

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



Pflanzenschutz im Ackerbau

Festschrift anlässlich des 80. Geburtstages
von
Dr. Friedrich Schütte

Plant Protection in Agriculture

Publication in honour of the 80th birthday
of
Dr. Friedrich Schütte

Zusammengestellt von
Bärbel Schöber-Butin

Heft 388
Berlin 2002

Herausgegeben von der
Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Berlin und Braunschweig
Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-8263-3364-0

Dr. Bärbel Schöber-Butin

Biologische Bundesanstalt für Land- und
Forstwirtschaft
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland
Messeweg 11/12
38104 Braunschweig, Germany

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Pflanzenschutz im Ackerbau : Festschrift anlässlich des 80.
Geburtstages von Dr. Friedrich Schütte = Plant Protection in
Agriculture / hrsg. von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und
Forstwirtschaft Berlin und Braunschweig. Zsgest. von Bärbel Schöber-Butin.
- Berlin : Parey, 2002

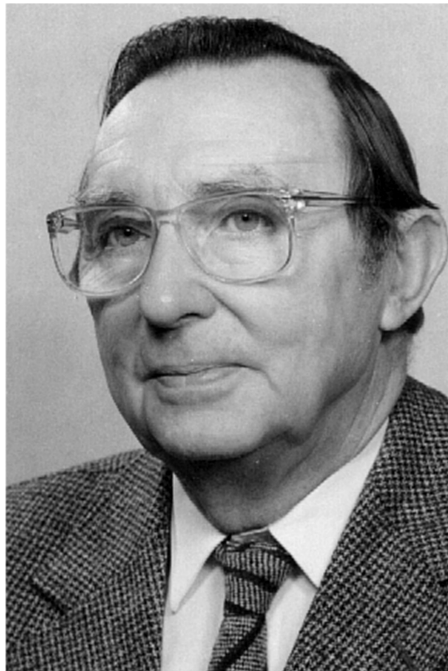
(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land-
und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 388)

ISBN 3-8263-3364-0

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 2002.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben bei auch nur auszugsweiser Verwertung vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Kommissionsverlag Parey Buchverlag Berlin, Kurfürstendamm 57, 10707 Berlin,
Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin.



DR. FRIEDRICH SCHÜTTE

Ehemaliger Leiter des Instituts für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland (1980 – 1987)

Würdigung

Honour

DR. FRIEDRICH SCHÜTTE 80 Jahre

FRIEDRICH SCHÜTTE, ehemaliger Leiter des Institutes für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft vollendet am 17. März 2002 sein 80. Lebensjahr.

Das vorliegende Heft der Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft mit Beiträgen seiner ehemaligen Mitarbeiter und Kollegen ist FRIEDRICH SCHÜTTE zu seinem 80. Geburtstag gewidmet und soll ein Dankeschön für seine geleistete Arbeit für den Pflanzenschutz und für die Biologische Bundesanstalt sein. Die wichtigsten Stationen seines Lebens seien hier nochmals aufgezeigt. Sein langjähriges Wirken für den Pflanzenschutz und in der Biologischen Bundesanstalt ist anlässlich seines Ausscheidens aus dem aktiven Dienst umfassend gewürdigt worden.

FRIEDRICH SCHÜTTE wurde in Münster/Westfalen geboren und besuchte die dortige Oberschule bis zum Abitur 1940. Nach dem Arbeitsdienst wurde er Soldat und kehrte Ende 1945 aus der Kriegsgefangenschaft in die Heimat zurück. Nach halbjähriger landwirtschaftlicher Volontärzeit begann er das Studium der Naturwissenschaften an der Universität Münster, das er 1955 mit der „mit Auszeichnung“ beurteilten Promotion abschloss. Das Thema seiner Dissertation lautete „Untersuchungen über die Populationsdynamik des Eichenwicklers (*Tortrix viridana* L.)“. Sein wissenschaftlicher Werdegang wurde entscheidend durch seinen Doktorvater, den durch seine ökologischen Lehrbücher weltbekannten PROF. DR. F. SCHWERTFEGER, beeinflusst. Seine ersten wissenschaftlichen Arbeiten befassten sich mit der Populationsdynamik von Insekten. Zu den Forschungsobjekten zählten der Eichenwickler, Frostspannerarten an Eiche und Buche und die Lärchenminiermotte. Daneben galt sein Interesse besonders dem Vogel- und Ameisenschutz, dem er in späteren Jahren noch eine Reihe von Arbeiten widmete.

1960 trat FRIEDRICH SCHÜTTE in die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft ein. Nach 2-jähriger Tätigkeit am Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung, dem heutigen Institut für Biologische Pflanzenschutz in Darmstadt, wechselte er an das damalige Institut für Getreide-, Ölfrucht- und Futterpflanzenkrankheiten in Kiel-Kitzeberg. Im Mittelpunkt seiner Arbeiten standen die Populationsdynamik, die Prognose und die Bekämpfung tierischer Schaderreger in Ackerbaukulturen.

SCHÜTTE befasste sich schon früh mit ökologischen Fragen, um die Erkenntnisse aus diesen Arbeiten als Grundlage für einen damals noch in den Anfängen stehenden integrierten Pflanzenschutz zu nutzen, bei dem es Fragen der Fruchtfolge, der Sortenwahl, der Schadensschwelle bei der Insektizidanwendung zu berücksichtigen galt. SCHÜTTE entwickelte Modelle für die integrierte Bekämpfung der Sattelmücke und der Weizengallmücke. Bekämpfungsbeispiele bei Rapsschädlingen durch großräumige Fruchtfolge-Regelungen folgten.

Besonders interessiert zeigte sich FRIEDRICH SCHÜTTE an der Aufklärung des Rückganges des Maikäfers, was er mit dem Fehlen von Nahrungspflanzen erklärte. Das in Kitzberg auf dem Instituts-Gelände errichtete „Maikäferhaus“ wird vielen noch in Erinnerung sein.

Auch als Institutsleiter mit vielfältigen Aufgaben hat SCHÜTTE die Forschung nie vernachlässigt, insbesondere reizten ihn alle Fragen des Pflanzenschutzes in Raps. Entsprechend seiner frühen Arbeiten über den Integrierten Pflanzenschutz führte er vergleichende Untersuchungen zu den Auswirkungen verschiedener Pflanzenschutz- und Produktionsverfahren in großen landwirtschaftlichen Betrieben in Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen durch, die sowohl Aussagen zu ökologischen als auch ökonomischen Problemen möglich machen sollten.

FRIEDRICH SCHÜTTE war in den Jahren 1968 bis 1970 im Rahmen der Entwicklungshilfe in El Salvador tätig und erarbeitete dort Vorschläge zur Bekämpfung von Baumwollschädlingen. Weitere Forschungsaufträge folgten sodann 1974 in Bolivien, 1975 im Iran und 1980 im Sudan.

1974 übernahm FRIEDRICH SCHÜTTE als Nachfolger von DR. BUHL die Institutsleitung in Kitzberg. Nach Eingliederung des Institutes in Kitzberg in das Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland in Braunschweig wurde DR. SCHÜTTE nach Ausscheiden des damaligen Leiters DR. ULLRICH auch die Leitung des Institutes in Braunschweig übertragen, die er bis zu seiner Pensionierung 1987 innehatte.

DR. SCHÜTTE war ein engagierter, zielstrebig Forscher, der seine Ergebnisse und Kenntnisse in über 90 Publikationen darlegte. Besonders hervorzuheben ist sein Buch „Prognose wichtiger Pflanzenschädlinge in der Landwirtschaft“, das er mit C. Buhl verfasste. Im Mittelpunkt seiner gesamten Forschungstätigkeit stand schon frühzeitig die Entwicklung integrierter Pflanzenschutzverfahren, wobei er nie den direkten Bezug zur Praxis vermissen ließ und stets die Bedürfnisse der Landwirtschaft berücksichtigte.

DR. SCHÜTTE war auf Grund seiner ausgewiesenen Kenntnisse und seines breiten Wissens in vielen Gremien der Bundesrepublik Deutschland und der EU tätig. Er war ein gesuchter und geschätzter Gesprächspartner und Experte in vielen Institutionen. Zahlreichen Diplomanden und Doktoranden stand er bei der Anfertigung ihrer ersten wissenschaftlichen Arbeiten hilfreich zur Seite und Gastwissenschaftlern aus dem In- und Ausland suchten seinen Rat. Toleranz, Hilfsbereitschaft, Sachlichkeit, Uneigennützigkeit und Bescheidenheit sowie Humor und großes Wissen zeichnen Friedrich Schütte aus.

Bei seinen ehemaligen Mitarbeitern und Kollegen genießt FRIEDRICH SCHÜTTE Hochachtung und große Wertschätzung.

Nach seiner Pensionierung war er der BBA weiterhin verbunden und führte noch über mehrere Jahre ein von ihm eingeleitetes Forschungsvorhaben unter Beteiligung von 3 Bundesländern fort. Nach Abschluß dieser Arbeiten zog es FRIEDRICH SCHÜTTE zurück in sein geliebtes Mönkeberg in Schleswig-Holstein, wo er seinen Ruhestand genießt.

Alle Kollegen, insbesondere die seines ehemaligen Instituts wünschen ihm für die weitere Zukunft von Herzen Gesundheit und persönliches Wohlergehen.

Gerhard Bartels

Inhaltsverzeichnis

Würdigung <i>Honour</i>	5
Zur Bedeutung der Resistenz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen <i>Importance of the resistance of crops</i> Bärbel Schöber-Butin	9
Bedeutung und Bekämpfung des Kartoffelkrebses in Deutschland <i>Importance and controlling of potato wart in Germany</i> Hans Stachewicz	16
Pflanzenschutzprobleme bei nicht-wendender Bodenbearbeitung <i>Plant protection problems in non-tillage cultivation</i> Gerhard Bartels	25
Möglichkeiten der Bekämpfung von <i>Drechslera tritici-repentis</i> und deren Wirtschaftlichkeit <i>Possibilities for controlling <i>Drechslera tritici-repentis</i> and their economic effects</i> Bernd Rodemann	33
<i>Ramularia</i>-Blattflecken - eine neue Gerstenkrankheit <i>Ramularia leaf spots – a new barley disease</i> Edelgard Sachs	47
Zur <i>Septoria</i>-Weizenblattdürre <i>Septoria leaf blotch of wheat</i> Horst Mielke	50
Virulenzentwicklung des Weizengelbrostes, <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>, in der Bundesrepublik Deutschland <i>Development of virulence of wheat yellow rust, <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>, in the Federal Republic of Germany</i> Kerstin Flath und Gerhard Bartels	60
Möglichkeiten zur Reduzierung der Blattlauszahlen und des Virusbefalls im Raps im Herbst <i>Possibilities to reduce aphid numbers and TuYV infection rates in winter oil seed rape</i> Udo Heimbach und Christa Eggers	67
Diagnose-Techniken zum Nachweis pflanzenpathogener Mikroorganismen <i>Diagnosis techniques for the detection of plant pathogenic micro-organisms</i> Frank Niepold	76
Anschrift der Autoren	80

Zur Bedeutung der Resistenz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen

Importance of the resistance of crops

Bärbel Schöber-Butin

Im Pflanzenschutzgesetz wird dem integrierten Pflanzenschutz (IPS) eine bedeutende Rolle bei der Schonung der Umwelt und der Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln zugewiesen. Die Definition des IPS lautet:

„Der Integrierte Pflanzenschutz umfasst eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird“ (Pflanzenschutzgesetz vom 14. Mai 1998).

Dieses Postulat fasst eine Reihe von Kriterien zusammen, unter denen die Resistenz der Kulturpflanzen eine herausragende Stellung einnimmt. An Hand des am besten untersuchten Wirt-Parasit-Paares Kartoffel/*Phytophthora infestans* soll gezeigt werden, welche Bedeutung die Resistenz bei den Interaktionen zwischen Pflanze und Pathogen hinsichtlich Prognose und Bekämpfung besitzt. Um die Auswirkungen zu beschreiben, welche die Resistenz nicht zuletzt auch für den Verbraucher hat, wurde weiterhin die Kulturpflanze Weizen gewählt.

Die Resistenz der Kulturpflanzen kann gegenüber dem Erreger spezifisch oder unspezifisch sein. Zwischen beiden Resistenzformen kommen alle Übergänge vor; selbst in einer Pflanze können spezifische und unspezifische Resistenz verankert sein. Die spezifische Resistenz beruht meist auf Haupt- oder Resistenzgenen, die dominant vererbt werden. Beispiele hierfür sind die Wirt-Parasit-Paare Kartoffel mit *Phytophthora infestans* oder *Synchytrium endobioticum* sowie Weizen mit *Puccinia graminis* oder *P. striiformis*. Die unspezifische Resistenz ist meist polygen bedingt. Beispiele hierfür finden sich wiederum bei der Kartoffel im Hinblick auf *Fusarium coeruleum* oder *Phytophthora infestans*. Auch bei den Getreidearten und ihren Krankheitserregern sind genügend Beispiele zu finden.

Phytophthora infestans führt im Durchschnitt der Jahre allein durch das schnelle Absterben des befallenen Krautes zu einem Ertragsverlust von 30%. Rechnet man noch die Verluste im Lager durch braunfaule Kartoffelknollen hinzu, so können in den für den Pilz günstigen Jahren 100% der Ernte vernichtet werden. Sehr früh wurde daher mit der Züchtung resistenter Kartoffelpflanzen begonnen. Die erwünschte Steigerung der Resistenz wurde durch die Kreuzung von Landsorten hauptsächlich mit *Solanum demissum* erreicht, das verschiedene Hauptgene gegen *Phytophthora infestans* enthält. Es handelt sich hier um eine spezifische Resistenz, die bekanntlich sehr schnell wieder vom Pilz überwunden werden kann.

Die Entstehung und Selektion neuer Pathotypen, d. h. neuer virulenter Pilzstämmen, geht relativ schnell. Während 1950 nur zwei einfache Pathotypen zu finden waren, dominierten 1980 bereits komplexe Pathotypen, die alle bis jetzt bekannten Hauptgene in der Kartoffel überwinden können. Heute sind nur noch komplexe Pathotypen zu finden. Die einfachen sind aus der Population verschwunden. Wie schnell diese Entwicklung in der Praxis ablief, zeigt das Beispiel der Sorte 'Kristalla' mit dem Hauptgen 10. Bereits im dritten Jahr nach der Zulassung durch das Bundessortenamt brachen die Bestände dieser Sorte zusammen, weil sich ein neuer Pathotyp 1.4.10 herausgebildet hatte, der in der Lage war, die spezifische Resistenz der Pflanze zu überwinden. Tabelle 1 zeigt die Entwicklung der Pathotypen in den letzten 50 Jahren in Deutschland (SCHÖBER-BUTIN, 1999).

Zwar hat die spezifische Resistenz im Hinblick auf *Phytophthora infestans* im Kartoffelbau der Bundesrepublik Deutschland ihre Bedeutung verloren; in einigen afrikanischen Ländern sieht es aber anders aus. Dort sind noch alte deutsche Sorten mit spezifischer Resistenz zu finden. In Kenia wird noch immer mit Erfolg die Sorte 'Anett' mit dem Hauptgen 6 vermehrt. Es wäre eine reizvolle und interessante Aufgabe der Frage nachzugehen, warum sich der entsprechende Pathotyp dort nicht so schnell gebildet und ausgebreitet hat, wie in Europa. Eine Antwort darauf könnte vielleicht auch bei der Lösung der europäischen Probleme weiterhelfen.

