.“

## Material und Methode

In vorliegender Arbeit wurden die zur Untersuchung herangezogenen, die Infektion des Weizensteinbrandes beeinflussenden Faktoren mittels verschiedener Versuchsanstellungen geprüft, auf die erst an entsprechender Stelle eingegangen werden soll.

Die Vegetationsversuche wurden mit verschiedenen bei uns im Anbau bzw. in der Hauptprüfung stehenden Neuzüchtungen von Winter- und Sommerweizen durchgeführt. Bei allen Feldversuchen wurde der Block als Versuchsanlage gewählt und die Ergebnisse der faktoriellen Versuche varianzanalytisch verrechnet (KÜHNEL 1958).

Als Infektionsmaterial wurden 4 verschiedene Steinbrandherkünfte verwendet: A - Herkunft Aschersleben, B - Herkunft Bernburg, F - erhalten von der pharmazeutischen Fabrik Fahlberg List Magdeburg und N - Herkunft Naumburg.

Angeregt durch die Arbeiten SAVULESCU's (1944, 1955, 1956) wurden diese sowie noch weitere im Gebiet der DDR gesammelten Steinbrandherkünfte auf ihre Zugehörigkeit zu "*Tilletia triticoidea* Săvul." untersucht. Diese Untersuchungen, durchgeführt an einem sehr umfangreichen Sporenmateriale, sind z. Z. noch nicht abgeschlossen. Es sei nur erwähnt, daß auf Grund der bereits untersuchten Sporenerkennungsunterschiede im Verhalten unserer Steinbrandherkünfte gegenüber "*T. triticoidea*" rumänischer Herkunft festgestellt wurden, einmal in der Infektionsfähigkeit von *Secale cereale* L., zum andern in der großen Variationsbreite der Netzleistenhöhen. Eine scharfe Trennung der Formen mit Netzleistenhöhen von 0,4  $\mu$  bis 0,6  $\mu$  und 1,66 bis 2  $\mu$  ist, wie NIEMANN (1956) schon feststellen konnte, infolge vorliegender Übergangsformen nicht möglich.

Die Infektion des Saatgutes erfolgte durch Saatgutbepudung, die Infektionsstärke betrug 0,3%, d. h. 100 g Saatgut wurden mit 0,3 g Brandsporen infiziert. Den Forderungen WOOLMAN's (1930) und ZSCHEILE's (1956) nachkommend, wurde bei den Feldversuchen eine mindestens 60tägige Temperaturkontrolle durchgeführt (KÜHNEL 1958).

## Experimentelle Untersuchungen

### 1. Pflanzversuche

Ziel dieser Versuche war, durch Konstanthaltung der Faktoren Temperatur und Bodenfeuchtigkeit in der Zeit zwischen Saat und Auflauf, den Einfluß der Bodenart auf die Infektionshöhe zu analysieren.

Die Anzucht des infizierten Sommerweizens in verschiedenen Böden erfolgte nach der ROEMER u. BARTHOLLY'schen Anzuchtmethode (1933) in Tonschalen. Die Verpflanzung ins Freiland (Versuchsfeld Kleinmachnow - Sandboden) erfolgte im Dreiblattstadium.

a) 1954, 1955 Anzucht des infizierten Weizens unter nicht konstanten Temperatur- und Bodenfeuchtigkeitsbedingungen - 3 Saattermine. 1956 Anzucht unter konstanten Temperaturbedingungen (8,5° C) - 1 Saattermin.

Zur Untersuchung herangezogene Böden: Sand-, Lehm- und Niedermoorboden normaler Bodenfeuchtigkeit.

Zur Untersuchung herangezogene Sorten:

1954: Capega, Peko, Halle St. 8342/44, Hadmerslebener St. 5914/48, Hadmerslebener St. 19959/45, Hadmerslebener St. 6354/41, Koga

1955: Capega, Peko, Hadmerslebener St. 5914/48

1956: Capega, Peko, Koga, Hadmerslebener St. 10960, Hadmerslebener St. 6354/41

Zahl der Wiederholungen 2

b) Anzucht des infizierten Weizens unter konstanten Bedingungen hinsichtlich Bodenfeuchtigkeit und -temperatur.

Eingestellte Bodenfeuchtigkeit in den Böden:

1956 - 35%, 70%, d. WK. (= Wasserkapazität)

1957 - 35%, 50%, 70% d. WK.

Auflauftemperatur 1956 konstant 8,5° C, 1957 - 10° C.

Zur Untersuchung herangezogene Böden:

1956 - Sand, lehmiger Sand, 2 Lehm Böden (I u. II), Niedermoor

1957 - Außer Kompost die gleichen Böden wie 1956

Zur Untersuchung herangezogene Sorten: Capega, Peko

Zahl der Wiederholungen 3.

Die Höhe des Befalls ist bei den Versuchen unter a) und b) 1956 in % der Gesamtährenzahle, unter b) 1957 in % der Gesamtpflanzenzahle angegeben.