Tab. 1 Entwicklung der Pathotypen von 1950 – 2000

Jahr	Pathotypen
1950	0, 1
1960	0, 1, 4, 1.4, 1.2.3.4
1970	1, 4, 1.4, 1.2.4, 1.3.4, 1.2.3.4, 2.4
1980	1.4, 1.3.4, 1.2.3.4, 1.3.10, 1.4.10, 1.3.4.10, 1.3.4.7.8.10.11
1990	1.2.3.4.7.8, 1.2.3.4.7.8.10.11, 1.2.3.4.5.7.10.11, 1.2.3.4.5.7.8.10.11, 1.3.4.7.10, 1.3.4.7.8.10, 1.3.4.6.7.8.10.11, 2.3.4.7.8.10.11, 3.4.7.8.10.11
2000	1.3.4.7, 1.3.4.7.8, 1.3.4.7.10.11, 1.3.4.7.8.10.11, 1.3.4.5.7.10.11, 1.3.4.5.7.8.10.11, 1.2.3.4.6.7, 1.2.3.4.5.7.8.10.11, 1.2.3.4.5.6.7.8.10.11, 1.2.3.4.6.7.8.10.11, 3.4.7.10.11, 3.4.7.8.10.11

Nach den bisherigen Erfahrungen ist die unspezifische Resistenz weitaus dauerhafter als die spezifische. Während die spezifische Resistenz eine „Alles-oder-Nichts“ Reaktion darstellt, sind bei der unspezifischen Resistenz alle quantitativen Eigenschaften von gering anfällig bis hoch anfällig vorhanden. Merkmale dieser Resistenz sind:

- Verringerung der Infektionsrate durch vermindertes Eindringungsvermögen, z. B. durch stärkere Behaarung der Blätter (HENNIGER & BARTEL, 1963)
- Verlangsamung der Myzelausbreitung im Gewebe
- Verzögerung der Sporangienbildung
- Verringerung der Sporangienproduktion.

Zur Schwererfassbarkeit dieser Merkmale kommt hinzu, dass es nicht genügt, die Resistenz der Blätter oder der Knollen allein zu prüfen; denn Blätter und Knollen können eine unterschiedliche Resistenz aufweisen. Zurzeit findet sich in der Beschreibenden Sortenliste Kartoffel keine Sorte mehr, die im Blatt hoch anfällig und in der Knolle gering anfällig ist.

Tab. 2 Beispiele für unterschiedliche Anfälligkeit von Blatt und Knolle (1 gering anfällig, 9 hoch anfällig; Bonitur nach Beschreibender Sortenliste Kartoffel 2001)

Sorte	Anfälligkeit von Blatt	Anfälligkeit von Knolle
Tessi, Natalie	gering: 3	gering: 3
Sjamero	gering: 3	hoch: 7
Grata, Ukama	mittel: 5	mittel: 5
Arosa, Gloria, Hela	mittel: 6	gering: 3

Wie dauerhaft die unspezifische Resistenz gegenüber der spezifischen ist, zeigt das Beispiel der Sorte Voran. Diese Sorte wurde vor rund 60 Jahren zugelassen. Bei der Zulassung wurde sie mit mittlerer Resistenz beschrieben und auch heute erhält sie sowohl im Blatt- als auch im Knollentest eine 5 bei einer Boniturskala von 1 gering anfällig bis 9 hoch anfällig.

Die Prüfung der Blattresistenz erfolgt auf ausgestanzten Blättchen, die in einer Feuchtkammer aufbewahrt werden. Inokuliert wird mit Zoosporen eines möglichst komplexen Pathotyps, um trotz eventuell vorhandener Hauptgene die unspezifische Resistenz prüfen zu können. Dieser, – im Labor durchgeführte – sogenannte Hodgson-Test, ist zwar sehr arbeitsintensiv, er gibt aber sicherere Ergebnisse als die Feldprüfung, weil erstens nicht in jedem Jahr *Phytophthora infestans* im Freiland auftritt und zweitens alle zu prüfenden Sorten unter den gleichen Umweltbedingungen mit der gleichen Zoosporenzahl getestet werden (HODGSON, 1961).

Das gleiche trifft für die Prüfung der Resistenz der Knolle zu. Sie erfolgt an 1 cm dicken Scheiben, die 24 Stunden vor der Inokulation aus den Knollen der zu prüfenden Sorten geschnitten werden. Ein Maß für die Resistenz ist die Zeit, die der Pilz für das Durchwachsen der Scheiben benötigt und die Stärke der Myzelausbildung auf der entgegengesetzten Seite.

Dieser Test, der in Zusammenarbeit mit dem Bundessortenamt entwickelt wurde, befriedigt nicht ganz (LAPWOOD, 1965, 1967, 1977; SCHÖBER & HÖPPNER, 1972). Die größte Gefahr für eine Inokulation der Kartoffelknollen mit Sporangien besteht in der Ernte. Hier spielen aber neben der Resistenz des Knollengewebes noch andere Faktoren eine Rolle, die nicht erfaßt werden können, wie z. B. Schalenfestigkeit, aber auch Witterungsbedingungen oder schnelle Abtrocknung der geernteten Knollen. Einen Test, der alle diese Fragen einschließt, gibt es bis heute nicht.

Um zumindest die Prüfung der Resistenz der Blätter sicherer und schneller zu erfassen, wird zurzeit ein ELISA-Verfahren geprüft. Das Verfahren beruht auf einer Antigen-Antikörper-Reaktion, die durch eine Enzym-Farbreaktion sichtbar gemacht werden kann. Als Antigen werden entweder das Myzel oder die löslichen Plasmaproteine bzw. die gefällte Proteinfraktion verwendet. Die Antikörper-Produktion erfolgt durch Immunisierung von Kaninchen. Als Enzym dient Ziege-Kaninchen-IgG-alkalische Phosphatase und als Substrat p-Nitrophenyl-phosphat. Die Farbreaktion kann im Photometer bei 405 nm gemessen werden.

Beide ELISA sind gattungsspezifisch, d. h. es gibt Kreuzreaktionen mit allen *Phytophthora*-Arten. Die Nachweisgrenze liegt bei 10 ng Myzeltrockensubstanz pro ml. Der ELISA kann auch bei der Prüfung der Resistenz der Knollen angewendet werden. Hier ist jedoch das Problem der Probenahme noch nicht gelöst (HARRISON, 1990; KNAPOVA et al. 1992, 1993; KNAPOVA, 1995). Schneller kann *Phytophthora infestans* im Gewebe mit Hilfe des Tissueprint-Immunopress-Blotting-Verfahrens nachgewiesen werden. Allerdings ist hier z. Z. nur eine ja/nein-Antwort möglich (DEHNE et al. 2000).

Will man nicht mit dem Erreger selbst arbeiten, kann man das von *Phytophthora infestans* ausgeschiedene Toxin für die Selektion resistenter Kartoffelzuchtstämme sowie für die Resistenzprüfung einsetzen. Dieses Toxin, das bis jetzt nur teilweise gereinigt werden konnte, ruft Welkeerscheinungen und Nekrosen bei Blättern hervor. Auf Kartoffelscheiben zeigen sich ebenfalls Nekrosen, außerdem werden Suberin an die Zellwände angelagert und Phytoalexine angehäuft. Diese Reaktionen, die bereits drei Tage nach der Behandlung sichtbar sind, entsprechen den Reaktionen von relativ resistenten Kartoffelknollen und Blättern auf den Erreger selbst. Um diesen Toxintest, der wesentlich schneller und einfacher durchzuführen ist als der Test mit dem Erreger, in die Praxis einzuführen, müsste das Toxin vollständig gereinigt und der Test mit einer Vielzahl von Sorten überprüft werden (STOLLE & SCHÖBER, 1984, 1985a, b, c, d).

Die Resistenz ist aber auch im Hinblick auf die Prognosen von Bedeutung. Der Beginn der Bekämpfung der Krautfäule kann zunächst durch Anwendung der Negativprognose bestimmt werden. Diese von ULLRICH und SCHRÖDTER (1966) entwickelte Prognose, die das Ende der befallsfreien Zeit angibt, hat zwei Grenzwerte. Der erste Wert 150 sagt aus, dass *Phytophthora infestans* auftreten kann. Bei hochanfälligen Sorten muss nun mit der Bekämpfung begonnen werden. Bei relativ resistenten Sorten kann mit der Fungizidapplikation noch gewartet werden, höchstens allerdings bis zum Erreichen des zweiten Grenzwertes. Dieser liegt bei 270 und drückt aus, dass die Befallsbedingungen so günstig sind, dass eine epidemische Ausbreitung stattfinden kann.

Diese Prognose gibt also nur den Termin der ersten, zeitgerechten Spritzung an. Inzwischen sind neue Simulationsmodelle (SIMPHYT I, II und III) entwickelt worden, die neben dem Beginn der Fungizidbehandlungen auch die Folgespritzungen anzeigen bzw. Spritzunterbrechungen bei trockenen Bedingungen berechnen (GUTSCHE & KLUGE, 1995; GUTSCHE, 1999). Die Vorhersage ist aber durch diese Modelle nicht sicherer geworden. Die einfache Negativprognose, die auch heute noch Anwendung findet, zeigt den Spritzbeginn ebenso genau wenn nicht genauer an als die neuen Modelle.

Die Bekämpfung der Krautfäule bereitet aber trotz der guten Prognosemöglichkeit zunehmend Schwierigkeiten durch die Bildung oder Selektion von Stämmen des Erregers, die gegen Fungizide resistent sind. Bereits im ersten Jahr nach der Zulassung des systemisch wirkenden Fungizids RIDOMIL 50 wurden Stämme des Erregers gefunden, die gegen den Wirkstoff Metalaxyl resistent waren. Diese Stämme erwiesen sich als stabil, d. h. ihre Resistenz blieb bis heute erhalten. Um die großräumige Ausbreitung der resistenten Stämme, wie sie in den Niederlanden und in Irland auftrat, zu verhindern, wurde der Praxis ein Wirkstoffwechsel zwischen den einzelnen Fungizidapplikationen empfohlen. Dies hatte und hat zur Folge, dass der Wirkstoff Metalaxyl auch heute noch eingesetzt werden kann (DOWLEY & O'SULLIVAN, 1981; DAVIDSE et al. 1981; SCHÖBER, 1984).

Seit einigen Jahren wird ein sehr früher und sehr starker Befall der Kartoffelstengel durch den Pilz beobachtet, ohne dass es zu Symptomen auf den Blättern kommen muss. Dieses untypische Auftreten von *Phytophthora infestans*, das die Bekämpfung zusätzlich erschwert, ist aus Mexiko bekannt und dort zum Teil auf das Vorkommen des Pilzes im Boden zurückgeführt worden. Welche Möglichkeiten bestehen für ein Überleben des Pilzes im Boden? Da Myzel und Sporangien, außer in Kartoffelknollen, im Boden nicht überleben können, bleibt nur noch die Frage nach der sexuellen Entwicklung und damit nach der Bildung von Dauersporen offen. Als heterothallischer Pilz benötigt *Phytophthora infestans* zur Bildung von Dauersporen, den Oosporen, die beiden Paarungstypen A1 und A2. Der Paarungstyp A2 war bis zu Beginn der 80er Jahre nur in einem begrenzten Gebiet in Mexiko gefunden worden; in Europa trat er nicht auf. Erst 1985 konnte der Typ A2 für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland nachgewiesen werden (SCHÖBER & RULLICH, 1986).

Das bedeutet, dass die sexuelle Reproduktion des Pilzes nun auch bei uns möglich ist und dass Oosporen entstehen können. Diese Oosporen stellen Dauersporen dar, über deren Verhalten im Boden allerdings wenig bekannt ist. Sollten die Oosporen den Winter überleben können und vielleicht längere Ruheperioden haben, so würde dies zu einer weiteren ernsthaften Gefährdung des Kartoffelbaues führen. Oosporen konnten inzwischen mehrfach im Boden nachgewiesen werden. Damit bestätigt sich die Vermutung, dass der Pilz im Boden überwintern kann. Der Beitrag der Oosporen zum Entstehen einer Epidemie ist jedoch nach wie vor noch unklar.

Die Resistenz der Sorte hat aber auch einen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Kartoffelbaues. Seit 1983 wurden Versuche auf Praxisbetrieben durchgeführt, um zu prüfen, ob ein integrierter Pflanzenschutz auch im Konsumkartoffelbau möglich ist und wie sich die Resistenz einer Sorte mit Bestand auswirkt. Verwendet wurden die gegen *Phytophthora infestans* anfällige Sorte Hansa und die gering anfällige Sorte Roxy. Im Durchschnitt der Jahre konnte die Bekämpfung der Krautfäule bei der gering anfälligen Roxy 10 Tage später als bei der anfälligen Hansa begonnen werden. Je nach Sortenanfälligkeit und Witterungsverlauf konnten zwei bis vier Fungizidspritzungen eingespart werden, ohne dass es zu einer Beeinträchtigung der Lagerfähigkeit bzw. der Qualität kam. Schädlinge spielen mit Ausnahme von Nematoden und Kartoffelkäfer im Konsumkartoffelbau keine Rolle; Insektizide wurden nicht eingesetzt. Die Verringerung des Aufwandes an Fungiziden und Insektiziden und der damit verbundene Maschineneinsatz führte zu einer Erhöhung des Deckungsbeitrages bei der relativ resistenten Sorte Roxy; dagegen erniedrigte sich dieser bei der anfälligen Sorte Hansa (SCHÖBER, 1985; SCHÖBER & KELLER, 1984).

Wenn auch der Wert resistenter Sorten für die Praxis unbestritten ist, so sind sie doch immer wieder ins Kreuzfeuer der Kritik geraten, weil ihnen eine Gesundheitsgefährdung des Verbrauchers durch Inhaltsstoffe nachgesagt wurde, die für die Resistenz von Bedeutung sind. Bei diesen Inhaltsstoffen handelt es sich in erster Linie um die Phytoalexine, also um Substanzen, die von der Pflanze nach der Infektion mit Krankheitserregern gebildet werden. Die Phytoalexine der Kartoffel sind Sesquiterpenoide wie Rishitin, Lubimin, Phytuberin und Solavetivon. Diese Substanzen werden sowohl in den anfälligen als auch in den resistenten Kartoffelknollen nach Inokulation mit *Phytophthora infestans*, aber auch mit *Fusarium coeruleum* oder *F. sulphureum*, gebildet. Sie sind also nicht Ursache der Resistenz sondern normale Stoffwechselprodukte der Pathogenese.

Die Synthese dieser Phytoalexine kommt beim Vorliegen einer spezifischen Resistenz schnell zum Erliegen. Bei unspezifischer Resistenz schreitet sie weiter fort, weil der vordringende Pilz immer neue Zellen zur Synthese anregt. Fütterungsversuche, die in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Ernährung an Mäusen und Ratten durchgeführt wurden, brachten keine klaren Ergebnisse im Hinblick auf eine Gefährdung des Verbrauchers durch Phytoalexine (KUČ, 1995; SCHÖBER, 1980, 1981; NEUDECKER & SCHÖBER, 1984).

Bedeutungsvoller als die Phytoalexine sind für den Verbraucher die Mykotoxine. Sie werden von Pilzen direkt in das umliegende Wirtsgewebe abgegeben und rufen bei Mensch und Tier nach dem Genuß befallener Ernteprodukte erhebliche Gesundheitsschäden hervor, die bis zum Tod führen können. Die Mykotoxine sind definiert als „natürlich vorkommende Stoffwechselprodukte niederer Pilze, die an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und in ihren Ernteprodukten vorkommen. Sie sind toxisch für Warmblütler.“

Über die Mykotoxine der kartoffelpathogenen Fusarien ist fast nichts bekannt. Nach Inokulation mit *Fusarium coeruleum* und *F. sulphureum* konnten im Kartoffelgewebe zwei Mykotoxine nämlich Diacetoxyscirpenol und T2-Toxin aufgespürt werden (SCHÖBER, unveröffentlicht). Sie sind von den eng verwandten Phytoalexinen kaum zu trennen.

Im Gegensatz zur Kartoffel sind die im Getreide vorkommenden Mykotoxine bereits gut untersucht. Die wichtigsten Mykotoxin-produzierenden Pilze bei Getreide, insbesondere bei Weizen, gehören zu den Fusarien; hinzukommen im Feldbestand noch *Alternaria*-Arten und *Claviceps purpurea*, das Mutterkorn, das immer stärker aufzutreten scheint. Im Lager verursachen zusätzlich verschiedene *Penicillium*- und *Aspergillus*-Arten die Anhäufung von Mykotoxinen im Korn.

Die bedeutendsten Toxinproduzenten aus der Gruppe der Fusarien sind beim Weizen *Fusarium culmorum* und *F. graminearum*. Wie stark die Toxizität der von ihnen gebildeten Mykotoxine ist, zeigt ein Vergleich mit Strychnin. Allerdings sagt die akute Toxizität nicht immer alles über die Gefährdung des Verbrauchers durch Mykotoxine aus. Viele von ihnen sind kanzerogen und darüber hinaus kann die tägliche Aufnahme dieser Stoffe zu einer chronischen Vergiftung führen.

Tab. 3 Toxizität einiger Gruppen, Substanzen und Wirkstoffe (WEIDENBÖRNER, 2000)

Gruppe, Substanz, Wirkstoff		LD50, mg/kg Versuchstier
Fungizide		3000 - 15000 (oral)
Mykotoxine	Aflatoxin	
	B1	0,36 (oral, Entenküken)
	M1	0,8 (oral, Entenküken)
	T-2 Toxin	1,8 (oral, Küken)
	Diacetoxyscirpenol	7,3 (oral, Ratte)
	Ochratoxin A	20 - 22 (oral, Ratte)
	Zearalenon	3,7 (oral, Ratte)
	HT - 2 Toxin	9 (i.p., Maus)
	Deoxynivalenol	70 - 77 (i.p., Maus)
Kochsalz		3750 (oral)
Strychnin		7,5 (oral, Ratte)

Viele Diskussionen im interministeriellen Arbeitskreis Mykotoxine haben Kenntnislücken im Auftreten der Mykotoxine im Verlauf der Vegetationszeit aufgezeigt. So wurden z. B. aus künstlich und natürlich inokulierten Feldbeständen der Weizensorte 'Kanzler' in den 80er Jahren Proben entnommen und untersucht. Bereits beim Ährenschieben konnten Zearalenon, T2-Toxin und Diacetoxyscirpenol nachgewiesen werden (SCHÖBER & KINTZINGER, 1988). Diese Ergebnisse müssen sehr bedenklich stimmen, denn solange der Pilz in der Pflanze bzw. in den Körnern nachwachsen kann, so lange gibt er auch Mykotoxine ab.

Bei der Abschätzung der Gefährdung des Verbrauchers durch die Mykotoxine muss berücksichtigt werden, dass eine Entgiftung des geernteten Weizens nicht möglich ist. Die Belastung des Weizens kann durch eine intensive Reinigung, wie sie in Mühlen durchgeführt wird, verringert werden. Dies trifft aber nicht zu, wenn der Weizen weitgehend ungereinigt direkt zur Herstellung von Backwaren verwendet wird. Bekämpfungsmaßnahmen auf dem Feld zeigen nur wenig Wirkung gegen *Fusarium*-Arten, resistente Weizensorten stehen noch nicht zur Verfügung. Es stehen aber bereits einige gering anfällige Weizensorten zur Auswahl. Zukünftig wird die Sortenwahl als vorbeugende Bekämpfungsmaßnahme an Bedeutung gewinnen.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass die Resistenz einer Pflanze für das Auftreten neuer virulenter Pilzstämme, für die Prognose und Bekämpfung sowie für die Wirtschaftlichkeit im landwirtschaftlichen Betrieb von Bedeutung ist. Darüber hinaus hat sie auch Einfluss auf die Synthese verschiedener Inhaltsstoffe. Das Beispiel der für Mensch und Tier gefährlichen Mykotoxine in Weizen zeigt die Bedeutung der Resistenz gegen Krankheitserreger auf, die einer chemischen Bekämpfung kaum zugänglich sind.

Summary

It could be demonstrated that the resistance of a plant is responsible for the appearance of new virulent plant pathogenic fungal races and that the resistance of a crop influences directly the forecasting, controlling measurements and therefore economic considerations of an agricultural business. In addition, the resistance influences the synthesis of an array of compounds generated within the crop during the attack of plant pathogenic fungi, leading to the death of the pathogen. The demonstrated example of mycotoxins, generated by fungi in wheat, being unhealthy for humans and animals, shows the importance of the resistance towards plant pathogens, which otherwise can hardly be controlled by plant protection products.

Literatur

- DAVIDSE, L.C., D. LOOIJEN, L.J. TURKENSTEEN and D. VAN DER WAL, 1981: Occurrence of metalaxyl-resistant strains of *Phytophthora infestans* in Dutch potato fields. *Neth. J. Pl. Path.* **87**, 65 - 68.
- DEHNE, H.-W., E.-C. OERKE und H.-J. KLINKENBERG, 2000: Entwicklung beratungsrelevanter Entscheidungshilfen für eine Integrierte Bekämpfung von *Phytophthora infestans* an Kartoffeln. Forschungsberichte Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät **83**, 70 S.
- DOWLEY L.J. and E. O'SULLIVAN, 1981: Metalaxyl-resistant strains of *Phytophthora infestans* (MONT.) DE BARY in Ireland. *Potato Res.* **27**, 417 - 421.
- GUTSCHE, V. und E. KLUGE, 1995: Das neue *Phytophthora*-Prognoseverfahren SIMPHYT. *Kartoffelbau* **46**, 198 - 201.
- GUTSCHE, V., 1999: Das Modell SIMPHYT 3 zur Berechnung des witterungsbedingten Epidemiedruckes der Krautfäule der Kartoffel (*Phytophthora infestans* (MONT.) DE BARY). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **51**, 169 - 175.
- HARRISON, J.G., H. BARKER, R. LOWE and E.A. REES, 1990: Estimation of amounts of *Phytophthora infestans* mycelium in leaf tissue by enzyme-linked immunosorbent assay. *Plant Path.* **39**, 274 - 277.
- HENNIGER, H. und W. BARTEL, 1963: Die Eignung des Peroxydasaktivitäts-Testes zur Bestimmung der „relativen *Phytophthora*-Resistenz“ (Feldresistenz) bei Kartoffeln. *Züchter* **33**, 86 - 91.
- HODGSON, W.A., 1961: Laboratory testing of the potato for partial resistance to *Phytophthora infestans*. *Amer. Potato J.* **38**, 259 - 264.
- KNAPOVA, G., 1995: Entwicklung und Prüfung eines ELISA zum Nachweis von *Phytophthora infestans* (MONT.) DE BARY. Dissertation, Universität Göttingen, 127 S.
- KNAPOVA, G., B. SCHÖBER-BUTIN und H. FEHRMANN, 1992: Nachweis von *Phytophthora infestans* (MONT.) DE BARY mittels ELISA. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem* **283**, 328.
- KNAPOVA, G., B. SCHÖBER-BUTIN und H. FEHRMANN, 1993: Nachweis von *Phytophthora infestans* im Gewebe. *Abstracts 12th Trien. Conf. Europ. Ass. Potato Res.*, Paris 467 - 468.
- KUĆ, J., 1995: Phytoalexins, stress metabolism, and disease resistance in plants. *Ann. Rev. Phytopath.* **33**, 275 - 297.
- LAPWOOD, D.H., 1965: Laboratory assessments of the susceptibility of potato-tuber tissue to blight (*Phytophthora infestans*). *Eur. Potato J.* **8**, 215 - 229.
- LAPWOOD, D.H., 1967: Laboratory assessments of the susceptibility of potato tubers to infection by blight (*Phytophthora infestans*). *Eur. Potato J.* **10**, 127 - 135.
- LAPWOOD, D.H., 1977: Factors affecting the field infection of potato tubers of different cultivars by blight (*Phytophthora infestans*). *Ann. appl. Biol.* **85**, 23 - 42.

- NEUDECKER, C. und B. SCHÖBER, 1984:
Fütterungsversuche zum teratogenen
Potential phytoalexinhaltiger Kartoffeln.
Abstr. Conf. Papers 9th Trienn. Conf.
E.A.P.R., Interlaken, 372.
- SCHÖBER, B. und E. HÖPPNER, 1972: Zur Methodik
der Resistenzprüfung von Kartoffelknollen
gegen den Erreger der Braunfäule,
Phytophthora infestans (MONT.) DE BARY.
Potato Res. **15**, 378 - 383.
- SCHÖBER, B. und E.R. KELLER, 1984: Kartoffelbau
im Rahmen eines integrierten
Produktionssystems. Abstr. Conf. Papers
9th Trienn. Conf. E.A.P.R., Interlaken,
11 - 12
- SCHÖBER, B. und G. RULLICH, 1986:
Oosporenbildung von *Phytophthora*
infestans (MONT.) DE BARY. Potato Res.
29, 395 - 398.
- SCHÖBER, B. und TH. KINTZINGER, 1988:
Mykotoxine in Winterweizen. Tag. Ber.
Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin
271, 315 - 318.
- SCHÖBER, B., 1980: Phytoalexine in Knollen
resistenter und anfälliger Kartoffelsorten
nach Infektion mit *Phytophthora infestans*
(MONT.) DE BARY. Potato Res. **23**,
435 - 443.
- SCHÖBER, B., 1981: Sind Phytoalexine
resistenzogene Stoffe (Biostatika) oder
Stoffwechselprodukte der Pathogenese?
Qual. Plant! Plant Foods Hum. Nutr. **30**,
283 - 287.
- SCHÖBER, B., 1984: Resistenz von *Phytophthora*
infestans (MONT.) DE BARY gegen
Metalaxyl in der Bundesrepublik
Deutschland. Nachrichtenbl. Deut.
Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **36**,
121 - 124.
- SCHÖBER, B., 1985: Pflanzenschutz im integrierten
Kartoffelbau. Kartoffelbau **36**, 176 - 178.
- SCHÖBER-BUTIN, B., 1999: *Phytophthora infestans*:
pathotypes, mating types and fungicide
resistance in Germany. In: SCHEPERS, H.
and E. BOUMA (Eds.): Proceedings of the
workshop on the European network for
development of an integrated control
strategy of potato late blight. Lelystad,
The Netherlands, PAV - Special Report
no. **5**, 178 - 182.
- STOLLE, K. und B. SCHÖBER, 1984: Wirkung eines
Toxins von *Phytophthora infestans*
(MONT.) DE BARY auf
Kartoffelknollengewebe. Potato Res. **27**,
173 - 184.
- STOLLE, K. und B. SCHÖBER, 1985a: Wirkung eines
Toxins von *Phytophthora infestans*
(MONT.) DE BARY auf Kartoffelblätter.
Potato Res. **28**, 389 - 402.
- STOLLE, K. und B. SCHÖBER, 1985b: Nachweis eines
Toxins im Kartoffelknollengewebe nach
Inokulation mit *Phytophthora infestans*
(MONT.) DE BARY. Potato Res. **28**, 193 -
201.
- STOLLE, K. und B. SCHÖBER, 1985c: Das Toxin von
Phytophthora infestans – für die Züchtung
nützlich? Gesunde Pflanzen **37**, 181 - 186.
- STOLLE, K. und B. SCHÖBER, 1985d:
Untersuchungen über den Einsatz eines
von *Phytophthora infestans* (MONT.) DE
BARY produzierten Toxins zur Züchtung
resistenter Kartoffelpflanzen. In: Vorträge
für Pflanzenzüchtung **9**, 7 - 19.
- ULLRICH, J. und H. SCHRÖDTER, 1966: Das Problem
der Vorhersage des Auftretens der
Kartoffel-Krautfäule (*Phytophthora*
infestans) und die Möglichkeit seiner
Lösung durch eine „Negativ-Prognose“.
Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.
(Braunschweig) **18**, 33 - 40.
- WEIDENBÖRNER, M., 2000: Lexikon der
Lebensmittelmikologie. Berlin, Springer.
ISBN 3-540-65241-8. 162 S.

Bedeutung und Bekämpfung des Kartoffelkrebses in Deutschland

Importance and controlling of potato wart in Germany

Hans Stachewicz

Der Kartoffelkrebs, der durch den bodenbürtigen Pilz *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. verursacht wird, ist seit dem Jahre 1908 in Deutschland bekannt. In den 20er und 30er Jahren gehörte der Kartoffelkrebs als Folge der schnellen Verbreitung mit kontaminiertem bzw. infiziertem Pflanzgut neben der Kraut- und Braunfäule und den Virosen zu den wichtigsten Kartoffelkrankheiten. In der Abbildung 1 wird die Anzahl der bis zum Jahre 1944 auf dem Gebiet der jetzigen Bundesrepublik Deutschland registrierten Krebsherde des Pathotyps 1 dargestellt. Strenge Quarantänemaßnahmen und eine erfolgreiche Züchtung von Sorten mit Resistenz gegen den anfangs dominierenden Pathotyp 1, die eine Umstellung des damaligen Kartoffelsortimentes auf fast ausschließlich resistente Sorten ermöglichte, konnten die Ausbreitung dieses Pathotyps des Kartoffelkrebserreger weitestgehend unterbinden. Alle alten Krebsherde des Pathotyps 1 konnten in den 40er bis 60er Jahren mit wenigen Ausnahmen gelöscht werden.

Mit dem im Jahre 1942 erstmaligen Befall von Sorten, die bisher gegenüber dem Pathotyp 1 resistent reagierten, war auch beim Krebserreger die Existenz von Pathotypen nachgewiesen worden. Gegenwärtig sind in Deutschland mit Hilfe von Differentialsorten neun neue Pathotypen identifiziert worden (Tab. 1). Aus nationaler und internationaler Sicht sind von den insgesamt 10 Pathotypen in Deutschland nur noch die Pathotypen 1, 2, 6, 8 und 18 von praktischer Bedeutung. Inzwischen sind die Pathotypen 4, 5, 7, 9 und 10 bedeutungslos, weil keine Krebsherde mehr mit diesen Pathotypen (5, 7 und 10) existieren oder in den letzten 30 Jahren keine neuen Krebsherde mit den Pathotypen 4 und 9 aufgetreten sind.