## Ergebnis

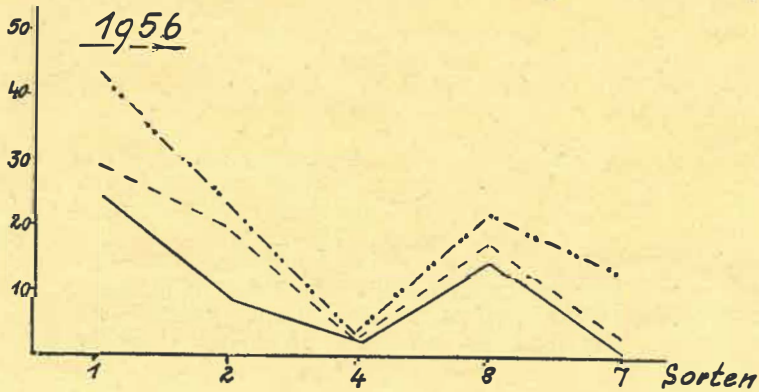
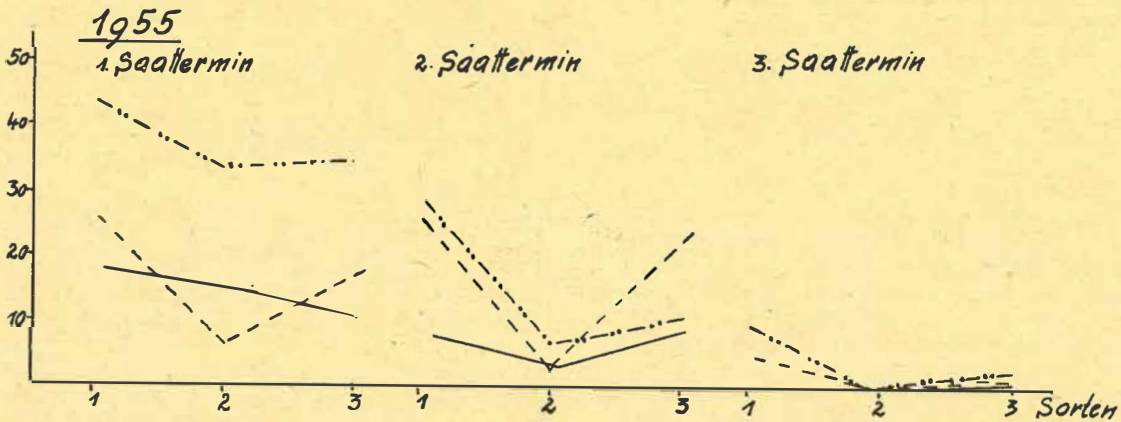
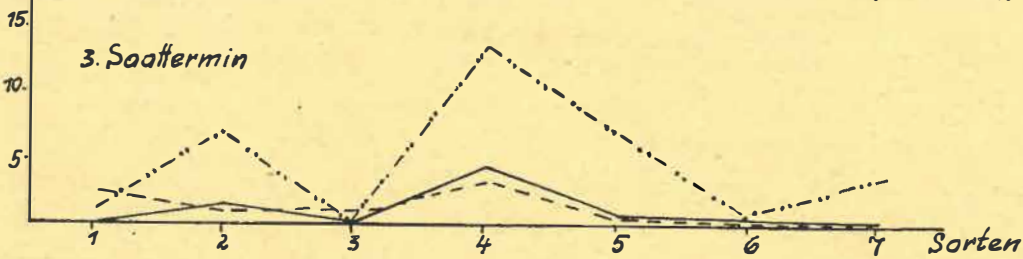
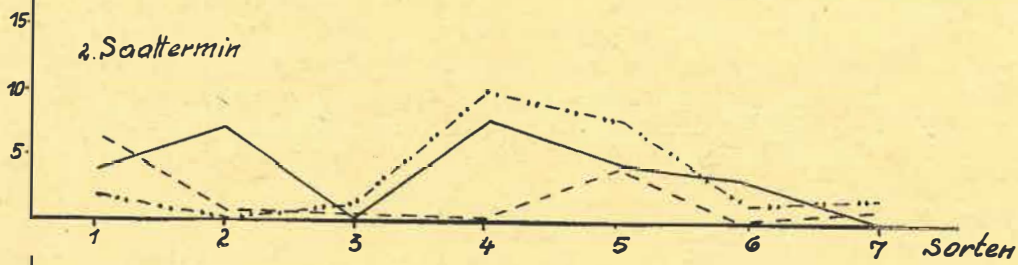
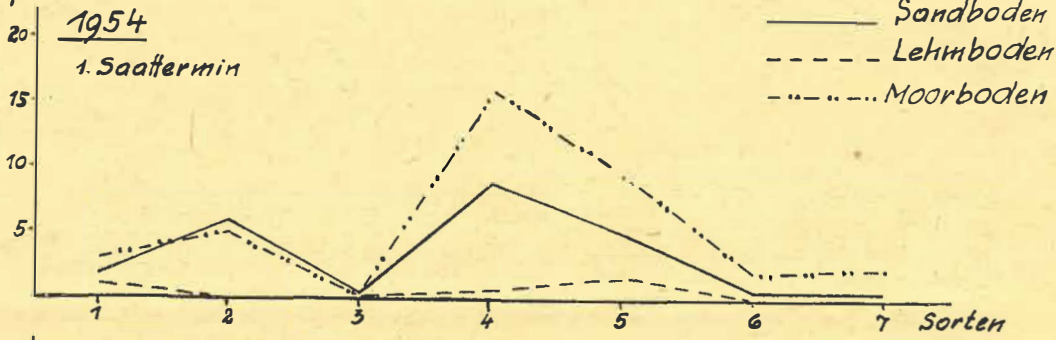
Die Ergebnisse der unter nicht konstanten Bedingungen durchgeführten dreijährigen Versuche lassen erkennen (Abb. 1), daß der Bodenart unter den Bedingungen der gewählten Versuchsanstellung eine infektionsbeeinflussende Wirkung auf den Steinbrandbefall zukommt. Welche Faktoren an dem unterschiedlich beeinflussenden Verhalten noch beteiligt waren, ob die Bodenfeuchtigkeit oder andere Faktoren physikalischer, chemischer oder biotischer Natur, konnte an diesen Versuchen noch nicht geklärt werden, da die unterschiedliche Wasserführung der Böden nicht berücksichtigt worden war. Entgegen der Feststellung GASSNER's (1925), daß auf Moorböden aufwachsende Pflanzen kaum Infektionen aufweisen, ließ Moorböden in den drei Versuchsjahren stets den stärksten infektionsfördernden Einfluß erkennen. Hinsichtlich Lehm- und Sandböden ließ sich im Rahmen dieser Versuche nicht entscheiden, welchem von beiden eine stärker infektionsfördernde Wirkung zukommt, da 1954 Sandböden, 1955 und 1956 Lehmböden höheren Befall erbrachte. Außerdem wurde die Entscheidung durch eine zwischen Bodenart und Sorte aufgetretene Wechselbeziehung erschwert, wie aus dem Verhalten der Sorten Peko und Capega ersichtlich. Bezüglich der Sortenanfälligkeit konnte bei den Sorten Koga, Peko, Capega und Hadmerslebener St. 6354/41 festgestellt werden, daß der Befallsgrad der Sorten sehr variabel ist. Während die Sorte Koga 1954 Infektionsergebnisse in Höhe bis zu 15,96% erzielte, lagen die 1956 erhaltenen höchsten Befallswerte nur bei 3,91%. Bei der Sorte Capega lag das höchste Infektionsergebnis 1954 bei 6,56%, 1955 und 1956 bei 43,50% und 43,10%; bei der Sorte Peko 1954 bei 7,14%, 1955 und 1956 bei 33,80% und 23,56%; bei der Sorte Hadmerslebener St. 6354/41 1954 bei 3,29%, 1956 bei 14,06%. Diese in den einzelnen Jahren aufgetretenen Schwankungen der Infektionsergebnisse allein mit Hilfe der zur Zeit des Auflaufes herrschenden Temperaturverhältnisse erklären zu wollen, erwies sich als erfolglos, da weitgehend übereinstimmende Temperaturverhältnisse vorlagen, wie z. B. die Auflauftemperaturen der ersten Saattermine der 3 Versuchsjahre im Durchschnitt (7°; 6,6°; 8,5° C) erkennen lassen. Die Ursache hierfür muß vielmehr in einer Wechselbeziehung zwischen Infektionsoptimum der Sorte, Bodenart, -temperatur und -feuchtigkeit gesehen werden.

Die Feststellung, daß auf verschiedenen Böden trotz gleichen Wassergehaltes und konstanter Auflauftemperatur unterschiedliche Infektionsergebnisse erzielt wurden (Tab. 1), bestätigte erneut die beeinflussende Wirkung der Bodenart. Da sich der Beeinflussungsgrad der Bodenart jedoch mit der Bodenfeuchtigkeit ändert, muß auf eine bestehende Wechselwirkung zwischen Bodenart und Bodenfeuchtigkeit geschlossen werden.

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, daß mit Ausnahme von Moor und Kompost auf den Böden geringer Bodenfeuchtigkeit (35% d. WK.) der höhere Befall erzielt wurde. In der Reihenfolge ihrer Begünstigung der Anfälligkeit stehen bei dieser Bodenfruchtigkeit: lehmiger Sand, Lehm II, Lehm I und Sand. Auf Moorböden unterblieb unter diesen Bedingungen die Kornkeimung. Die Ursache hierfür dürfte in dem hohen Kolloidgehalt des Moorbodens und dem dadurch bedingten hohen Anteil nicht ausnutzbaren hygrokopischen Wassers zu sehen sein

Abb. 1 Einfluß des Bodens auf die Höhe des Steinbrandbefalls

Brandbefall  
in %



Sorten:

1. Capega
2. Peko
3. Hadmerslebener St. 5914/48
4. Koga
5. Halle St. 8342/44
6. Hadmerslebener St. 19959/45
7. Hadmerslebener St. 6354/41
8. Hadmerslebener St. 10960

(KLAPP 1954). Bei mittlerer und hoher Bodenfeuchtigkeit trat mit Ausnahme von Moor und Kompost der Einfluß des Bodens kaum noch in Erscheinung. Die Ergebnisse sprechen dafür, daß das Infektionsoptimum der Böden je nach Bodenart mit größter Wahrscheinlichkeit noch von weiteren Faktoren beeinflusst, bei unterschiedlicher Bodenfeuchtigkeit liegt, und zwar von Moor und Kompost bei hoher, von lehmigem Sand und Lehm bei geringer Bodenfeuchtigkeit. Der stärkere Befall auf Sandboden geringer Bodenfeuchtigkeit steht im Widerspruch zu den Ergebnissen der Feld- und Sporenkeimversuche. Auffällig ist die unterschiedliche Infektionshöhe beider Versuche, für die weder die Temperatur- noch Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse während des Auflaufes verantwortlich sein können. Als Ursache für dieses Verhalten können nur die nach dem Auflauf ungleichen Temperatureinwirkungen des Freilandes in Frage kommen. Während 1956 nach der Verpflanzung ins Freiland (am 11. 4.) die feucht-kühle Witterung bis Mitte Mai vorherrschte, wurde 1957 die Verpflanzung infolge Auflaufverzögerungen erst Mitte Mai in der zur Zeit herrschenden bis Juli anhaltenden Hitze- und Trockenperiode vorgenommen. Unter diesen Bedingungen konnte der Weizen infolge rascher Bestockung den stattgefundenen Infektionen offenbar weitgehend entweichen.

## 2. Feldversuche

Ziel der Feldversuche war die Feststellung, wie weit unter Freilandbedingungen unterschiedliche Bodenarten in Abhängigkeit von Bodenfeuchtigkeit und Temperatur die Infektion verschiedener Sorten beeinflussen.

1954/55 und 1956/57 wurde auf verschiedenen Böden je ein Saatzeitversuch, 1954/55 mit drei, 1956/57 mit fünf Saatterminen durchgeführt. Herangezogen wurden mehrere Winterweizensorten, um gleichzeitig das sortentypische Verhalten unter den zu prüfenden Umweltbedingungen festzustellen. 1954/55 wurde der Versuch mit 10 Sorten (Tab. 3), 1956/57 mit 5 Sorten (Abb. 2) durchgeführt. Versuchsorte waren 1954/55 Libbenichen, Bezirk Frankfurt/Oder; 1956/57 Nossen, Kr. Meißen und Kleinmachnow. In Libbenichen bestand die Möglichkeit zwei verschiedene Böden, lehmigen Sand und

Tabelle 1

### Höhe des Steinbrandbefalls nach Anzucht unter konstanten Temperatur- und Bodenfeuchtigkeitsverhältnissen

Jahr	Sorte	Bodenf. in % WK.	Sand	l. Sand	Bodenarten		Komp.	Moor
					Lehm I	Lehm II		
Versuchsjahre 1956 und 1957								
1956	Capega	35	26,17	43,33	12,02	34,75	—	—
	Peko	35	9,31	22,10	18,27	23,23	—	—
	Capega	70	0,60	8,64	5,94	5,34	—	43,31
	Peko	70	3,99	4,39	2,73	2,89	—	21,94
1957	Capega	35	3,36	17,67	12,34	14,59	11,02	—
	Peko	35	0,00	1,61	4,70	3,98	1,85	—
	Capega	50	0,85	6,98	3,04	2,61	13,55	24,10
	Peko	50	0,00	2,51	0,00	1,89	0,00	6,31
	Capega	70	1,30	2,30	0,00	0,00	16,44	8,37
	Peko	70	0,00	0,00	0,00	0,00	1,28	1,86

Lehm, unter gleichen klimatischen Bedingungen zu prüfen. In Nossen stand Lößlehm, in Kleinmachnow Sandboden zur Verfügung. Die Infektion des Weizens erfolgte 1954/55 mit einer, 1956/57 mit den bereits erwähnten 4 Sporenpopulationen A-B-F-N.