Tab. 1 Bisher in Deutschland identifizierte Pathotypen von *Synchytrium endobioticum* und ihre Bedeutung

Pathotyp	Erste Publikation bzw. erster Fundort	Anteil Krebsherde je Pathotyp*
1	1908 Arnsberg Westfalen	0,2
	Cronenberg Rheinland	
2	1942 Gießübel Thüringen	30,9
4	1948 Pappenheim Thüringen	4,0
5	1951 Koppatz Brandenburg	0
6	1952 Olpe Westfalen	61,0
7	1953 Schweinsberg Hessen	0
8	1954 Kohlhaus Hessen	2,5
9	1950 Rudolstadt Thüringen	1,0
10	1956 Eulendorf Sachsen	0
18	1978 Trannroda Thüringen	0,4

*Anzahl Herde im Jahr 2000: 1686 nach Krebskartei der BBA

Gegenwärtig sind in der von der Biologischen Bundesanstalt geführten Kartoffelkrebskartei 1686 Krebsherde mit einer Befallsfläche von 795,88 ha registriert. Es wird geschätzt, dass ca. 50% der registrierten Herde älter als 25 Jahre sind und nach Durchführung der erforderlichen Boden-Untersuchungen entsprechend den Empfehlungen der EPPO durch die zuständigen Pflanzenschutz-Behörden bei Befallsfreiheit gelöscht werden könnten.

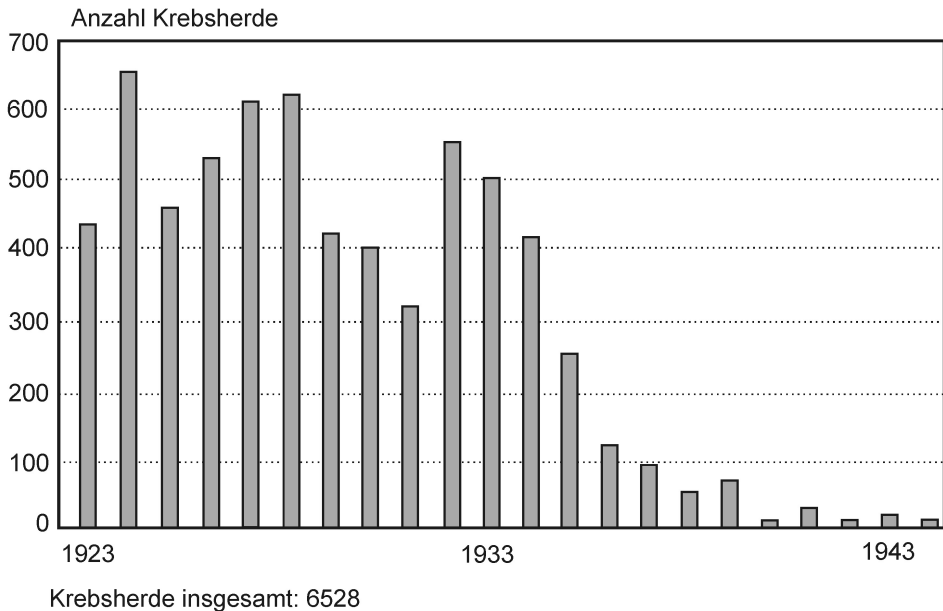


Abb. 1 Anzahl der Krebsherde in der Zeit von 1923 bis 1944 auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

Der Kartoffelkrebs zählt weltweit zu den Quarantänekrankheiten. Seine Bekämpfung wird in allen Ländern durch strenge legislative Maßnahmen geregelt. Diese notwendigen legislativen Maßnahmen sind mit erheblichen anbau- und handelstechnischen Einschränkungen verbunden. Das Kartoffelkrebsauftreten und der Verdacht auf Kartoffelkrebsbefall sind meldepflichtig. Verseuchte Flächen sind einschließlich einer Sicherheitszone für mindestens 15 bis 20 Jahre für den Kartoffelanbau gesperrt. Das Erntegut von krebsverseuchten Flächen darf nicht gehandelt oder als Pflanz- oder Speisekartoffel für den Eigenbedarf innerhalb des Betriebes verwertet werden. In Abstimmung mit den zuständigen Behörden ist eine Verwendung des Erntegutes als Futtermittel nach vorherigem Dämpfen bis zur Abtötung der Dauersori des Erregers im Erzeugerbetrieb zu prüfen.

Der Kartoffelkrebs verursacht bei günstigen Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen für die Infektion anfälliger Sorten starke Ertragseinbußen und Qualitätsmängel an den Knollen wie z. B. Deformationen oder Erhöhung der Fäulnisgefahr während der Lagerung.

Krankheitssymptome

Mit Ausnahme der Wurzel kann der Kartoffelkrebserreger *S. endobioticum* alle Organe der Kartoffelpflanze infizieren. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen typische Symptome an der Knolle und im unteren Stengelbereich. Die korallen- bis blumenkohlformigen Wucherungen an den Knollen, Stolonen und Stengeln können Erbsen- bis mehr als Faustgröße erreichen. Die Größe und Anzahl der Wucherungen hängt vor allem von den Infektionsbedingungen, dem Grad der Sortenanfälligkeit, dem Verseuchungsgrad des Bodens mit Dauersori und der Länge der Vegetationsperiode ab.

Infektionen sind bei Vorhandensein von meristematischem Gewebe während der gesamten Vegetationsperiode möglich. Bei starkem Befall durchbrechen die Wucherungen häufig die Erdoberfläche (Abb. 4). Bei Zutritt von Licht ergrünen sie durch Chlorophyllbildung. Im Inneren der Wucherungen befinden sich in großer Anzahl Dauersori (Abb. 5). Durch Fäulnis der Wucherungen, die bereits während der Vegetationsperiode auf dem Feld einsetzt, gelangen die neu gebildeten Dauersori in den Boden und können nach einer Ruheperiode erneut Primärinfektionen an anfälligen Kartoffelpflanzen auslösen.

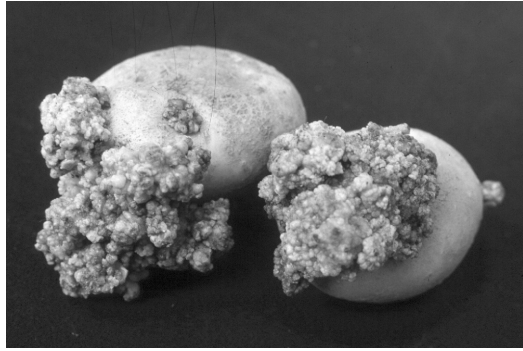


Abb. 2 Typischer Krebsbefall der Kartoffelknolle

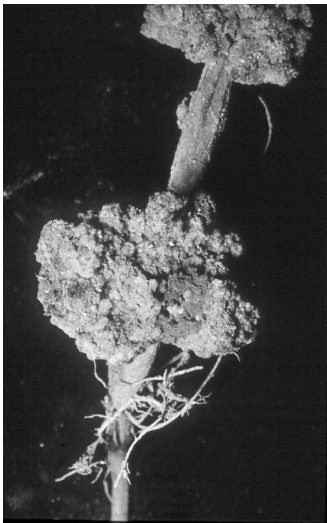


Abb. 3 Kartoffelkrebsbefall im unteren Stengelbereich



Abb. 4 Freiliegende Krebswucherungen auf der Stammkrone

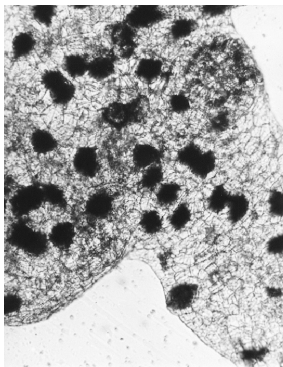


Abb. 5 Dauersori in Krebswucherungen

Biologie des Erregers

Als obligater Parasit kann sich der Kartoffelkrebserreger nur in lebendem Zellgewebe von Solanaceen entwickeln. Der Pilz mit einer systematisch niedrigen Entwicklungsstufe bildet kein Myzel. Die Infektion erfolgt mittels Zoosporen, die entweder von Dauersori oder Sommersori freigesetzt werden. Für einen erfolgreichen Ablauf der Infektion ist neben der richtigen Temperatur insbesondere ausreichende Feuchtigkeit eine wichtige Voraussetzung. Primärinfektionen gehen von Dauersori aus, die sich entweder im Boden oder auf der Oberfläche der Pflanzkartoffel bzw. infizierter Augen befinden.

Dauersori können viele Jahre in der Ruhephase im Boden überleben, ihre Lebensdauer kann bis zu 40 Jahre betragen. Sie wird durch viele Faktoren, z. B. Dauer der Frostperiode, Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode, Länge der Kartoffelanbaupausen, Nutzung der verseuchten Fläche als Acker- oder Grünland u. a., beeinflusst. Bei zu empfehlender ackerbaulicher Nutzung der verseuchten Fläche beträgt die Lebensdauer unter den klimatischen Bedingungen in Deutschland nach RINTELEN et al. (1983) nicht selten 12 bis 15 Jahre.

Nach Abschluss der Ruhe- oder Reifungsphase entwickeln sich bei geeigneten Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen in den Dauersori etwa 300 begeißelte Zoosporen, die nach ihrer Freisetzung in die oberste Zellschicht der Epidermis eindringen. Unter gleichzeitiger Zerstörung des Zellinhaltes entwickelt sich bei anfälligen Sorten innerhalb von 9 bis 16 Tagen in der Wirtszelle ein Sommersorus (asexueller Zyklus). Dabei vergrößert sich die Wirtszelle und die benachbarten Zellen werden zur Teilung angeregt. Dadurch bildet sich um den Sommersorus stets neues empfindliches Zellgewebe, das erneut Infektionen ermöglicht. In den 3 bis 8 Sporangien befinden sich jeweils ca. 200 Zoosporen. Für die Ausbildung der typischen Wucherungen sind Masseninfektionen erforderlich.

Parallel zu diesem asexuellen Zyklus findet auch ein sexueller Zyklus statt. Die nach der Kopulation von Zoosporen sich entwickelnden Zygoten dringen wie die Zoosporen in die Wirtszellen ein, reizen aber ihre Wirtszelle selbst zur mehrfachen Teilung, so dass sie allmählich in tiefere Gewebeschichten gelangen. Dort entwickeln sie sich zu einem Dauersorus, der nach Zerfall der Wucherung frei gesetzt wird. Die günstigen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen für das Auftreten von Kartoffelkrebs werden in Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 2 Biologisch-ökologische Voraussetzungen für das Auftreten von Kartoffelkrebs

	Temperatur °C		Bodenfeuchtigkeit (%) bzw. Niederschlagsmenge (mm)
	Optimalbereich	Grenzbereich	
Verzögerung der Dauersori-Keimung	<5 °C		
Förderung der Dauersori-Keimung	8 - 20 °C	5 – 30 °C	Hohe Bodenfeuchtigkeit (50 - 80% Wasserkapazität des Bodens)
Sommersori-Keimung, Infektionsbedingungen	8 - 18 °C	1 – 30 °C	Hohe Bodenfeuchtigkeit, Jahresniederschlagsmenge >600 mm (optimal >800 mm); Juni-, Juli- und Augustniederschlagsmenge >200 mm oder pflanzenverfügbares Grundwasser
Günstige ökologische Bedingungen für die Manifestierung des Kartoffelkrebserregers im Boden	Mittlere Juni-, Juli- und Augusttemperatur <18 °C oder Jahresmitteltemperatur von 7 - 9 °C, Bodentemperatur mindestens 5 Monate im Jahr <5 °C		Hohe Bodenfeuchtigkeit in der Vegetationsperiode (50 – 80 % Wasserkapazität des Bodens), Jahresniederschlagsmenge >600 mm (optimal >800 mm), Juni-, Juli- und Augustniederschlagsmenge >200 mm

Die Keimung der Dauersori ist in einem Temperaturbereich von 5 bis 30 °C möglich, wobei bei ausreichender Bodenfeuchtigkeit die höchsten Keimungsraten bei Temperaturen von 8 bis 20 °C erzielt werden. Bei Temperaturen unterhalb von 5 °C wird die Keimung der Dauersporangien unterdrückt bzw. stark verzögert. In Regionen mit einer langen Frostperiode wird die Persistenz der Bodenverseuchung gefördert. Eine Infektion mit Zoosporen aus Dauer- oder Sommersori ist in einem Temperaturbereich von 1 bis 30 °C möglich.

Als optimal sind Temperaturen im Bereich von 8 bis 18 °C anzusehen. Die notwendige Feuchtigkeit für die Stimulierung der Keimung der Dauersori sowie für die aktive und passive Fortbewegung der kurzlebigen Zoosporen wird bei einer Bodenfeuchtigkeit von 50 bis 80% erreicht. In der Regel werden diese Anforderungen an die Bodenfeuchtigkeit bei Jahresniederschlagsmengen von mindestens 600 mm bzw. bei Niederschlagsmengen in den Monaten Juni, Juli und August (Hauptinfektionszeit) von >200 mm erfüllt. Mit steigender Niederschlagsmenge verbessern sich die Entwicklungsbedingungen für den Kartoffelkrebs.

Klimabedingungen

Die Analyse der Klimadaten (Temperatur und Niederschlagsmenge) von 412 Stationen des deutschen Wetterdienstes der letzten 30 Jahre zeigt, dass unter Berücksichtigung der epidemiologischen Daten des Kartoffelkrebserreger mit Ausnahme größerer Regionen von Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt die Klimaverhältnisse für die Entwicklung des Kartoffelkrebses in Deutschland überwiegend als günstig zu beurteilen sind (STACHEWICZ & ENZIAN, 1998a,b). Die weniger günstigen Regionen in Deutschland werden in der Abbildung 6 in hellgrauen Farbtönen dargestellt. In den Landkreisen mit Kartoffelkrebsherden schwanken die Temperaturen in den Wintermonaten (November bis März) zwischen 0,2 und 2,5 °C und im Jahresdurchschnitt zwischen 7,4 und 8,8 °C bzw. in der Hauptinfektionszeit in den Monaten Juni bis August zwischen 15,9 und 16,6 °C. Die mittleren Niederschlagsmengen liegen in den Regionen mit Krebsherden im Jahresdurchschnitt zwischen 812 und 1224 mm und in den Monaten Juni bis August zwischen 266 und 459 mm. Die meisten Krebsherde treten in den Regionen mit den höheren Niederschlagsmengen (>300 mm in den Monaten Juni bis August) auf.