## Ergebnis

Wie aus Abb. 2 (Nossen-Kleinmachnow) ersichtlich, war der Steinbrandbefall der Sorten (errechnet als Durchschnittswert aus den Infektionsergebnissen der Herkünfte je Saattermin, Bodenart und Sorte) bei den 5 Saatterminen auf Sand- und Lehm Boden keinesfalls parallellaufend. Das Infektionsoptimum lag auf Lehm Boden beim 1., auf Sandboden beim 3. Saattermin. Ein Vergleich der Temperaturverhältnisse der Auflauf- und Nachauflaufperiode zeigte einen überraschend gleichartigen Temperaturverlauf an beiden Versuchsorten. Tabelle 2 enthält die durchschnittlichen Temperatur- und Niederschlagswerte der Auflaufzeiten der 5 Saattermine. (Die Bodentemperaturwerte fehlen leider bei den Außenversuchen, da diese von den örtlichen Wetterstationen nicht gemessen wurden, und eigene Messungen nicht durchführbar waren).

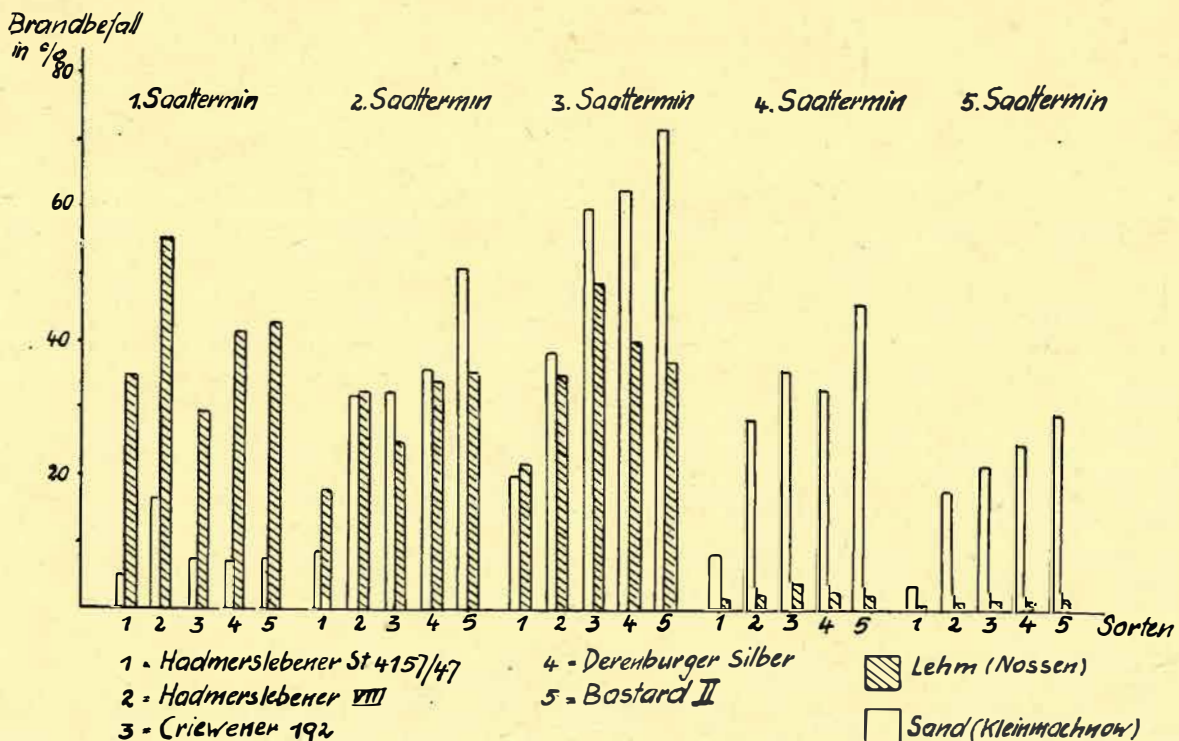


Abb. 2 Saatzeitversuch 1956/57 Kleinmachnow - Nossen

**Tabelle 2**  
**Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse der**  
**Auflaufzeiten der 5 Saattermine**

Ort	Saat-Auflauf-termin	Aufl. n. Tg.	Ø-Werte d. Tg. Mittel 0°C			Niedersch. in mm	
			Max.	Min.	Luft. Bo. T.		
N. 1.	(27. 9.-20. 10.)	23	14,6	6,6	10,2	—	25,0
Kl. 1.	(25. 9.- 9. 10.)	14	16,9	7,4	11,4	12,6	43,6
N. 2.	( 8. 10.-24. 10.)	16	14,0	5,2	9,2	—	12,3
Kl. 2.	( 6. 10.-21. 10.)	15	13,9	3,9	8,6	9,6	23,6
N. 3.	(16. 10.- 7. 11.)	22	10,7	3,5	6,6	—	68,5
Kl. 3.	(15. 10.- 2. 11.)	18	11,7	4,9	7,4	8,3	39,6
N. 4.	(26. 10.-13. 12.)	48	5,1	0,1	2,7	—	147,0
Kl. 4.	(25. 10.-10. 12.)	46	6,0	0,8	3,4	3,5	93,1
N. 5.	( 6. 11.-23. 12.)	47	5,5	0,5	3,0	—	119,8
Kl. 5.	( 5. 11.-22. 12.)	47	6,3	1,2	3,5	3,1	70,9

Die Bodenfeuchtigkeit nahm an beiden Orten vom 1. (20-25% d. WK.) zum 5. Saattermin (rund 70% d. WK.) kontinuierlich zu.

Die Versuchsergebnisse führten zu der Feststellung, daß unter weitgehend übereinstimmenden Temperaturverhältnissen in Abhängigkeit von Bodenart und Bodenfeuchtigkeit die Höhe der erzielten Infektionsergebnisse stark variiert. Es wird daraus gefolgert, daß der Wechselwirkung zwischen Bodenart und Bodenfeuchtigkeit, einem nicht zu trennenden Faktorenkomplex, entscheidende Bedeutung zukommt. Obwohl schon RODENHISER (1940) die komplexe Natur dieser drei Faktoren bereits richtig erkannte, unterlegte er doch der Wechselwirkung zwischen Bodenart und Bodentemperatur eine größere Bedeutung, als bei den eigenen Versuchen festgestellt werden konnte. Daß Bodenart und Bodenfeuchtigkeit eine der Temperatur weit untergeordnete Bedeutung zukomme (HECKE 1909, FARIS 1924, KNORR 1929, ROEMER u. BARTHOLLY 1933 und VOSS 1937), wurde hierbei nicht bestätigt. MÜLLER u. MOLZ (1914) fanden sogar bei Saatzeitversuchen mit Sommerweizen die Abhängigkeit des Befalls von der Temperatur allein nicht bestätigt, so daß sie die alleinige, ausschlaggebende Bedeutung der Temperatur in Frage stellten. GÄUMANN (1951) stellt die Bedeutung der Bodenfeuchtigkeit in den Vordergrund und spricht der Temperatur nur eine differenzierende Wirkung zu, d. h. eine beschleunigende bzw. verzögernde Wirkung auf die Sporenkeimung. Auf Sandboden erzielten alle im Versuch verwendeten Sorten stärksten Befall bei einer Bodentemperatur um 8° C und mittlerer Bodenfeuchtigkeit, Bedingungen, wie sie der 3. Saattermin bot. Auf Lehm Boden trat hingegen stärkster Befall bei geringer bis mittlerer Bodenfeuchtigkeit (etwa 20-45% d. WK) auf. Wenn APPL (1915) HUNGERFORD (1922), GIBS (1924), REICHERT (1928) und FEUCHT (1932) Höchstbefall stets auf Böden geringer Bodenfeuchtigkeit, HEALD und WOOLMAN (1915) unter diesen Bedingungen jedoch geringsten Befall erzielten, so läßt sich diese Unstimmigkeit vielleicht damit erklären, daß diese Feststellungen für verschiedene Böden getroffen wurden. Auf Grund der eigenen Versuchsergebnisse wird gefolgert, daß von vornherein keine Entscheidung darüber getroffen werden kann, ob Sand- oder Lehm Boden, ob Boden hoher oder geringer Bodenfeuchtigkeit befallsfördernder wirken. Je nach den Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnissen, vielleicht auch nach der Höhe des organischen und anorganischen Nährstoffgehaltes, der Azidität, der Vorfrucht, sowie dem Infektionsoptimum der gewählten Sorte, ist das in verschiedenen Böden zu erwartende Infektionsergebnis stets ein anderes. Verschiedenen Böden entsprechen mit größter Wahrscheinlichkeit unterschiedliche Infektionsoptima hinsichtlich Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur. Wie aus Abb. 2 hervorgeht, wird der Befallsgrad einer Sorte auf Grund einer vorhandenen Infektionsdisposition weitgehend durch die zur Zeit der Saat herrschenden Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse bestimmt. Die eigenen Versuchsergebnisse bestätigen somit die Feststellungen von GIBS (1924). Während auf mäßig feuch-

tem bis nassem Sandboden, unabhängig von der Temperatur, die höhere Anfälligkeit der Sorten Crieuener 192, Derenburger Silber und Bastard II gegenüber den beiden Hadmerslebener Sorten deutlich in Erscheinung trat, verhielten sie sich gegenüber geringer Bodenfeuchtigkeit, wie sie der 1. Saattermin bot, nicht anders wie der als weitgehend resistent bekannte Hadmerslebener Stamm 4157/47. Nur die Sorte Hadmerslebener VIII reagierte auf diese Umweltverhältnisse mit größerer Anfälligkeit, obwohl diese Verhältnisse auch ihren optimalen Infektionsbedingungen nicht entsprachen. Optimale Bedingungen bot allen Sorten, wie bereits erwähnt, der 3. Saattermin.

Auf Lehm Boden verhielten sich die Sorten völlig anders als auf Sandboden. Beim 1. Saattermin überraschten hier die beiden Hadmerslebener Sorten durch ihre den anderen Sorten weit überlegene hohe Anfälligkeit. Die Sorte Crieuener 192 erzielte wie auf Sandboden auch auf Lehm Boden bei mittlerer Bodenfeuchtigkeit und einer Temperatur um 7°-8° C ihr höchstes Infektionsergebnis, so daß diese Verhältnisse, unabhängig von der Bodenart, für diese Sorte als optimale Infektionsbedingungen angesprochen werden können. Den anderen Sorten entsprach auf Lehm Boden ein anderes Infektionsoptimum als auf Sandboden. Optimale Bedingungen bot der Lehm Boden beim 1. Saattermin mit geringer Bodenfeuchtigkeit und höheren Temperaturen. Bezüglich der Wechselwirkung zwischen Sorte und Bodenart konnte festgestellt werden, daß Sandboden auf die Sorten Bastard II (Sand 40,17%, Lehm 23,81%), Derenburger Silber (Sand 37,80%, Lehm 23,86%) und Crieuener 192 (Sand 32,39%, Lehm 21,64%), Lehm Boden auf die Sorte Hadmerslebener Stamm 4157/47 (Sand 10,22%, Lehm 15,36% befallsfördernd wirkt. Die Sorte Hadmerslebener VIII reagierte dagegen auf beiden Böden mit einem gleich hohen Durchschnittsbefall (Sand 26,66%, Lehm 23,86%). Der sprunghafte Befallsrückgang beim 4. und 5. Saattermin auf Lehm Boden wird zurückgeführt auf die hohen Niederschläge während der Auflaufperiode (Tab. 2), die bei tiefer Temperatur zu einer Verdichtung des Lehmbodens und damit zu einer Verhinderung der Sporenkeimung führten. Die Pathogenitätsprüfung der 4 Sporenpopulationen ließ kein unterschiedliches Verhalten erkennen.

**Tabelle 3**  
**Saatzeitversuch 1954/55, Versuchsort Libbenichen**  
 Ø Brandbefall je Sorte, Bodenart und Saattermin

Sorten	Ø Brandbefall aus 4 Wiederholungen in %					
	1. Saattermin		2. Saattermin		3. Saattermin	
	1. Sand	Lehm	1. Sand	Lehm	1. Sand	Lehm
Derenburger Silber	49,57	17,99	27,31	18,22	36,23	34,19
Bastard II	47,39	9,20	26,75	25,51	36,52	28,59
Crieuener 192	39,05	8,13	31,33	26,46	40,38	33,30
Hadmerslebener II	40,17	8,81	22,73	16,67	34,72	27,41
Hadmerslebener IV	34,21	3,35	22,31	15,42	33,74	20,08
Kleinwanzlebener 4119	50,46	10,90	24,92	32,04	35,78	29,86
Langensteiner 8395/43	46,89	9,96	32,65	18,49	42,29	18,79

Wie in Nossen und Kleinmachnow traten auch im Versuchsjahr 1954/55 in Libbenichen zwischen den auf den beiden Böden, lehmigen Sand und Lehm, erzielten Infektionsergebnissen Differenzen auf, wenn auch in nicht so ausgeprägter Form wie zwischen Sand und Lehm im Jahre 1956/57. Die Auflauftemperaturen der drei Saattermine (es standen nur Lufttemperaturen zur Verfügung) sind durch Temperaturrückgang vom 1. zum 3. Saattermin gekennzeichnet (im Durchschnitt 10,4°; 9,6°; 7,3° C). Anders als im Versuchsjahr 1956/57 lagen hier die Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse. Die erste Aussaat erfolgte in mäßig feuchten Boden. Da in den nachfolgenden 2 Pentaden die Niederschlagshöhe sehr gering war, trocknete der Boden rasch aus, die nachfolgende Trockenheit verursachte trotz mittlerer bis hoher Keimungstemperatur eine Auflaufverzögerung. Der Auflauf der Saat erfolgte auf beiden Böden

erst nach 20 Tagen. Die 2. Aussaat wurde bei sehr hoher Bodenfeuchtigkeit vorgenommen, man kann sagen, das Saatgut wurde richtig eingeschmiert. Trotz kühlerer Witterung bedingte erstere einen beschleunigten Auflauf (9 Tage). Die bei normaler Bodenfeuchtigkeit vorgenommene 3. Aussaat erbrachte trotz weiteren Temperaturrückganges auf beiden Böden einen höheren Befall als beim 2. Saattermin.

Statistisch gesicherte Befallsdifferenzen liegen auf lehmigem Sand bei allen Sorten zwischen 1. und 2. sowie 2. und 3. Saattermin vor. Zwischen 1. und 3. Saattermin liegen gesicherte Befallsunterschiede nur bei den Sorten Derenburger Silber, Bastard II und Kleinwanzlebener 4119 vor. Auf Lehmboden sind nur die Infektionsunterschiede zwischen 1. und 2. sowie 1. und 3. Saattermin gesichert, während zwischen 2. und 3. Saattermin auftretende Befallsunterschiede innerhalb der Zufallsschwankung liegen. Ein Vergleich der auf beiden Böden erzielten Infektionsergebnisse läßt sehr gut gesicherte Unterschiede nur beim 1. Saattermin erkennen. Allgemein begünstigte hier der lehmige Sand bei allen Sorten und bei allen drei Saatterminen die Steinbrandinfektion. Daß bei den Sorten Crieuener 192 und Hadmerslebener IV beim 1. und 3. Saattermin auf lehmigem Sand gleichhohe Infektionsergebnisse erzielt wurden, auf Lehmboden dagegen beträchtliche Infektionsunterschiede auftraten, führt zu der Schlußfolgerung, daß unter diesen Bedingungen nicht die Temperatur, sondern den Faktoren Bodenart und Bodenfeuchtigkeit die ausschlaggebende Bedeutung für die erzielten Infektionsergebnisse zukam.

Das abweichende Verhalten des Oderbruch-Lehmbodens vom Lehmboden in Nossen konnte bei der Vielzahl der in Frage kommenden Faktoren nicht geklärt werden. Nicht ausgeschlossen ist, daß der unterschiedliche Humusgehalt dieser beiden Böden eine nicht unbedeutende Rolle dabei spielte. Der Humusanteil des Oderbruch-Lehmbodens betrug 5,88 %, der des Nossener Lehmbodens hingegen nur 1,41 %. Nach NILOWA (1951) soll hoher Humusgehalt in Verbindung mit tiefen Temperaturen die Anfälligkeit, in Verbindung mit hohen Temperaturen die Resistenz der Sorten erhöhen. Interessant war in diesem Zusammenhang deshalb die Feststellung, daß auf diesem humosen Lehm, unabhängig von der Bodenfeuchtigkeit, der Befall mit sinkender Temperatur stetig zunahm, während bei den anderen untersuchten Böden stets eine enge Beziehung zwischen Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und Infektionshöhe bestand.

### 3. Gewächshausversuch

In einer 1956/57 angestellten Versuchsreihe wurde nach der Methode ROEMER-BARTHOLLY (1933) die Anzucht unter konstanten Temperatur- und Bodenfeuchtigkeitsbedingungen vorgenommen, um den temperaturgesteuerten Einfluß der Bodenart bei mittlerer Bodenfeuchtigkeit von 45 % d. WK. zu prüfen. Die Weiterkultur erfolgte nach Umpflanzung in mit einer einheitlichen Erdmischung beschickte Töpfe ( $\phi$  14 cm) im Gewächshaus, um die unkontrollierbaren Freilandverhältnisse auszuschalten. Die durchschnittliche Temperatur bis zur Versuchsbeendigung betrug bei Versuch 1 18,5° C, bei Versuch 2 25° C. Die zu prüfenden Temperaturbereiche während des Auflaufes lagen zwischen 9° C - 11° C und 17° C - 18° C. Untersucht wurden die Böden: Sand, Lehm, Kompost, Niedermoor. Je Bodenart und Temperaturstufe wurden 4 x 30 Pflanzen herangezogen. Die 1. Versuchsreihe wurde in der Zeit vom 30. 11. 1956 bis 5. 4. 1957, die 2. Versuchsreihe in der Zeit vom 24. 5. bis 8. 6. 1957 durchgeführt. Die Töpfe wurden wöchentlich einmal mit 50 ccm einer 1%igen Volldüngerlösung gegossen. Die den Töpfen zugeteilte Gießwassermenge war für alle Töpfe die gleiche. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte durch Auszählung der Gesamt- und Brandpflanzenzahl.