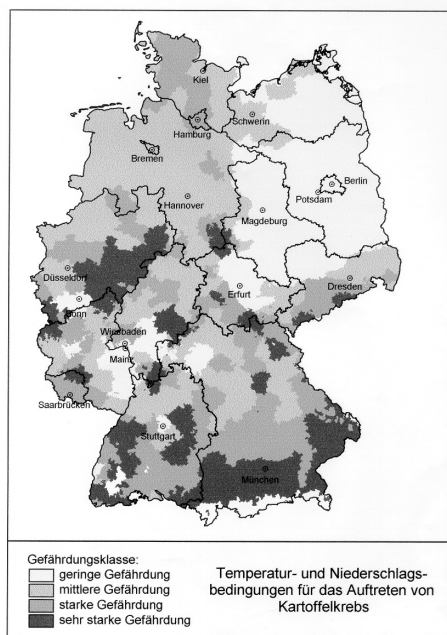


Abb. 6 Regionen mit günstigen Klimabedingungen für das Auftreten von Kartoffelkrebs (STACHEWICZ & ENZIAN, 1998b)

Maßnahmen zur Bekämpfung

In Deutschland wird die Bekämpfung des Kartoffelkrebses durch die "Verordnung zur Neuregelung pflanzenschutzrechtlicher Vorschriften zur Bekämpfung von Schadorganismen der Kartoffel vom 5. Juni 2001" geregelt (BGBl. I, S. 1006). In dieser Verordnung wird z. B. auf die sichere Vernichtung der erkrankten Knollen und Pflanzenteile im Befallsgebiet, auf die konsequente Abgrenzung der Sicherheitszone (befallene Fläche + zusätzlicher Sicherheitsbereich um die befallene Fläche herum), auf die Ermittlung der Pathotypenzugehörigkeit bei neuen Krebsherden, auf das Anbauverbot von Kartoffeln sowie von Pflanzen, die zum Verpflanzen auf andere Flächen bestimmt sind, auf der Befallsfläche bis zur amtlichen Löschung des ehemaligen Krebsherdes, auf die Möglichkeit des Anbaus von Sorten mit Resistenz gegen den identifizierten Pathotypen auf der nicht verseuchten zusätzlichen Sicherheitszone, auf die Durchführung von Bodenuntersuchungen vor der Löschung von Krebsherden, auf die notwendige Befallsfreiheit im Biotest bzw. auf das Nichtvorhandensein von Dauersori im Boden als Voraussetzung für die Löschung u. a. hingewiesen. Ergänzend soll angemerkt werden, dass der Kartoffeldurchwuchs auf den Flächen im gesamten Sicherheitsbereich rechtzeitig vor dem Knollenansatz zu vernichten ist.

Da die kontaminierte oder infizierte Knolle die Hauptursache für die Verbreitung des Kartoffelkrebserregers darstellt, ist auf nationaler und internationaler Ebene der Handel von Kartoffeln, die auf krebverseuchten Flächen aufgewachsen sind, verboten. Die Richtlinie 77/93/EWG zum Schutze gegen die Einschleppung und Ausbreitung von Schadorganismen der Pflanzen oder Pflanzenerzeugnisse in der gültigen Fassung untersagt im Anhang I A II das Verbringen von *S. endobioticum* in alle Mitgliedstaaten. Weitere Maßnahmen zum Schutz vor dem Kartoffelkrebs sind auch in der Pflanzenbeschauverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. April 2000, zuletzt geändert durch die „Zweite Verordnung zur Änderung der pflanzenschutzrechtlichen Verordnungen“ vom 10. Oktober 2000 (BGBl. I, S. 1420), gesetzlich festgelegt.

Neben den phytosanitären und quarantänetechnischen Maßnahmen bedeutet die Sortenresistenz eine der sichersten Vorkehrungen gegen eine Infektion von Kartoffelknollen und -pflanzen mit dem Kartoffelkrebserreger. Eine chemische Bekämpfung der Krebsherde ist unter heutigen toxikologisch und ökologisch vertretbaren Gesichtspunkten nicht mehr akzeptabel.

Tab. 3 Anteil Sorten* mit Krebsresistenz im deutschen Kartoffelsortiment (%)

Jahr	Resistenz gegenüber	
	Pathotyp 1	Pathotyp 1, 2, 6 und 18
1995	76,1	3,2
1996	74,7	3,2
1997	73,0	3,7
1998	69,1	3,1
1999	63,0	3,8
2000	58,9	4,2
2001	54,5	4,0

*198 Sorten nach „Bundesanzeiger“ Nr. 52 vom 15.03.2001, S. 4038 - 4039

Von den im Jahr 2001 in Deutschland zugelassenen 198 Sorten sind 54,5% gegenüber dem Pathotyp 1 und nur 4,0% gegenüber den neuen Pathotypen resistent (Tab. 3). Da in Deutschland die neuen Pathotypen dominieren (Tab. 1), ist insbesondere der Anteil der Sorten mit Resistenz gegenüber mehreren oder allen Pathotypen durch gezielte Züchtung und Resistenzprüfung zu erhöhen. Der Anbau resistenter Sorten ist besonders im befallsfreien Bereich der zusätzlichen Sicherheitszone von akuten Krebsherden und nach der Löschung von ehemaligen Krebsherden zu empfehlen.

Durchführung der Krebsresistenzprüfung

Aufgrund der Bedeutung der Sortenresistenz für die Bekämpfung des Kartoffelkrebserregers soll die Durchführung der Krebsresistenzprüfung nachfolgend ausführlicher dargestellt werden. Die amtliche Krebsresistenzprüfung wird in Deutschland nach der Glynn-Lemmerz-Methode unter Laborbedingungen durchgeführt. Bei dieser Methode werden Zoosporen aus Sommersori von frischen Krebswucherungen für die Infektion der Keime von Augenplatten benutzt. Mit dieser Methode sind im Gegensatz zu den in einigen Ländern gebräuchlichen Spieckermann-Methode (Krebskompost als Inokulum, Zoosporen für Primärinfektion aus Dauersori) in sehr kurzen Prüfzeiten in einer langen Prüfperiode mit einer relativ geringen Knollenanzahl die sichersten Ergebnisse zu erzielen. Voraussetzung für die Anwendung der Glynn-Lemmerz-Methode ist die ganzjährige kontinuierliche Erhaltung der Krebskulturen aller wichtigen Pathotypen unter Laborbedingungen für die ständige Bereitstellung frischer Krebswucherungen. Die ganzjährige Erhaltung der Krebskulturen im Labor ist insbesondere dann unumgänglich, wenn keine ständigen Krebsversuchsfelder für die Entnahme frischer Wucherungen zur Verfügung stehen.

In Deutschland wird zwischen der Vor- und Hauptprüfung unterschieden (STACHEWICZ, 1996). Die Vorprüfung dient in erster Linie der Selektion hochanfälliger Zuchtstämme und Sorten. Sie wird im Auftrag der Züchter vorrangig mit dem Pathotyp 1 von der Biologischen Bundesanstalt und von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau durchgeführt. Eine zusätzliche Prüfung mit anderen Pathotypen ist nach Auftrag durch den Züchter möglich. Je Zuchtstamm oder Sorte und Pathotyp werden nur 5 Knollen getestet. Aufgrund der geringen Knollenanzahl sind mit der Vorprüfung keine gesicherten Aussagen über die Resistenzreaktionen möglich. Als verbindlich können nur Anfälligkeitsreaktionen angesehen werden.

Für die amtliche Hauptprüfung, die nur von der Biologischen Bundesanstalt als Amtshilfe für das Bundessortenamt durchgeführt wird, werden lediglich solche Zuchtstämme und Sorten zugelassen, die in der Vorprüfung ausschließlich Resistenzreaktionen gezeigt haben. Die Zuchtstämme und Sorten werden gegenwärtig auf ihr Verhalten gegenüber den Pathotypen 1, 2, 6 und 18 untersucht. Für Tests mit dem Pathotyp 1 werden jetzt 45 Knollen (Augenplatten) in drei getrennten Ansätzen mit je 15 Augenplatten und für Tests mit den Pathotypen 2, 6 und 18 jeweils 10 Augenplatten in drei Ansätzen geprüft. Bei Befall nur eines einzigen Keimes wird die Prüfung abgebrochen und der Zuchtstamm als anfällig eingestuft. Zuchtstämme und Sorten, deren Reaktion nicht eindeutig bestimmt werden kann, werden mit Knollen der neuen Ernte erneut untersucht (50 Knollen je Pathotyp). Die Bewertung der Resistenz- und Anfälligkeitsreaktionen erfolgt nach den Bonitürkriterien von LANGERFELD und STACHEWICZ (1992). Die Ergebnisse der amtlichen Hauptprüfung der zugelassenen Sorten werden jährlich von der Biologischen Bundesanstalt im „Bundesanzeiger“ und im „Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes“ sowie vom Bundessortenamt in der „Beschreibenden Sortenliste“ bekannt gegeben.

Löschung ehemaliger Kartoffelkrebsherde

Eine wichtige Maßnahme zur Bekämpfung des Kartoffelkrebserregers ist das in der schon erwähnten „Verordnung zur Neuordnung pflanzenschutzrechtlicher Vorschriften zur Bekämpfung von Schadorganismen der Kartoffel“ festgelegte Kartoffelanbauverbot auf Flächen, die mit dem Krebserreger verseucht sind. Nach Paragraph 2 dieser Verordnung ist eine Aufhebung des Anbauverbotes nur möglich, wenn mit einem Biotest – Topfstest mit Boden von der verseuchten Fläche – kein Befall und bei der mikroskopischen Bodenuntersuchung keine lebensfähigen Dauersori des Erregers festgestellt werden können. Die Dauer des Anbauverbotes und der Zeitpunkt sowie die Methoden für die Bodenuntersuchungen waren in Deutschland und anderen Ländern bisher nicht geregelt. Mit dem EPPO-Standard PM 3/59(1) "Phytosanitary Procedure for *Synchytrium endobioticum*: soil tests and descheduling of previously infested plots" (ANONYM, 1999) stehen jetzt für alle Länder einheitliche Richtlinien zur Löschung von ehemaligen Kartoffelkrebsherden zur Verfügung. Nach diesem EPPO-Standard sind grundsätzlich vor der Löschung zwei Tests mit Boden von ehemaligen Krebssherden (ein direkte mikroskopische Bodenuntersuchung + ein Biotest oder zwei Biotests) erforderlich.

Diese Tests können je nach Entwicklungsbedingungen für den Kartoffelkrebs in den einzelnen Klimaregionen nach 20, 10 oder unter besonderen Voraussetzungen, z. B. bei sehr schlechten Infektionsbedingungen, nach 5 Jahren durchgeführt werden. Unter den günstigen klimatischen Bedingungen in Deutschland wird unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Befallslage – hohe Anzahl von Pathotypen bei gleichzeitig geringer Anzahl von Sorten mit „Vollresistenz“ – ein Kartoffelanbau-Verbot von ca. 20 Jahren empfohlen. Werden nach einer Zeitdauer von >20 Jahren seit dem letzten Krebsauftreten keine lebensfähigen Dauersori bei der mikroskopischen Bodenuntersuchung und kein Befall im Topfstest festgestellt, kann eine Volllöschung des ehemaligen Krebsherdes ohne Anbaubeschränkungen vorgenommen werden. Die zulässigen Methoden für die Durchführung der Tests werden im oben genannten EPPO-Standard ausführlich beschrieben.

Identifizierung von Krebspathotypen

Eine wichtige Voraussetzung für den gezielten Einsatz der Sorten und für die Berücksichtigung aller wichtigen Pathotypen bei der Resistenzprüfung ist die Identifizierung der Pathotypen bei Auftreten neuer Krebsherde. Die Identifizierung der Pathotypen erfolgt in Deutschland mittels eines Differential-Sortimentes vorwiegend unter Feldbedingungen. Nach Entdeckung eines Krebsherdes wird das Differential-Sortiment im darauffolgenden Jahr im Bereich des Krebsherdes ausgepflanzt (Tab. 4).

Tab. 4 Differentialsortiment zur Identifizierung von Pathotypen des Kartoffelkrebsregens

Differentialsorte	Krebspathotyp				
	1	2	6	8	18
Tomensa ¹	+	+	+	+	+
Combi ²	-	+	+	+	+
Saphir ³	-	+	-	-	-
Désirée ⁴	-	+/-	+/-	+	+
Miriam ⁵	-	-	-	-	+
Sissi ⁶	-	-	-	-	+
Karolin ⁷	-	-	-	-	-

+ = anfällig, - = resistent, +/- = leicht anfällig bei Prüfung unter Laborbedingungen, im Freiland befallsfrei

¹: Sortentyp gegen alle Pathotypen anfällig; ²: nur gegen Pathotyp 1 resistent; ³: nur gegen Pathotyp 2 anfällig; ⁴: nur gegen Pathotypen 8 und 18 im Labor stark anfällig; ⁵: nur gegen Pathotyp 18 (und 10) anfällig; ⁶: nur gegen Pathotyp 18 anfällig; ⁷: Sortentyp gegen alle Pathotypen resistent

Bei Vorhandensein von frischen Krebswucherungen oder Krebskompost ist eine Identifizierung des Krebspathotyps auch unter Laborbedingungen nach der Glynne-Lemmerzähl-Methode möglich. Dieses Verfahren wird zur Bestimmung von Krebspathotypen von ausländischen Krebsherkünften angewendet (STACHEWICZ et al. 2000).

Zusammenfassung

Aufgrund des überwiegenden Anbaus von Sorten mit Resistenz gegenüber dem Pathotyp 1 hat dieser Pathotyp in Deutschland keine praktische Bedeutung mehr. Von den 1686 registrierten Krebsherden, von denen ca. 50% älter als 25 Jahre sind, können nur noch ca. 0,2 % dem Pathotyp 1 zugeordnet werden. Von praktischer Bedeutung sind die Pathotypen 2, 6, 8 und 18 (Tab. 1). Die wichtigsten Maßnahmen zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses werden in Deutschland in der „Verordnung zur Neuregelung pflanzenschutzrechtlicher Vorschriften zur Bekämpfung von Schadorganismen der Kartoffel vom 5. Juni 2001“ aufgeführt. Der Anteil von Sorten mit Resistenz gegenüber allen Pathotypen muss im deutschen Kartoffelsortiment erhöht werden.

Die amtliche Krebsresistenzprüfung wird mit allen wichtigen deutschen Pathotypen unter Labor-Bedingungen nach der Glynne-Lemmerzahl-Methode durchgeführt. Die Löschung der Krebsherde erfolgt in Deutschland nach den Empfehlungen der EPPO (EPPO-Standard PM 3/59[1]) ca. 20 Jahre nach dem letzten Krebsauftreten. Vor der Löschung sind ein Biotest (Topftest) und eine mikroskopische Bodenuntersuchung bzw. zwei Biotests durchzuführen. Nach der Löschung von Krebsherden wird der Anbau resistenter Sorten empfohlen.

Summary

Pathotype 1 is practically no longer important in Germany because the majority of potato varieties grown here are resistant towards this pathotype. Only about 0.2 % of the 1686 potato wart foci registered (of which some 50 % are older than 25 years) can still be attributed to pathotype 1. Pathotypes 2, 6, 8 and 18 are of practical importance (see Table 1). The most important measures to control potato wart in Germany are listed in the „Ordinance regulating legal crop protection provisions to control harmful organisms of potato“ of 5 June 2001. It is necessary to increase the portion of varieties with resistance to all pathotypes in the German potato assortment. Official testing of wart resistance is made with all important German pathotypes in the laboratory according to the Glynne-Lemmerzahl method. Wart foci are deleted from the register according to EPPO recommendations (EPPO Standard PM 3/59[1]) about 20 years after the last appearance of the disease. A biotest (pot test) and a microscopic soil test or two biotests have to be made before a wart focus is deleted. Growing of resistant varieties is recommended where a wart focus has been deleted.