### Ergebnis

Obleich an Hand der Infektionsergebnisse auf Tab. 4 der Eindruck erweckt wird, die hohe Keimungstemperatur von 17° C - 18° C wirkte mit Ausnahme von Kompost bei allen Böden infektionsfördernd, ergab die varianzanalytische Verrechnung kaum gesicherte Befallsdifferenzen. Die Infektionstemperatur hatte somit keinen entscheidenden Einfluß auf die Befallshöhe. Die vereinzelt aufgetretenen bodenbedingten Befallsunterschiede lassen in beiden Versuchen kein übereinstimmendes Verhalten erkennen. Bodenbedingte Befallsunterschiede liegen vor bei Versuch 1 (Auflaufstemperatur 9° C - 11° C) zwischen den auf Sand und Kompost sowie Kompost und Moor erzielten Befallsergebnissen. Bei Versuch 2 traten auf Grund des niedrigen Befalls auf Sandboden bei beiden Versuchstemperaturen Befallsunterschiede zwischen den auf Sand und den anderen Böden erzielten Ergebnissen auf. Temperaturbedingte Befallsunterschiede innerhalb der Bodenart liegen nur bei Sand im Versuch 1 vor. Da ungeachtet der hohen Temperaturen während des Auflaufes und der Weiterkultur im Gewächshaus und der dadurch bedingten raschen Entwicklung der Pflanzen weitaus höhere Infektionsergebnisse erzielt werden als unter Freilandbedingungen, gelangten SMITH (1932) und VOSS (1937) zu der Überzeugung, daß die bisherige Annahme, der Sommerweizen entwachse dem langsamer vordringenden Brandmyzel, nicht mehr vertretbar sei. Auf Grund der eigenen im Gewächshaus und Vegetationshaus erzielten Ergebnisse wird der hohe Befall als eine Folge der geringen Gewebefestigkeit angesehen, als deren Ursache schon CASPAR (1926) mangelnden Lichtgenuß und hohe Luftfeuchtigkeit erkannte. Unter vorliegenden Bedingungen wird der Ausbreitung des Parasiten im Pflanzengewebe kein genügender Widerstand entgegengesetzt. Abweichend vom normalen Krankheitsbild des Weizensteinbrandes wurde beim 2. Versuch an einzelnen Pflanzen, bei denen infolge eines starken Mehlaubefalls kurz vor dem Ährenschieben die brandigen Ähren in der Blattscheide stecken geblieben waren, ein Blattscheiden- und Halmbefall festgestellt. Infolge der eingetretenen Wachstumsstockung war es dem Parasiten gelungen, auf die der Ähre benachbarten Gewebe überzugreifen und in diesen eine vollständige Entwicklung bis zur Sporenbildung zu durchlaufen.

**Tabelle 4**  
Einfluß von Bodenart und Temperatur auf die Steinbrandinfektion unter Gewächshausbedingungen  
Ø Brandbefall je Bodenart und Temperatur

Bodenart	Brandbefall in %			
	Versuch 1		Versuch 2	
	9°—11° C	17°—18° C	9°—11° C	17°—18° C
Sand	57,5	79,3	13,5	13,8
Lehm	68,3	80,7	61,0	45,7
Kompost	87,8	73,8	49,5	36,3
Moor	64,8	78,9	43,4	57,1

### 4. Laborversuche zur Sporenkeimung

Wurde in den bisher angestellten Versuchen der Einfluß der zu prüfenden Faktoren auf das Infektionsergebnis, d. h. auf das Ergebnis der Wechselwirkung zwischen Parasit und Wirtspflanze geprüft, erfolgte nun in zwei verschiedenen Versuchsanstellungen die Untersuchung des direkten Einflusses dieser Faktoren auf die Sporenkeimung selbst.

Bei Versuch 1 wurde der Keimungsverlauf auf die Bodenoberfläche ausgestrichener Sporen untersucht. Die Bodenfeuchtigkeit betrug 20 % - 40 % - 60 % und 80 % d. WK. Versuchsgefäße waren Petrischalen von 9 cm Durchmesser. Die gewählten Versuchstemperaturen lagen bei 12° C - 15° C und 4° C - 8° C. Der Versuch wurde innerhalb von 10 Monaten 3 mal je Temperaturstufe in dreifacher Wiederholung durchgeführt. Die Bonitur der Sporenkeimung erfolgte mit dem Bino-kular (Vergr. 40x) nach dem bei GASSNER u. NIEMANN

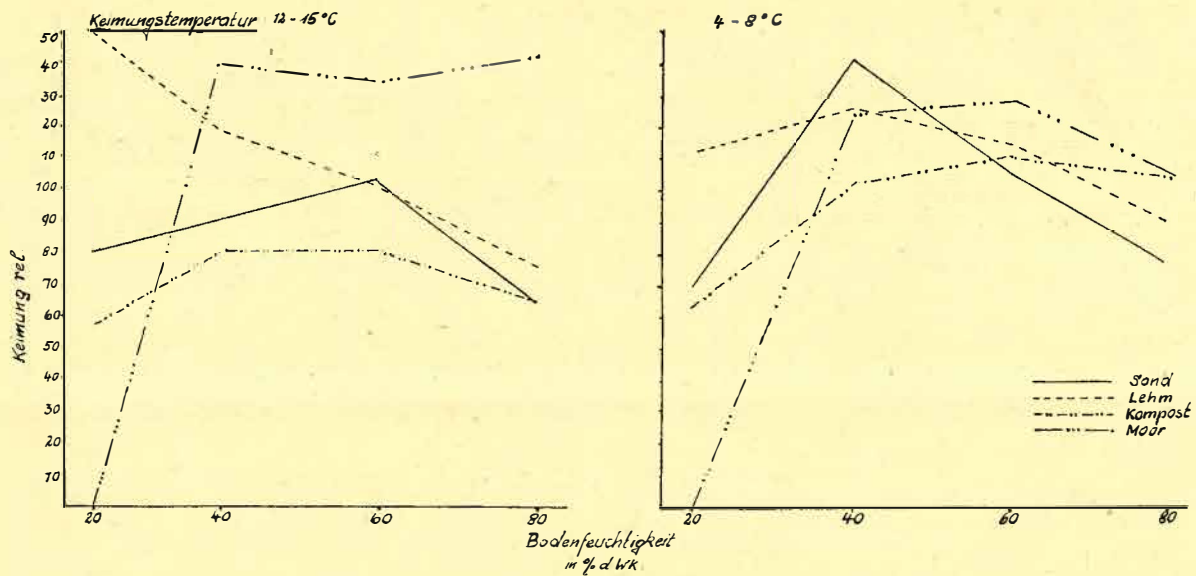


Abb. 3 Einfluß der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur auf die Keimung der Steinbrandsporen

(1954) angeführten Bonitierungsschema. Die erste Bonitur erfolgte stets am 4. Tage, da zu diesem Zeitpunkt die Keimung einsetzte. Die weiteren Bonituren erfolgten im zweitägigen Abstand bis zum Eintritt der maximalen Keimung. Für die bei 12° C – 15° C angesetzten Versuchsreihen wurde die Endbonitur am 8. Tage, für die bei 4° C – 8° C angesetzten am 19. Tage vorgenommen. Der graphischen Darstellung Abb. 3 liegen Relativzahlen, bezogen auf den Keimzahlendurchschnitt der Endbonituren der 6 Versuchsreihen zugrunde.

Bei Versuch 2 wurde der Keimungsverlauf der Sporen im Boden untersucht. Die Bodenfeuchtigkeit betrug wie bei den Pflanzenversuchen 35%–50% und 70% d. WK. Die Versuchstemperaturen lagen bei 7°, 13° und 18° C. Versuchsgefäße waren lasierte Tonschalen, die mit den zu prüfenden Böden bestimmten Wassergehaltes gefüllt wurden. Objektträger normaler Größe wurden einseitig in dünner Schicht mit Eiweißglycerin überzogen und eine Sporensuspension darauf ausgestrichen. Nach Antrocknung derselben, wurden die Objektträger mit der Schichtseite nach unten in 2-3 cm Tiefe in den Boden eingelegt. Die Bonitur erfolgte am 5., 7., 10., 16., 20., 40. und 60. Tag nach dem Ansatz. Die Bonitur wurde mit dem Mikroskop bei 450facher Vergrößerung vorgenommen. Je Objektträger wurden 10 Gesichtsfelder ausgezählt. Gezählt wurden die Gesamtsporenzahl und die Zahl der gekeimten Sporen je Gesichtsfeld. Der graphischen Darstellung Abb. 4 liegen Durchschnittswerte aus den Ergebnissen zweier Versuchsreihen zugrunde.

In beiden Versuchen wurden folgende Bodenarten zur Untersuchung herangezogen: Sand, Lehm, Kompost, Niedermoorboden.

#### Ergebnis

Die Ergebnisse beider Versuche lassen erkennen (Abb. 3 und 4), daß eine direkte Beeinflussung der Sporenkeimung durch Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur erfolgt. Es konnte festgestellt werden, daß unabhängig von Temperatur und Bodenfeuchtigkeit bodenbedingte Keimungsdifferenzen bestehen. Diese sind an dem unterschiedlichen Keimungsverlauf in bzw. auf den Böden innerhalb gleicher Feuchtigkeits- und Temperaturstufen erkennbar. Des weiteren wurde festgestellt, daß dieser Einfluß durch die herrschenden Temperatur- und Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse in seiner Wirkung entscheidend beeinflusst wird. Die daraus sich ergebende Schlußfolgerung ist, daß zwischen diesen drei Faktoren

eine Wechselbeziehung bestehen muß. Beobachtet wurde des weiteren, daß den optimalen Keimungsbedingungen in den einzelnen Böden unterschiedliche Bodenfeuchtigkeiten und Bodentemperaturen entsprechen. Werden sie geboten, unterscheiden sich die Bodenarten kaum durch eine unterschiedliche Beeinflussung der Sporenkeimung, wie nachfolgende Aufstellung zeigt:

Bonitirt nach Tagen	Bodenart	Bodenfeuchtigk. in % d. WK.	Temp. °C	Sporenkeimung in %
5	Sand	35	18	25,7
		50	18	25,6
	Lehm	50	18	33,3
		70	18	36,0
7	Kompost	70	18	36,2
		50	18	38,7
	Moor	70	7	43,0
		35	18	45,1
10	Lehm	50	18	43,8
		70	18	38,7
	Kompost	50	7	55,8
		70	7	52,3
16	Moor	50	13	51,9
		70	7	59,4
	Sand	50	7	59,5
		70	13	51,3
20	Lehm	70	18	61,5
		35	13	58,0
	Kompost	50	13	57,4
		70	7	64,0
	Moor	70	7	61,5
		50	13	66,8
	Lehm	70	18	66,3
		35	13	58,0
Kompost	50	13	57,4	
	35	18	66,2	
	Moor	70	7	66,3

Bezüglich der Wechselwirkung Bodenart - Bodenfeuchtigkeit wurde festgestellt, daß das Optimum der Sporenkeimung im Sandboden bei höherer Bodenfeuchtigkeit als im Lehm Boden liegt. Für Sandboden kann eine Bodenfeuchtigkeit zwischen 40 % und 60 % d. WK., für Lehm Boden eine Bodenfeuchtigkeit zwischen 20 % und 40 % d. WK. als optimale Bedingung für die Sporenkeimung angesehen werden. Hohe Bodenfeuchtigkeit (um 70 % d. WK.) erwies sich dagegen für Moor und Kompost als optimal. Auf Grund dieser unterschiedlichen Feuchtigkeitsoptima der Böden hinsichtlich der Sporenkeimung ist es erklärlich, daß bei geringer Bodenfeuchtigkeit der Einfluß der Bodenart stärker hervortritt als bei mittlerer Boden-



feuchtigkeit. So überrascht es keinesfalls, daß bei mittlerer Bodenfeuchtigkeit (50 % d. WK.) und mittlerer Keimungstemperatur (13° C) ein übereinstimmendes Keimverhalten in den verschiedenen Böden festgestellt werden konnte (Abb. 4). Außerdem wurde beobachtet, daß den Bodenarten hinsichtlich der Sporenkeimung auch unterschiedliche Temperaturoptima entsprechen. In Sand, Kompost und Moor wird die Sporenkeimung Lehm Boden gegenüber durch tiefe Temperaturen gefördert. Daß bei hoher Temperatur (18° C) die Sporenkeimung schneller erfolgt, bei tieferen Temperaturen (7°-13° C) jedoch eine stärkere Keimung erzielt wird, deutet daraufhin, daß die Temperatur nicht nur die Keimungsgeschwindigkeit, sondern auch das Ausmaß der Keimung beeinflusst. Letztere Feststellung deckt sich mit jenen von GASSNER u. NIEMANN (1955) und LOWTHER (1950).

Zusammenfassend sei hier noch einmal hervorgehoben, daß das Keimungsoptimum in den Böden variabel ist, es ändert sich mit der Temperatur, der Bodenfeuchtigkeit und der Geschwindigkeit der Sporenkeimung im Boden. PURDY (1957) gelangte bei Lehm Boden zu gleichen Feststellungen,

### Zusammenfassung

Vegetations- und Laborversuche ließen erkennen, daß der Einfluß von Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur auf die Steinbrandinfektion an Weizensorten auf einer Komplexwirkung beruht. Eine die Infektion bzw. die Sporenkeimung beeinflussende Wirkung der Bodenart ist vorhanden. In Abhängigkeit von Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur

ist diese Wirkung jedoch variabel. Optimale Bedingungen bieten die Böden nur bei einer der Bodenart entsprechenden Bodenfeuchtigkeit, Lehm und lehmiger Sand bei geringer, Sand bei mittlerer, Moor und Kompost bei mittlerer bis hoher Bodenfeuchtigkeit. Unter den Bodenarten entsprechenden optimalen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen ist der Einfluß der Bodenart nicht mehr erkennbar. Der zur Zeit der Saat vorliegenden Bodenfeuchtigkeit kommt ausschlaggebende Bedeutung für die Befallshöhe zu. In Sand- und Lehm Boden konnte bei geringer Bodenfeuchtigkeit keine Verzögerung der Brandsporenkeimung festgestellt werden. Die Keimung der Brandsporen verläuft bei tiefen bis mittleren Temperaturen (7° - 13° C) langsamer, dafür stärker als bei hohen Temperaturen (18° C). Stärkste Sporenkeimung wurde im Lehm Boden geringer Bodenfeuchtigkeit (20 % - 40 % d. WK.) bei 12° - 15° C, in Moor und Kompost mittlerer bis hoher Bodenfeuchtigkeit (50 % - 70 % d. WK.) bei tiefer bis mittlerer Temperatur (7° - 13° C), im Sand Boden mittlerer Bodenfeuchtigkeit (um 50 % d. WK.) bei mittlerer Temperatur erzielt. Bei Saatzeitversuchen mit Winterweizen erwies sich mit geringen Ausnahmen der Einfluß der Temperatur geringer als der der Bodenfeuchtigkeit. Unter Gewächshausbedingungen trat hohe Keimungstemperatur sowie hohe Temperatur während der Jugendentwicklung von Sommerweizen nicht als begrenzender Faktor für den Steinbrandbefall auf. Hinsichtlich des Sorteneinflusses erwies sich die Anfälligkeit einer Sorte auf Grund einer vorhandenen Infektionsdisposition abhängig von der Bodenart und den zur Zeit der Saat herrschenden Temperatur-