Literatur

- ANONYM, 1999: EPPO-Standard PM 3/59 (1)
Phytosanitary procedure for *Synchytrium endobioticum*: soil tests and descheduling of previously infested plots. EPPO Bulletin **29**, 225 - 230.
- LANGERFELD, E. und H. STACHEWICZ, 1992:
Bewertung des Abwehrverhaltens von Kartoffelsorten gegenüber dem Erreger des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **44**, 175 - 178.
- RINTELEN, J., SCHÖNER, M. und W. HUNNIUS, 1983:
Nachweis und Lebensdauer des Kartoffelkrebserreger in alten Krebsherden. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz **90**, 251 - 257.
- STACHEWICZ, H., 1996: Die Krebsresistenzprüfung von Kartoffelzuchtstämmen und -sorten in der Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **48**, 181 - 186.
- STACHEWICZ, H. und S. ENZIAN, 1998a: Sind Temperatur und Niederschlagsmenge begrenzendere Faktoren für das Auftreten von Kartoffelkrebs in der Bundesrepublik Deutschland? Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **50**, 105 - 111.
- STACHEWICZ, H. und S. ENZIAN, 1998b: Bedeutung und Bekämpfung des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum*) in der Bundesrepublik Deutschland. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **357**, 102 - 103.
- STACHEWICZ, H., LARSEN, J. und H. SCHULZ, 2000:
Pathotypenbestimmung des Kartoffelkrebserreger *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. aus Dänemark. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **52**, 116 - 118.

Pflanzenschutzprobleme bei nicht-wendender Bodenbearbeitung

Plant protection problems in non-tillage cultivation

Gerhard Bartels

Vorrangige Ziele nicht-wendender bzw. pflugloser Bodenbearbeitung sind neben der allgemeinen Schonung des Bodens und des Wasserhaushaltes, die Reduzierung der Bodenerosion, sowie die Einsparung von Kosten bei der Arbeitserledigung. BRUNOTTE und WAGNER (2001) beleuchten diese Aspekte ausführlich in ihrem Beitrag „Bodenschonung und Kosteneinsparung“ in der KTBL-Schrift 398. Bemühungen um pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren sind nicht erst neueren Datums. Erste Untersuchungen und Versuche wurden bereits vor etwa 30 Jahren unternommen. BAUEMER et. al (1971) und KAHNT (1969) führten Untersuchungen mit verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen bereits in den 60er Jahren in Deutschland durch. Viele andere Autoren vertieften in den Folgejahren diese Probleme (EHLERS & CLAUPEN, 1994; HOFFMANN, 1996; SOMMER & ZACH, 1993).

Speziell in Reihenkulturen, wie z. B. Zuckerrüben, hat die nicht-wendende Bodenbearbeitung im Hinblick auf die Gefahr der Erosion durch Wasserabfluss besondere Bedeutung, da diese Kulturen erst mit großer Verzögerung den Boden bedecken. So weisen BAUEMER (1988) und EHLERS (1975) auf den besonderen Erosionsschutz durch nicht-wendende Bodenbearbeitungsverfahren hin. BRUNOTTE (1990) zeigt die Auswirkungen einer Mulchauflage im Zusammenhang mit dem Pflugverzicht, der Verminderung der Erosion und der Verschlammung und der Verkrustung der Böden im Zuckerrübenanbau auf. Die positive Beeinflussung des Bodenlebens (FRIEBE & HENKE, 1992) sowie die Förderung von Nützlingen (GARBE & HEIMBACH, 1992) durch Mulchsaaten in Verbindung mit Pflugverzicht sind wesentliche Vorteile dieser Anbauverfahren.

Gerade der sehr nasse Herbst 1998 bestätigte in der Praxis die Aussagen von GRUBER (1989) und SOMMER und ZACH (1993), dass die Böden bei Verzicht auf Bodenwendung eine wesentlich verbesserte Tragfähigkeit und Befahrbarkeit aufwiesen. Noch anschaulicher als im Herbst 1998 nach Einsatz der schweren sechsstufigen Rübenerntetechnik konnte dies in der praktischen Landwirtschaft nicht dargestellt werden. Vor dem Hintergrund enger werdender Gewinnspannen in der Pflanzenproduktion gewinnen ökonomische Aspekte der Bodenbearbeitung an Bedeutung. Gerade der Zwang zur Kosteneinsparung ist ein wesentliches Argument für den Pflugverzicht. Die Aspekte derartiger Möglichkeiten der Kostenreduktion zeigt u.a. BECKER (1997, Tab. 1).

Tab. 1 Kosten der Arbeitserledigung je ha bei differenzierter Bodenbearbeitung in Modellbetrieben (verändert nach BECKER, 1997)

Betrieb	ha	DM/ha			
		Pflug	Lockern	Mulch	Direktsaat
A	75	928	-187	-260	-349
B	150	813	-144	-221	-312
C	500	764	-141	-200	-299
D	2000	679	-124	-182	-267
ø		796	-149	-216	-307

Nach seinen Untersuchungen sanken die Kosten der Gesamtarbeitserledigung (variable und feste Maschinenkosten, Lohnanspruch) zunächst in Abhängigkeit von der Betriebsgröße von 729 DM/ha auf 536 DM/ha/Jahr. Mit zunehmender Betriebsgröße fielen die Kosten um insgesamt 26%. Im Mittel der untersuchten Betriebe betragen die Kosten der Arbeitserledigung bei Einsatz des Pfluges 796 DM/ha/Jahr und bei Direktsaat 489 DM/ha/Jahr. Das war eine Einsparung von gut 40%. Im Gegensatz zur Direktsaat betrug die Einsparung bei Mulchsaat ohne Bodenwendung 27%. Die Einsparungsmöglichkeit durch verschiedene Bearbeitungsverfahren gegenüber dem Pflugeinsatz variierte je nach Wahl des Verfahrens bis zu 307 DM/ha/Jahr und war damit größer als die Einsparung durch Wachstum der Betriebe. Das sind beeindruckende ökonomische Fakten, welche die relativen Vorzüge der nicht-wendenden Bodenbearbeitungsverfahren untermauern.

Für den Pflanzenbauer stellt sich jedoch die Frage, inwieweit veränderte Bodenbearbeitungen Veränderungen im Auftreten von Krankheiten und Schädlingen mit sich bringen, die in der Folge zu erhöhten Pflanzenschutzkosten führen können. Mögliche Veränderungen sind im Ackerbau denkbar

- beim Auftreten von Halmgrunderkrankungen im Getreide
- beim verstärkten Auftreten von Fusariosen und damit einhergehend verstärkter Mykotoxinbildung
- bei einer Zunahme der DTR Blattfleckenkrankheit im Weizen
- durch stärkeren Befall mit Schnecken und Mäusen und
- bei einer Zunahme der Verunkrautung in Ackerbaukulturen.

Neben möglichen Erhöhungen der Pflanzenschutzkosten muss geklärt sein, inwieweit durch erhöhte Pflanzenschutzauflagen möglicherweise die Gefahr erhöhter Austräge von Pflanzenschutzmitteln in Grund- und Oberflächengewässer gegeben ist. Die Klärung dieser Problemkreise war Ziel mehrerer in der BBA durchgeführten Forschungsvorhaben.

Der Frage nach Veränderungen des Auftretens von Unkräutern bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung gingen zunächst SIEVERT (2000) und KREYE (2002) nach. Als Ergebnis seien hier die Daten zum Auftreten dikotyler Unkräuter in Wintergerste in den Jahren 1996 bis 1999 aufgeführt (Tab.2). Danach war in dieser Kultur kein Anstieg bei dikotylen Unkräutern zu verzeichnen, wengleich die Wirkung der verschiedenen Bearbeitungsverfahren auf die einzelnen Unkräuter unterschiedlich eintrat. Ähnliche Ergebnisse zeigten Untersuchungen im Winterweizen (Tab. 3).

Tab. 2 Auflaufdichte dikotyler Unkräuter in Wintergerste, 1996 - 1999

Unkrautart	Pflanzen/m ²		
	Pflug	Grubber	Direktsaat
Ehrenpreis	20,3	22,8	13,0
Kamille	35,3	10,6	4,0
Klette	1,7	0,3	0,3
Stiefmütterchen	6,4	10,4	0,3
Vogelmiere	1,4	0,9	0
Taubnessel	0,5	0,5	0,4
Ackerhellerkraut	0,6	0	0
Ackerfuchsschwanz	2,2	0,3	0,9

Tab. 3 Auflaufdichte dikotyler Unkräuter in Winterweizen, 1996 - 1999

Unkrautart	Pflanzen/m ²		
	Pflug	Grubber	Direktsaat
Ehrenpreis	26,5	31,0	32,1
Kamille	30,4	12,8	1,9
Klette	1,5	0	3,5
Stiefmütterchen	1,9	14,7	4,0
Vogelmiere	0,9	1,6	1,4
Taubnessel	0,5	0,4	2,6
Ackerhellerkraut	0,3	0	0
Ackerfrauenmantel	0,7	2,1	8,5

Dagegen trat eine Zunahme von Ungräsern nach Verzicht auf die Pflugarbeit sowohl im Weizen als auch in der Gerste auf. Untersuchungen der LWK Hannover (1998) wiesen nach Pflugverzicht Bestandesdichten von bis zu 200 Windhalmpflanzen/m² im Getreide auf. Untersuchungen von PALLUTT (1997) und SCHWERDTLE (1977) bestätigen nach Pflugverzicht einen Anstieg bei monokotylen Unkräutern, hier besonders Windhalm auf über 270 Pflanzen/m². Sie konstatieren im Gegensatz zu eigenen Untersuchungen auch einen Anstieg der Verunkrautung mit dikotylen Unkräutern. Die Zunahme ist nach KNAB und HURLE (1986) auf eine veränderte Verteilung der Samen im Bodenhorizont und auf eine Veränderung der Keimbedingungen in der Bodenschicht (LANG, 1993) zurückzuführen.

Die Verteilung der Rhizome bei der Quecke durch den Einsatz des Grubbers führt ebenfalls zu einer Erhöhung des flächigen Besatzes mit diesem Ungras. Die ausgeglichenen Feuchte- und Temperaturbedingungen bewirken nach LANG (1993) nach Pflugverzicht eine stärkere Keimung und ein verstärktes Auflaufen der Pflanzen, was sogar bis zu einem 5-fach höheren Windhalmbesatz führte. Unabhängig von der Bodenbearbeitung weisen verschiedene Faktoren im Zusammenhang mit dem Ungrasbesatz auf die Bedeutung der Fruchtfolge und der Vorfrucht hin. Beide Parameter, Bodenbearbeitung und Fruchtfolge können nicht nur bei Windhalm sondern auch bei Quecke und Trespse zu einer zügigen Ausbreitung führen.

Nach BRÄUTIGAM und LEBER (1991) ist dabei langfristig mit einem Mehraufwand für Herbizide zu rechnen. Untersuchungen von PALLUTT (1999) zeigten bei einer Erhöhung des Getreideanteils in der Fruchtfolge von 50% auf 67% einen Anstieg des Herbizidbedarfs um 80%. RODEMANN et al. (2000) rechnen bei Pflugverzicht in einer Getreide-Rübenfruchtfolge mit 2/3 Getreide mit Mehrkosten für Herbizide bei verändertem Einsatz wirksamer Mittel von 30 - 40 DM/ha. Ähnlich beziffert RAUPER (1993) den Mehraufwand bei pflugloser Bodenbearbeitung mit 50 - 60 DM/ha für selektive Herbizide. Da jedoch eine Veränderung der Unkrautflora unter Pflugverzicht nur langsam erfolgt (KEES, 1986) wird sich möglicherweise ein Mehraufwand nicht sofort, sondern in Abhängigkeit vom Standort erst verzögert einstellen. Bei Untersuchungen zur Unkrautdichte in Zuckerrüben KREYE (2002) zeigte sich ein erhöhter Besatz an dikotylen Unkräutern nach Einsatz des Pfluges. Im Raps stieg nach gleichen Untersuchungen sowohl der Besatz an dikotylen als auch monokotylen Unkräutern und Ungräsern an.

Die Fruchtfolge erhält bei nicht-wendender Bodenbearbeitung unter einem weiteren Aspekt besondere Bedeutung. Und zwar im Hinblick auf das Durchwuchsproblem von Weizenpflanzen, bei in der Fruchtfolge nach Weizen stehender Gerste. So stieg nach Untersuchungen von SIEVERT (2000) der Anteil an aufgelaufenen Weizenpflanzen in der Gerste nach Grubbersaat auf bis zu 50 Pflanzen/m² gegenüber Aussaat von Gerste nach Pflugfurche an. Bei Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung war ein nochmaliger Anstieg um weitere 10 Pflanzen zu verzeichnen. Die Folge ist nicht nur eine Qualitätseinbuße im Erntegut Gerste sondern auch ein erhöhter Feuchtigkeitsgehalt, der zu erhöhten Trocknungskosten führt.

Nach bisherigen Erkenntnissen ist daher ein rentabler Anbau von Gerste in einer Fruchtfolge, in der die Gerste nach Winterweizen steht, nicht möglich. Daher muss in derartigen Fruchtfolgen die Gerste durch Weizen ersetzt werden, was entgegen den Regeln des Integrierten Pflanzenbaus zu einer Konzentration auf den alleinigen Weizenanbau als Getreideart führt. Die Alternative ist die Erweiterung der Fruchtfolge mit Sommerungen als Vorfrucht zur Gerste.

Durch Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung entstehen nicht nur für die Kulturpflanzen veränderten Entwicklungs- und Wachstumsbedingungen, sondern ebenfalls möglicherweise für Schaderreger, so z. B. bei bodenbürtigen Pilzen an Getreide. Aus derartigen Veränderungen ergibt sich sodann zwangsläufig die Frage, inwieweit Veränderungen in der Fungizidstrategie notwendig sind.

Eine der bedeutenden Pilzkrankheiten im Getreidebau ist der Halmbruch, hervorgerufen durch den Erreger *Pseudocercospora herpotrichoides*. Alle bisherigen Untersuchungen (SIEVERT, 2000, KREYE, 2002) zeigen, dass die Bodenbearbeitung keinen nachweisbaren und gesicherten Einfluss auf das Auftreten von *P. herpotrichoides* ausübt. Beispielhaft seien die Ergebnisse aus mehreren Jahren und nach verschiedenen Vorfrüchten dargestellt (Abb. 1).