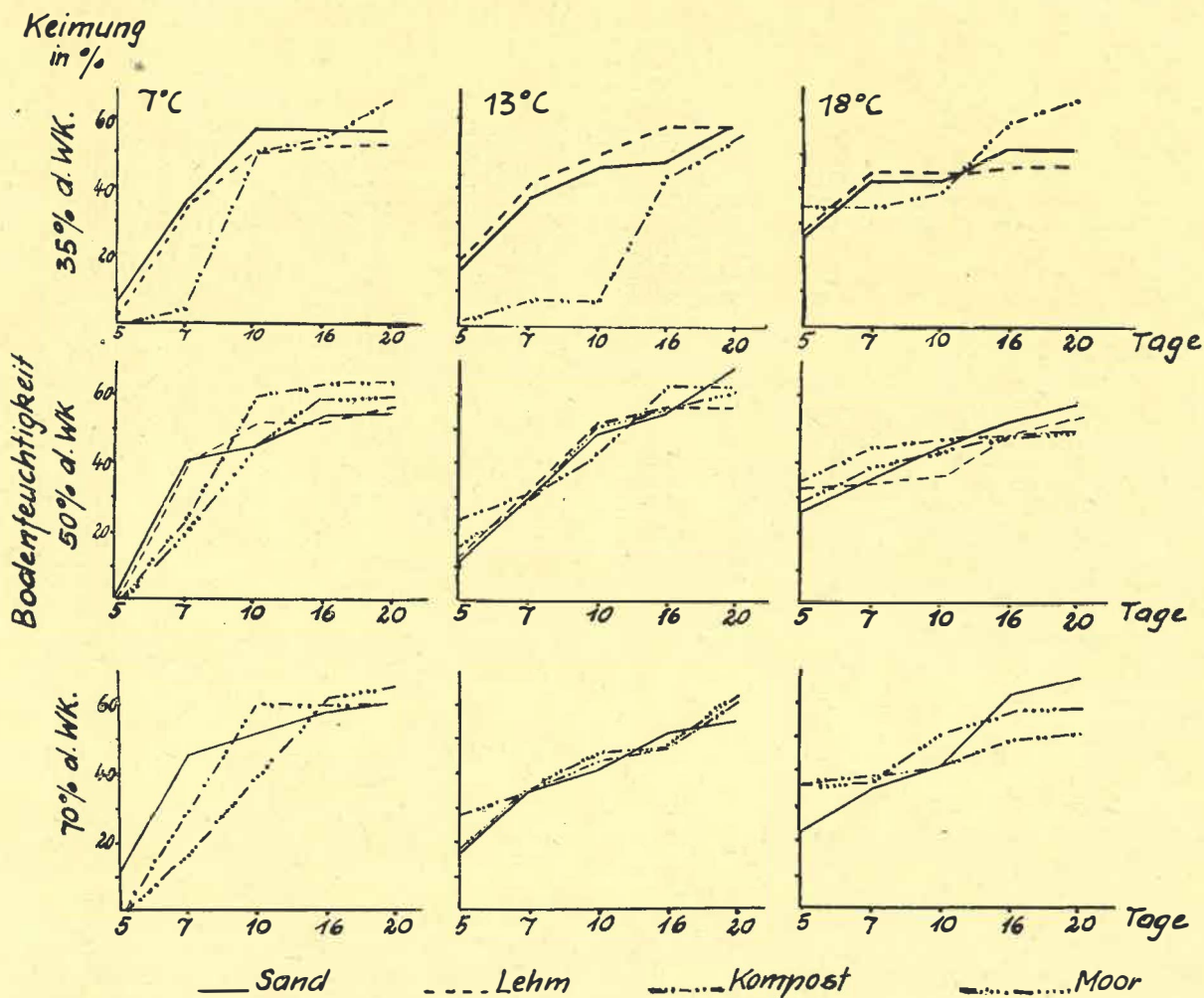


Abb. 4 Einfluß der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur auf die Keimung der Steinbrandsporen im Boden

und Bodenfeuchtigkeitsverhältnissen. Die Sorten Criewener 192, Derenburger Silber und Bastard II erwiesen sich auf Sandboden, die Sorte Hadmerslebener Stamm 4157/47 auf Lehmboden anfälliger.

### Резюме

Вегетационные и лабораторные опыты показали, что влияние этих трех факторов на заражение твердой головней основывается на комплексном действии. Отмечается влияние вида почвы на инфекционное прорастание или на прорастание спор, которое, однако, изменяется в зависимости от влажности и температуры почвы. Почвы предоставляют оптимальные условия при влажности, соответствующей данному виду почвы, а именно суглинистая и супесчаная почва при небольшой влажности, песчаная при средней, а торфяная почва и компост при средней до большой влажности. Среди оптимальных условий температуры и влажности, соответствующих видам почвы, уже нельзя больше установить влияния вида почвы. Имеющаяся во время посева влажность почвы имеет решающее значение для интенсивности заражения. В песчаных и суглинистых почвах при небольшой влажности почвы не удалось установить замедления прорастания спор головни. Прорастание спор головни при низких до средних температурах (7°—13° C) происходит более медленно, но зато более интенсивно чем при высоких температурах (18°). Самое сильное прорастание спор было получено в суглинистой почве небольшой влажности (20—40% водоемкости) при 12°—15° C, в торфяной почве и компосте средней до большой влажности (50—70% водоемкости) при низких до средних температурах (7°—15° C), в песчаных почвах средней влажности (примерно 50% водоемкости) при средних температурах. В опытах с разными сроками посева озимой пшеницы влияние температуры, несмотря на некоторые исключения, было меньше влияния влажности почвы. В тепличных условиях высокая температура прорастания, а также высокая температура во время ранней стадии развития яровой пшеницы не оказались факторами, ограничивающими заражение пшеницы твердой головней. В отношении влияния сортов выяснилось, что восприимчивость сорта зависит, на основании имеющейся склонности к инфекции, от вида почвы и данных условий температуры и влажности почвы во время посева. Сорта Кривенер 192, Деренбургер Зильбер и Бастард II оказались более восприимчивыми на песчаных почвах, а сорт Гадмерслебener Штамм 41 57/47 — на суглинистой почве.

### Summary

Outdoor- and laboratory experiments proved that the influence of these three factors on the infection of stinking smut is based on a complex effect. The soil species influences the infection as well as the germination of spores, but is variable as to the humidity and temperature of the soil. The soils offer optimal conditions only if their humidity corresponds with its special character: loam and loamy sand with slight humidity, sand with moderate, peaty soil and compost with medium resp. high humidity of the soil. On optimal conditions of temperature and humidity the influence of the soil species is no longer recognizable. The moisture of the soil at the time of sowing influence the severity of infestation supremely. In sandy and loamy soil no delay of the stinking smut spores' germination

might be stated. This germination is going on more slowly at low resp. medium temperatures (7° - 13° C) but more numerous at higher temperature (18° C). The most numerous germination of the spores was brought about in loamy soil with slight humidity (20 % up to 40 % of the capacity of water) at 12° - 15° C, in peaty soil and compost of medium up to high humidity of the soil (50 % - 70 % of the capacity of water) at low up to medium temperature (7°—13° C), in sandy soil of medium humidity (about 50 % of the capacity of water) at medium temperature. In experiments concerning the time of sowing of winter wheat the influence of temperature proved to be less than that of the humidity of the soil, irrespective of a few exceptions. On glasshouse conditions high temperature of germination as well as high temperature during the earlier period of growth of the spring wheat is no limiting factor to the infestation with stinking smut. The susceptibility of a variety, based on a disposition of infection, depends on the soil species and the conditions of temperature and humidity of the soil existing at the time of sowing. The varieties Criewener 192, Derenburger Silber and Bastard II proved to be more susceptible on sandy soil, the variety Hadmerslebener Stamm 4157/47 likewise on loamy soil.

### Literaturverzeichnis

- APPL, J.: Saatzeit und Steinbrandbefall des Weizens. Z. landwirtsch. Versuchswesen in Österreich 1915, 18, 45—54  
 CASPAR, R.: Über den Einfluß äußerer Faktoren auf den Steinbrandbefall des Weizens. Kühn-Arch. 1926, 12, 205—256  
 FARIS, J.: Factors influencing the infection of wheat by *Tilletia tritici* and *laevis*. Mycologia 1924, 16, 259—282  
 FEUCHT, W.: Die Wirkung des Weizensteinbrandes auf Sommer- und Winterweizen auf verschiedene Sorten bei künstlicher Infektion und ihre Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Phytopath. Z. 1932, 4, 247—290  
 GASSNER, G.: Über die Abhängigkeit des Steinbrandauftretens von der Bodenbeschaffenheit. Angew. Bot. 1925, 7, 80—87  
 GASSNER, G. und E. NIEMANN: Untersuchung über die Temperatur- und Lichtabhängigkeit der Sporenkeimung verschiedener *Tilletia*-Arten. Phytopath. Z. 1954, 21, 367—394  
 GASSNER, G. und E. NIEMANN: Über die Beeinflussung der Sporenkeimung des Zwergsteinbrandes und Roggensteinbrandes durch verschiedene Chemikalien. Phytopath. Z. 1955, 23, 120—140  
 GASSNER, G. und E. NIEMANN: Synergistische und antagonistische Wirkung von Pilzen und Bakterien auf die Sporenkeimung verschiedener *Tilletia*-Arten. Phytopath. Z. 1955, 23, 395—418  
 GÄUMANN, E.: Pflanzliche Infektionslehre. Basel, Verl. Birkhäuser 1951, 2. Aufl.  
 GIBS, W.: Veränderungen der Brandanfälligkeit durch äußere Bedingungen. J. Landwirtsch. 1924, 72, 111—124  
 GLATHE, H., C. v. BERNSTORFF und A. ARNOLD: Lebensgemeinschaft von Mikroorganismen und höheren Pflanzen im Bereich der Rhizosphäre. Zbl. Bakt. II 1954, 107, 481—488  
 HEALD, K. D. und H. M. WOOLMAN: Bunt or stinking smut of wheat. Wash. Agr. Exp. Sta. Bull. 1915, 126, 24  
 HECKE, L.: Einfluß von Sorte und Temperatur auf den Steinbrandbefall. Z. landwirtsch. Versuchswesen in Österreich 1909, 12, 49—66  
 HECKE, L.: Boden und Steinbrand. Bl. Pflanzenbau Pflanzenzücht. 1923, 2, 2—4  
 HEUSER, W.: Versuche über den Einfluß äußerer Bedingungen auf die Stärke des Steinbrandbefalls. Fühlings landwirtsch. Ztg. 1922, 71, 81—99  
 HILTNER, L.: Über die Ursache vermehrten Auftretens des Weizensteinbrandes und die gegen ihn zu treffenden Maßnahmen. Landwirtschaftl. Jb. Bayern 1920, 39—65  
 HUNGERFORD, CH. W.: The relation of soil moisture and soil temperature to bunt infection in wheat. Phytopathology 1922, 12, 337—352  
 KIRCHNER, O. v.: Untersuchungen über die Empfänglichkeit des Getreides für Brand- und Rostkrankheiten. Fühlings landwirtsch. Ztg. 1916, 65, 92—137  
 KLAPP, E.: Lehrbuch des Acker- und Pflanzenbaues. Berlin, Verl. Parey 1954, 4. Aufl.  
 KNORR, C.: Untersuchungen über das Verhalten von Sommerweizensorten und Bastardierungen bei künstlicher Infektion mit Steinbrand. Z. Pflanzenzücht. 1929, 14, 261—310  
 KÜHNEL, W.: Beiträge zur Ökologie des Weizensteinbrandes *Tilletia caries* (DC) Tul. Inaugural-Dissertation, Berlin 1958  
 LASSER, E.: Der Einfluß von Licht und Jarowisation auf den Befall von Weizen, Hafer und Gerste durch *Tilletia*, *Ustilago* und *Helmintosporium*. Kühn-Arch. 1938, 44, 161—210  
 LOWTHER, C. V.: Chlamydo-spores germination in physiologic races of *Tilletia caries* and *Tilletia foetida*. Phytopathology 1950, 40, 590—603  
 MÜLLER, H.: Ergebnisse von Versuchen über verschiedene Herkünfte von Weizensteinbrand. Z. Pflanzenbau Pflanzenschutz 1954, 5, 173—176

- MÜLLER, H. und MOLZ: Über Brandbekämpfung und Einfluß der Bestellzeit beim Sommerweizen auf dessen Ertrag und Gesundheit. Dtsch. landwirtsch. Versuchsstation 1914, 83, 211-220
- MÜLLER, H. und G. SCHUHMAN: Untersuchungen über die Ursachen von Beizfehlschlägen bei der Bekämpfung des Weizensteinbrandes. Phytopath. Z. 1954, 22, 305-325
- NEUMANN, P. und E. SCHAFFNIT: Über den Einfluß des Bodens, insbesondere von Torf- und Moorboden, auf die Infektion von Keimlingen landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen durch parasitäre Bodenpilze. Z. Pflanzenbau Pflanzenschutz 1953, 4, 241-251
- NIEMANN, E.: Taxonomie und Keimungsphysiologie der Tilletia-Arten von Getreide und Wildgräsern. Phytopath. Z. 1956, 28, 113-167
- NILOVA, V. P. und G. N. EGOROVA: Biochemical basis of resistance of wheat to bunt. Trud. vsesoyuz. Inst. Zashch. Rast. 1951, 3, 78-84 (russ.) Ref. Rev. appl. Myc. 1957, 7, 462
- PURDY, L. H. and E. L. KENDRICK: Influence of environmental factors on the development of wheat bunt in the Pacific Northwest. I. Effect of soil moisture and soil temperature on spore germination. Phytopathology 1957, 47, 591-594
- RABIEN, H.: Über Keimungs- und Infektionsbedingungen von Tilletia tritici. Arb. BRA. 1927, 15, 297-353
- REICHERT, J.: Comparative bunt resistance of wheat in Palestine. Inst. of Agric. and nat. Hist. Bull. 1928, 9. Zitiert in ROEMER und BARTHOLLY. Aggressivität verschiedener Steinbrandherkünfte und ihre Veränderung durch die Wirtsorte. Phytopath. Z. 1933, 6, 469-506
- RODENHISER, H. A. und J. W. TAYLOR: Effects of soil type, soil sterilization and soil reaction on bunt infection at different incubation temperatures. Phytopathology 1940, 30, 400-408
- ROEMER, TH. und R. BARTHOLLY: Aggressivität verschiedener Steinbrandherkünfte und ihre Veränderung durch die Wirtsorte. Phytopath. Z. 1933, 6, 469-506
- SAVULESCU, T.: Das Vorkommen und die Verbreitung der in Rumänien den Weizensteinbrand hervorrufenden Tilletia-Arten. Phytopath. Z. 1944, 14, 148-187
- SAVULESCU, T.: Zur Biologie und Systematik der Tilletia-Arten die den Steinbrand des Weizens verursachen. Kongreßbericht, Pflanzenschutzkongreß Berlin 1955. Akademie-Verl., Berlin
- SAVULESCU, T.: Die physiologischen Rassen von Tilletia foetens (Bauer) Liro und die den Steinbrand hervorrufenden Tilletia-Arten in der Rumänischen Volksrepublik. Phytopath. Z. 1956, 25, 267-311
- SESSOUS, G.: Beobachtungen über den Steinbrandbefall. Dtsch. Landwirtsch. Presse 1920, 47, 557
- SCHUHMAN, G.: Weitere Beobachtungen über den Einfluß von Umweltbedingungen auf die Wirkung von Beizmitteln bei der Steinbrandbekämpfung. Z. Pflanzenbau Pflanzenschutz 1955, 6, 193-204
- SMITH, W. K.: The effect of different temperatures on the reaction of Hone wheat to bunt. Phytopathology 1932, 22, 615-627
- STRAIB, W.: Untersuchungen über die Ursache verschiedener Sortenanfälligkeit gegenüber Steinbrand. Pflanzenbau 1927/28, 4, 129-136
- VOLKART, A.: Die Bekämpfung des Steinbrandes des Weizens. Landwirtschftl. Jb. Schweiz 1906, 20, 445-490
- VOSS, J.: Zur Methodik der Prüfung der Weizensorten auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Weizensteinbrand. Pflanzenbau 1937, 14, 113-153
- WINKELMANN, A.: Ein Beitrag zur Frage der Quecksilberresistenz von Tilletia tritici. Höfchen-Briefe 1954, 7, 57
- WOOLMAN, H. M.: Infection phenomena and host reactions caused by Tilletia tritici in susceptible and nonsusceptible varieties of wheat. Phytopathology 1930, 20, 637-652
- ZSCHEILE, F. P.: The influence of temperature on the expression of bunt in susceptible and resistant wheats. Phytopathology 1956, 46, 168-174

## Eine Verticilliose des Leins (*Linum usitatissimum* L.) in Deutschland

Von G. M. HOFFMANN und W. RONDONANSKI

Aus der Biologischen Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Institut für Phytopathologie Aschersleben

Seit mehreren Jahren beobachten wir in Brandenburg und Sachsen-Anhalt eine bisher noch nicht beschriebene Krankheitserscheinung an Leinpflanzen, über deren Symptomatologie und Ätiologie nachstehend berichtet werden soll.

### Das Krankheitsbild

In Leinfeldern beobachtet man gelegentlich zur Reifezeit meist nesterweise zusammenstehende Pflanzen, die durch eine bleigraue bis dunkelgraublau Verfärbung des Stengels auffallen. Diese Veränderungen können nur wenig über den Wurzelhals hinausgehen, das untere Drittel der Pflanze erfassen oder sich über den ganzen Stengel einschließlich der Verzweigungen im Bereich der Infloreszenz erstrecken (Abb. 1). Die Pflanzen sind vielfach umgebrochen, mehrfach geknickt und liegen wirt zwischen den noch gesunden Nachbarpflanzen.

Derartig erkrankte Pflanzen lassen sich leicht aus der Erde ziehen und zeigen meist eine weitgehende Zerstörung des Wurzelsystems. Innerhalb des erkrankten Stengelbereiches löst sich das Rindengewebe leicht vom Holzteil und bei Zerreißproben wird deutlich, daß die Fasern nur eine geringe Festigkeit besitzen. Bei stark befallenen Pflanzen ist die Faser soweit zerstört, daß sich die Stengel glatt durchbrechen lassen. Eine wirtschaftliche Ausbeute des Faseranteiles ist nicht mehr möglich.

Bei mikroskopischer Betrachtung erkennt man, daß das Rindenparenchym, der Holzteil und das Lumen mit Mikrosclerotien durchsetzt sind (Abb. 2). Das Rindengewebe ist runzlig geschrumpft und mit Luft gefüllt, wodurch die befallenen Pflanzen ein silbergraues Aussehen erhalten.

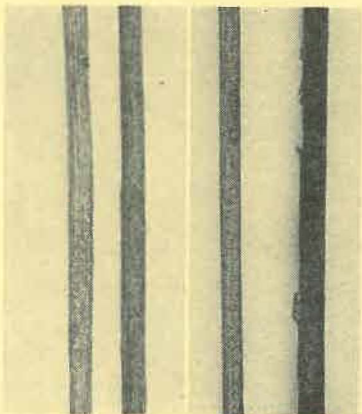


Abb. 1 (links) Durch *Verticillium albo-atrum* befallene Leinstengel (künstl. Infektion)

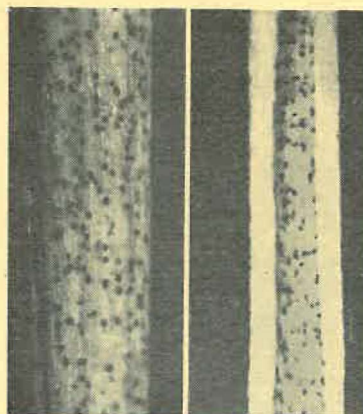


Abb. 2 (rechts) Mikrosclerotien von *Verticillium albo-atrum* (links im Rindenparenchym; rechts im Lumen)