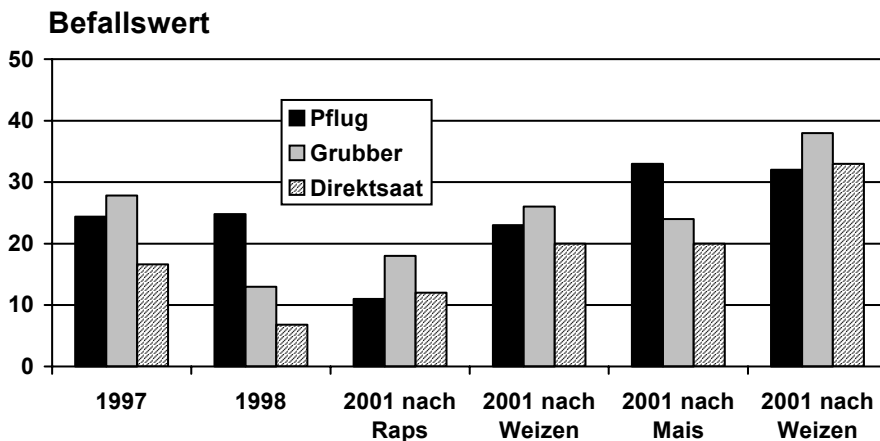


Abb. 1 Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall des Weizens durch *Pseudocercospora herpotrichoides* (BBCH 75, Standort Sichte)

Danach waren die Befallswerte im Schnitt nach Direktsaat sowohl nach Vorfrucht Weizen als auch nach Raps und Mais niedriger als nach Grubberaussaat oder Aussaat nach Pflugfurche. Nach Einsatz des Weizens in gegrubberte Flächen variieren die Befallswerte sehr stark und lassen weder eine positive noch eine negative Auswirkung auf das Auftreten der Krankheit statistisch sichern. Von größerem Einfluss als die Bodenbearbeitung scheinen sich Saattermin und Witterungsbedingungen auf das Befallsgeschehen mit *P. herpotrichoides* auszuwirken. Aus den zahlreich vorliegenden Untersuchungen am Institut läßt sich die Schlußfolgerung ableiten, dass eine Änderung der Bekämpfungsstrategien nach nicht-wendender Bodenbearbeitung im Vergleich zum Pflugeinsatz nicht erforderlich ist.

In das besondere Interesse der Betrachtung ist seit einigen Jahren das Auftreten des Erregers der Blattdürre, *Drechslera tritici-repentis* getreten. Da auf diese Krankheit und ihre Bedeutung in einem gesonderten Beitrag in diesem Heft eingegangen wird, soll sie hier nur kurz abgehandelt werden, obwohl hier ein deutlicher Zusammenhang zwischen Auftreten der Krankheit und Bodenbearbeitung besteht. Typische Befallssymptome für diese Krankheit sind zunächst dunkelbraune Infektionspunkte auf den Blättern, die bereits zwei Tage nach der Infektion sichtbar werden. 4-6 Tage nach Infektionserfolg bildet sich um die Infektionsquelle ein gelblicher Hof, der durch Toxinausscheidungen des Pilzes hervorgerufen wird und zu anschließenden Nekrosen führt. Mit zunehmender Nekrotisierung fließen die Blattflecken ineinander über. Das Endstadium der Krankheit ist dann eine von der Blattspitze her eintretende Blattdürre. Untersuchungen von RODEMANN et al. (2000) zeigten, dass bei Pflugverzicht im Laufe der Jahre der Befall mit *D. tritici-repentis* zunimmt, wenn Weizen nach Weizen in der Fruchtfolge steht. Diese Tatsache begründet sich in der Biologie des Pilzes.

Auf den am Boden liegenden Stroh- und Stoppelresten findet bereits im Herbst eine Fruchtkörperbildung mit Ascii statt, in denen Ascosporen heranreifen. Nach dem Freisetzen der Sporen, häufig schon im März, treten erste Primärinfektionen auf den jüngsten Blättern der Weizenpflanzen auf. Auf diesen nekrotischen Blattflächen sowie auf dem Stroh werden ab April/Mai bei Temperaturen von etwa 20 °C und wechselnder Feuchte Konidien gebildet, durch die Sekundärinfektionen hervorgerufen werden und die zu einer weiteren, starken Ausbreitung des Erregers führen.

Da der Ausgangspunkt der Infektion Pflanzenrückstände auf der Bodenoberfläche sind, verursacht natürlich ein Pflugverzicht, bei dem das mit Pilzen behaftete Stroh und die Stoppelreste auf der Bodenoberfläche verbleiben, einen massiven Anstieg der Inokulummenge. Die Stärke des Befalls ist vorrangig abhängig von der Menge der auf der Bodenoberfläche verbleibende Rückstände, der Sortenanfälligkeit, der Dauer günstiger Witterungsbedingungen und des Entwicklungsstadiums der Pflanzen zum Zeitpunkt des Erstbefalls.

Die Weizenblattdürre ist eine typische Fruchtfolgekrankheit, da sie beim Anbau von Weizen nach Blattfrüchten kaum Bedeutung hat. In Fruchtfolgen, in denen allerdings Weizen nach Weizen steht, kann sie zum ertragsbegrenzenden Faktor werden, insbesondere dann, wenn auf eine wendende Bodenbearbeitung verzichtet wird. Allerdings muss nicht zwangsläufig Pflugverzicht zu einem verstärkten Auftreten der Krankheit führen (Abb. 2).

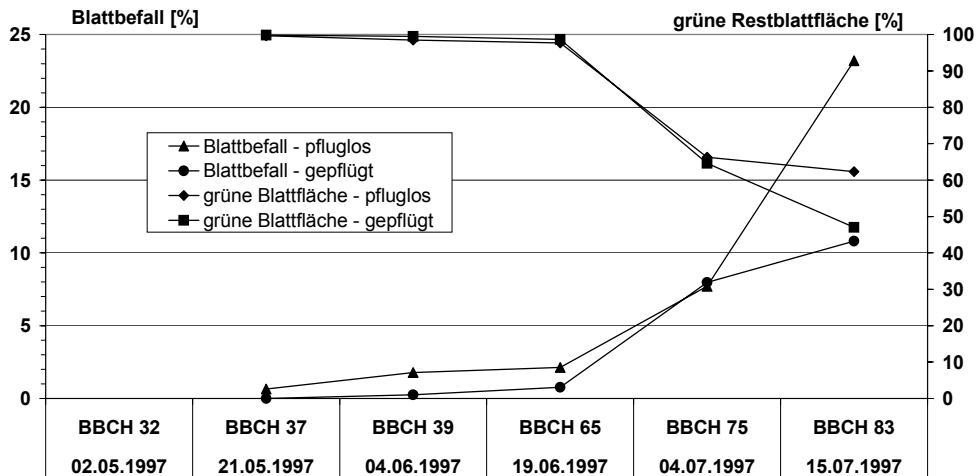


Abb. 2 Befallsverlauf von *Drechslera tritici-repentis* und Änderung der grünen Restblattfläche auf F bis F-2 in „unbehandelt“

Infolge der für die Krankheit im Jahre 1997 ungünstigen Witterungsbedingungen, trat der Erstbefall erst relativ spät in der dritten Mai-Dekade auf. In beiden Bearbeitungsvarianten war der Befallsverlauf auf niedrigerem Niveau bis zum Entwicklungsstadium BBCH 65 des Weizens gleich; er stieg erst dann in der Variante ohne Pflug stärker an. Dementsprechend ergaben sich keinerlei gesicherten Ertragsunterschiede zwischen den unbehandelten Varianten. Ein einmaliger Fungizideinsatz führte unabhängig von der Bodenbearbeitung zu den optimalen kostenbereinigten Erträgen. Anders dagegen im Befallsjahr 1998 mit befallsfördernden Witterungsbedingungen (Abb. 3).

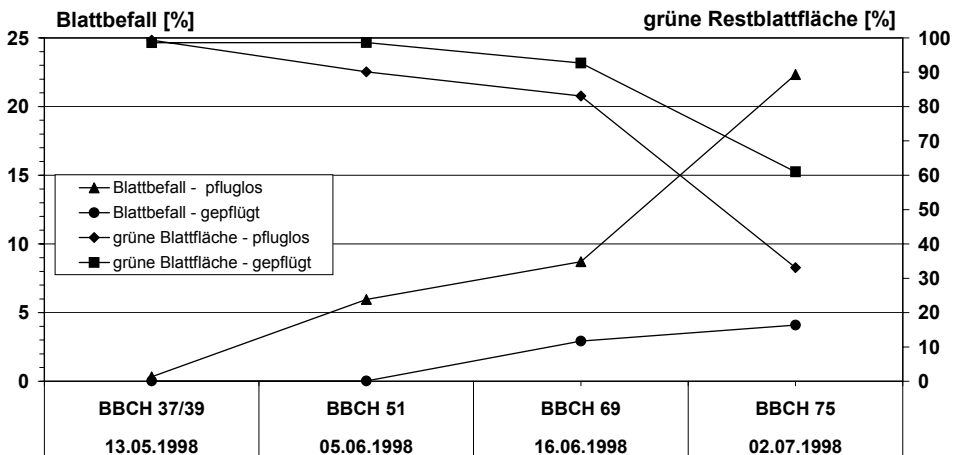


Abb. 3 Befallsverlauf von *Drechslera tritici-repentis* und Änderung der grünen Restblattfläche auf F bis F-1 in „unbehandelt“

Der Befall trat in der ungepflügten Variante etwa 3 Wochen früher auf als in der Pflugvariante. Er stieg kontinuierlich bis zum Entwicklungsstadium BBCH 75 des Weizens an und erreichte nahezu 90% auf den oberen beiden Blättern. Zum gleichen Zeitpunkt lag der Befall in der Pflugvariante lediglich bei knapp 20%. In der unbehandelten pfluglosen Variante lag der Ertrag um rund 50% niedriger als in der Pflugvariante. Auch nach zweimaligem Fungizideinsatz mit Mischungen von Strobilurinen und Azolen blieb der Ertrag nach Pflugverzicht deutlich unter dem, der in den Pflugvarianten erzielt werden konnte. Hieraus ergibt sich das Fazit, dass unter derartigen Befallsbedingungen zusätzliche Fungizid-Aufwendungen bei Pflugverzicht nötig sind.

Ähreninfektionen durch Fusariumarten können bei Getreide neben Ertragsausfällen vor allem auch zu einer Verschlechterung verschiedener Qualitätsparameter durch das Wachstum des Pilzes im Korn führen. Neben der Minderung der allgemeinen Saatgut-, Futter- und Backqualität wird insbesondere dem Gehalt an Mykotoxinen im Erntegut wegen Gefährdung von Mensch und Tier große Bedeutung beigemessen. Zu den bedeutenden Toxinbildnern beim Weizen gehören *Fusarium graminearum* und *Fusarium culmorum*, die das für den Weizen bestimmende Leittoxin Deoxynivalenol (DON) bilden. Zahlreiche Autoren haben sich mit der Problematik des Fusariumbefalls, dessen Bedeutung und Auswirkungen befasst.

Nach OBST et. al. (1992) wird das Auftreten von *Fusarium* sp. im Weizen entscheidend von der Vorfrucht und der Bodenbearbeitung beeinflusst. Diese beiden Faktoren sind maßgeblich für die Inokulumdichte verantwortlich (Abb. 4). Inokulum und Witterung bestimmen den Infektionsdruck. Besonders geeignet für die Infektion sind feuchtwarme Witterungsbedingungen mit täglichen Niederschlägen von 2 – 4 mm und Temperaturen größer als 16 - 18 °C. Herrschen diese Bedingungen zum Zeitpunkt der Blüte vor, ist mit einem Fusariumbefall des Weizens zu rechnen. So beeinflussen das Entwicklungsstadium der Pflanze und die Anfälligkeit der Sorte ebenfalls den Ährenbefall. Im Zusammenhang mit der Vorfrucht kommt der Bodenbearbeitung für den Aufbau des Fusariuminokulums besondere Bedeutung zu. Ein besonderes Infektionsrisiko stellt die Vorfrucht Mais, insbesondere bei nicht-wendender Bodenbearbeitung dar.

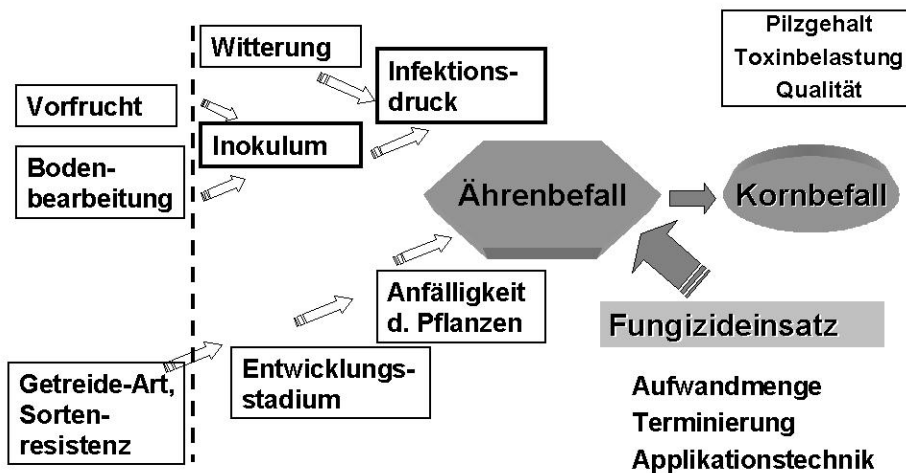


Abb. 4 Zusammenhänge verschiedener Einflussfaktoren

In Fruchtfolgen mit Mais als Vorfrucht zu Weizen verbietet sich nach guter landwirtschaftlicher Praxis wegen der großen Gefahr der Mykotoxinbelastung der Ernteprodukte die nicht-wendende Bodenbearbeitung. Muss aus Gründen des Bodenschutzes auf den Pflug verzichtet werden, müssen Fruchtfolgen installiert werden, in denen Weizen eine andere Vorfrucht als Mais hat. Nun treten Fusariosen im Weizen nicht nur nach Vorfrucht Mais auf, sie können auch nach anderen Vorfrüchten zu einem qualitätsbeeinträchtigendem Problem werden, das insbesondere durch den Pflugverzicht verstärkt wird.

Als besondere phytosanitäre Maßnahme zur Vorbeugung gegen Befall durch *Fusarium* sp. ist der Anbau wenig anfälliger Sorten zu sehen. Nach Resistenzprüfungen von MIELKE (2001) zeigen die Weizensorten durchaus Anfälligkeitsunterschiede, wobei absolut resistente Sorte nicht nachgewiesen werden konnten. Nach den Resistenzprüfungen der letzten Jahre in der BBA können von den nach deutschem Sortenrecht zugelassenen Winterweizen z. B. die Sorten Petrus, Bussard, Dekan und Toni als wenig anfällig eingestuft werden. Unter den Bedingungen des Jahres 2000 zeigten ebenfalls die Sorten Ludwig, Peggassos, Dream und Zentos einen geringeren Befall. Weitere Ergebnisse sind u. a. bei RODEMANN et al. (2001) dargestellt.

Unter befallsfördernden Bedingungen ist besonders im Weizenanbau mit nicht-wendender Bodenbearbeitung eine chemische Bekämpfung der Fusariosen nötig. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist die Applikation von Azol-Fungiziden zum Zeitpunkt der beginnenden Vollblüte (BBCH 63) am effektivsten, da auch dies das anfälligste Stadium der Pflanze ist. Als Beispiel seien die Anwendungen von 2 Azolen in Kombination und als einfache Anwendung aufgezeigt (Abb. 5), die nach künstlicher Inokulation des Weizens erfolgte. Der Wirkungsgrad der Fungizide liegt auch nach Untersuchungen anderer Autoren bei maximal 50 - 60%, wobei die Wirkung sich sowohl auf die Reduktion des Befalls als auch des Toxingehaltes bezieht. Ein Einsatz von Fungiziden aus der Wirkstoffklasse der Strobilurine kann unter bestimmten Bedingungen zu Erhöhungen des Pilz- und Toxinbefalls führen.

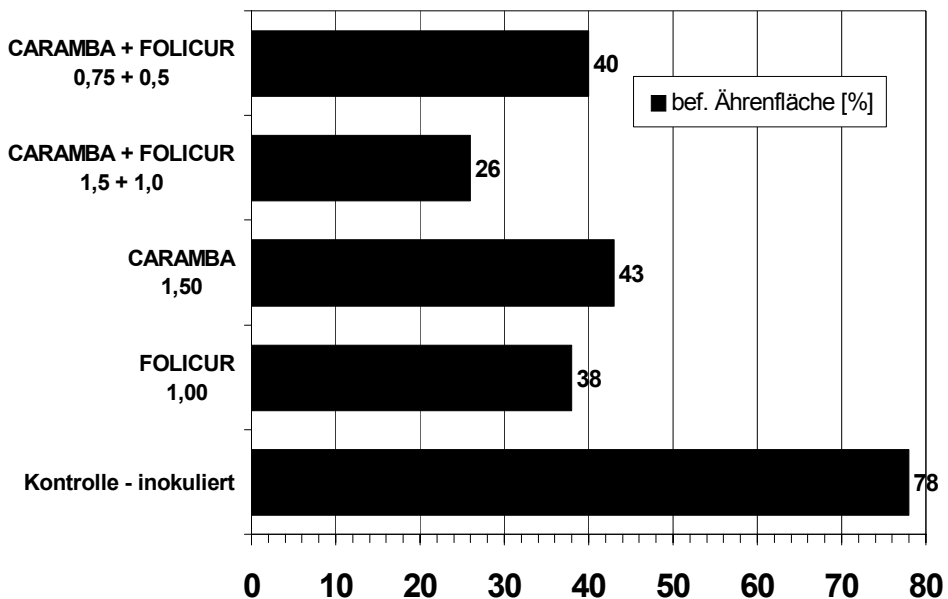


Abb. 5 Einfluss von Fungizidmaßnahmen (in BBCH 63) auf den Ährenbefall mit *Fusarium culmorum* (nach Inokulation mit einer Konidiensuspension)

Konservierende Bodenbearbeitung kann durch ausbleibende Bodenbearbeitung zu mangelnder Bodenrückverfestigung führen, die mit der Bildung von Hohlräumen in der Ackerkrume verbunden ist. In Zusammenhang mit dem Verbleib von Pflanzenrückständen an der Bodenoberfläche ist das bei feuchten Witterungsbedingungen eine ideale Voraussetzung für das Auftreten von Ackerschnecken. Diese können gerade in jungen Rapsbeständen bzw. in Weizensaaten nach Rapsvorfrucht zu erheblichen Schäden bis hin zum notwendigen Umbruch führen. Nun ist die Prognose zum Auftreten von Schnecken in Raps und Weizen sehr unsicher und schwierig (BÜCHS, 2001). Daher ist gerade in diesen beiden Früchten bzw. Fruchtfolgen eine Bekämpfung der Ackerschnecken nach der Saat bei pflugloser Bodenbearbeitung stets angeraten.

Gleiches gilt für Zuckerrübenaussaat und Mulchsaat ohne Bodenbearbeitung. Die Bekämpfung von Mäusen insbesondere in getreidereichen Fruchtfolgen und Trockenjahren mit zugelassenen PS-Mitteln (Giftweizen, Ködern) ist eine unabdingbare Voraussetzung für eine erfolgreiche Pflanzenproduktion mit nicht-wendender Bodenbearbeitung.

Zusammenfassung

Nicht-wendende, pfluglose Bodenbearbeitung ist Bestandteil der „guten fachlichen Praxis“. Sie dient der Schonung des Bodens und des Wasserhaushaltes, der Verhinderung bzw. Reduzierung der Bodenerosion sowie der Einsparung von Kosten bei der Arbeiterledigung. Im Zusammenhang mit dieser Art der Bodenbearbeitung ergaben sich Fragen nach möglichen Auswirkungen auf den Pflanzenschutz. Bei der Verunkrautung im Getreide ist in erster Linie eine Zunahme des Besatzes mit Gräsern zu beobachten, der zu zusätzlichen Herbizidaufwendungen führen kann. Auswirkungen der Bodenbearbeitung auf den Befall des Getreides mit Halmgrunderkrankungen wie z. B. *Pseudocercospora herpotrichoides* sind nicht festzustellen, wohl aber eine deutliche Zunahme der Gefahr der Infektion mit *Drechslera tritici-repentis* nach Pflugverzicht. Die gleiche Problematik ergibt sich hinsichtlich des Befalls von Weizen mit Fusariosen nach Mais in der Fruchtfolge in Kombination mit nicht-wendender Bodenbearbeitung. Durch den erhöhten Befall mit Fusariosen ergaben sich starke Belastungen mit Mykotoxinen. Bei Anbau von Weizen nach Vorfrucht Mais sollte auf eine pfluglose Bodenbearbeitung verzichtet werden. Unter befallsfördernden Witterungsbedingungen ist eine prophylaktische Bekämpfung von Ackerschnecken bei Pflugverzicht Voraussetzung für das Gelingen von Produktionsverfahren mit konservierender Bodenbearbeitung. Gerade in Trockenjahren und in getreidereichen Fruchtfolgen ist mit stärkeren Schäden durch Mäuse zu rechnen.

Summary

Non-tillage, unploughed soil treatment is part of the so-called “good professional practice” in agriculture. This procedure saves soil structures and replenishes water supply, prevents soil erosion and, in addition, reduces cost of labour. In connection with this kind of soil treatment questions were raised as to the possible effects of plant protection measures. In grains primarily an increase of weeds is observed which may lead to an additional application of herbicides. Effects of this soil treatment on stem diseases, for instance caused by *Pseudocercospora herpotrichoides*, are not detectable. However, there is a measurable increase of a potential infection with *Drechslera tritici-repentis* when the soil is not ploughed. The same problem arises regarding fusarium infection in wheat, when maize was grown as the previous crop and no plough is used. Beside an increase of infection with fusarium, an increased level of mycotoxins was detected. Therefore, it is recommended to omit ploughless soil treatment when wheat is grown after maize. Weather conditions which promote attacks by field snails necessitate a protection treatment in order to successfully apply the conserved soil treatment as the chosen production procedure. Especially in years with a dry growing season and fields with frequent grain rotation damage caused by mice will increase.

Literatur

- BAUEMER, K., 1988: Verfahren zur Verminderung der Bodenerosion in spät schließenden Reihenfrüchten auf lößbürtigen Böden. In: Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg. Bericht: Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und der Erträge durch wissenschaftlichen Fortschritt **389**.
- BAUEMER, K., EHLERS, W. und G. PAPE, 1971: Erste Erfahrungen im Ackerbau ohne Bodenbearbeitung in Göttingen. Landwirtschaftliche Forschung Sonderheft **26(1)**, 264 - 272.
- BECKER, C., 1997: Dauerhaft pfluglose Bodenbearbeitungssysteme und Betriebsgröße. Cuvillier Verlag Göttingen.
- BRÄUTIGAM, V. und B. LEBER, 1991: Ohne Pflug größere Pflanzenschutz-Probleme? Pflanzenschutz - Praxis **3**, 34 - 36.
- BRUNOTTE, G., 1990: Landtechnische Maßnahmen zum bodenschonenden und bodenschützenden Zuckerrübenanbau. Dissertation, Kiel.
- BÜCHS, W. und S. KÄMPFER, 2001: Monitoring von Schadschnecken auf Ackerflächen, Raps. **19(4)**, 190 - 195.

- EHLERS, W., 1975: Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Science* **119**, 242 - 249.
- EHLERS, W. and W. CLAUPEN, 1994: Approaches towards conservation tillage in Germany. In: CARTER, M.R., Conservation tillage in temperate agroecosystems. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 141 - 145.
- FRIEBE, B. und W. HENKE, 1992: Regenwürmer und deren Abbauleistungen bei abnehmender Bearbeitungintensität. In: FRIEBE, B.: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden. Wiss. Fachverlag Dr. FLECK, Niederkleen, 139 - 145.
- GARBE, V. und U. HEIMBACH, 1992: Mulchsaat zu Zuckerrüben. *Zuckerrübe* **41**, 230 - 234.
- GRUBER, W., 1989: Befahrbarkeit von Ackerböden bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren. *Landtechnik* **44**, 25 - 27.
- HOFFMANN, C., 1996: Wirkung mehrjährig pflugloser Bodenbearbeitung auf die N-Dynamik im Boden und den Ertrag von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie* **121**, 616 - 622.
- KAHNT, G., 1969: Ergebnisse zweijähriger Direktsaatversuche auf drei Bodentypen. *Zeitschrift für Ackerbau- und Pflanzenschutz* **129**, 277 - 295.
- KNAB, W. und K. HURLE, 1986: Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung - Erstbeitrag zur Prognose der Verunkrautung. Proc. EWRS Symposium, Economic Weed Control, 309 - 316.
- KREYE, H., 2002: Auswirkungen nicht-wendender Bodenbearbeitung auf das Schadorganismen auftreten in einer Zuckerrüben-Weizen-Weizen-Fruchtfolge. Dissertation, Universität Göttingen.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER (LWK) Hannover, Pflanzenschutzamt, 1998: Versuchsbericht. *Landbuch Verlag GmbH*.
- LANG, H., 1993: Im Pflanzenschutz zwischen Pflug und Grubber abwägen. *Hessenbauer* **34**, 21 - 24.
- OBST, A., LEPSCHY, G., GLEISSENTHAL, V. und G. HUBER, 1992: Zur gezielten Bekämpfung der Ährenfusariosen bei Weizen – Beobachtungen und Versuchsergebnisse aus Bayern. *Gesunde Pflanzen* **44**, 40 - 47.
- PALLUT, B., 1999: Einfluss von Fruchtfolgen, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung auf Populationsdynamik und Konkurrenz von Unkräutern im Wintergetreide. *Gesunde Pflanzen* **51**, 109 - 120.
- PALLUT, B., 1997: Getreideanbau ohne Pflug, Wirkung auf Verunkrautung und Ertrag. *Der Pflanzenarzt* **1/2**, 3 - 6.
- RAUERT, W., 1993: Kostenvorteile durch Pflugverzicht. *Land- u. Forstwirtschaftliche Zeitung* **50**, 8 - 9.
- RODEMANN, B., BARTELS, G. und M. RESCHKE, 2000: Praxisgerechte Möglichkeiten und Verfahren zur Vermeidung des Eintrags von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer durch Abtrift und Abschwemmung. *Abschlussbericht F. u. E. Vorhaben*.
- RODEMANN, B., MIELKE, H. und G. BARTELS, 2001: Einfluss der Sortenwahl auf den Befall mit Ährenfusariosen. *Getreide Magazin* **3**, 152 - 155.
- SCHWERDTLE, F., 1977: Der Einfluss des Direktsaatverfahren auf die Verunkrautung. *Z. Pflanzenkrankheiten, Pflanzenschutz, Sonderheft VIII*, 155 - 163.
- SIEVERT, M., 2000: Aspekte des Pflanzenschutzes in Winterraps, Winterweizen und Wintergerste bei nicht-wendender Bodenbearbeitung. Dissertation, Universität Göttingen.
- SOMMER, C. und M. ZACH, 1993: Grundbodenbearbeitung mit nicht-wendender Lockerung. In: KTBL-Arbeitspapier 190: Ergebnisse von Versuchen zur Bodenbearbeitung und Bestellung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) Darmstadt, 35 - 42.

Möglichkeiten der Bekämpfung von *Drechslera tritici-repentis* und deren Wirtschaftlichkeit

Possibilities for controlling Drechslera tritici-repentis and their economic effects

Bernd Rodemann

Seit längerer Zeit wird eine Zunahme der *Helminthosporium*-Blattdürre an Weizen beobachtet, die durch den Erreger *Drechslera tritici-repentis* hervorgerufen wird. Trat der Erreger vorerst in den wärmeren Anbaubereichen Süddeutschlands (OBST & PAUL, 1993) auf, konnte in den letzten Jahren auch in Norddeutschland eine Zunahme der Krankheit besonders bei konservierender Bodenbearbeitung festgestellt werden. Die ermittelten Ertragsverluste beruhen in erster Linie auf einer verminderten Kornausbildung (Abnahme des Tausendkorngewichtes) durch den Verlust assimilatorisch aktiver Blattfläche als Folge des Schaderregerbefalls (WOLF & HOFFMANN, 1993).

Insbesondere beim Anbau von Winterweizen nach Winterweizen bei nichtwendender, pflugloser Bodenbearbeitung ist die Kultur wegen der zahlreich vorhandenen Inokulumquellen besonders gefährdet. Ansätze zur integrierten Bekämpfung des Schaderregers sind durch eine optimale Abstimmung und Kombination der Einflussfaktoren Vorfrucht, Bodenbearbeitung, Sortenwahl und des Fungizideinsatzes zu erarbeiten (MIELKE & REICHELT, 1999). Kenntnisse über die Biologie des Schaderregers wie auch der Schadsymptome und deren Erfassung müssen die Basis für die Erarbeitung praktikabler Lösungsansätze bilden (HOFFMANN & VERREET, 1988).

Schadbild/Symptome

Bei der Bestimmung der Befallssymptome ist eine unterschiedliche Ausprägung zu erkennen. So führen die Primärinfektionen durch die Ascosporen zu rundlichen, hellbraunen Flecken auf den bodennahen Blättern (WOLF, 1998). Erst die Sekundärinfektion durch die Konidien erzeugt die typischen dunkelbraunen, nekrotischen Infektionsstellen von 3 mm Durchmesser, die von einem gelben Hof umgeben sind. Auf dem nekrotischen Gewebe, welches sich mit fortschreitender Vegetation langsam ausdehnt, entstehen die Konidienträger, die Konidien freisetzen und zur Epidemie führen. Damit können die Sekundärinfektionen durch Konidien gesetzt werden, welche auf den Strohhalmresten und auf den Pflanzen gebildet werden. Eine lückenlose Produktion von Inokulummaterial während der Vegetation scheint damit gegeben zu sein.

Biologie

Verursacht wird die Krankheit durch den Ascomyceten *Pyrenophora tritici-repentis* und seine Nebenfruchtform *Drechslera tritici-repentis*; Syn. *Helminthosporium tritici-repentis*. Bevorzugt befallen werden Weizen und Durum-Weizen, aber auch Schadgräser wie Wehrlose Trespe und Quecke dienen dem Erreger als Wirtspflanze.

Der Pilz überdauert auf Stoppelresten an der Bodenoberfläche, dabei bildet er schon ab September/Oktobre Fruchtkörper (Pseudothezien) aus, die über Winter heranreifen (Abb. 2). Aus ihnen werden im April/Mai bei feuchter Witterung Ascosporen ausgestoßen, die zu Primärinfektionen führen (WOLF & HOFFMANN, 1993). In einem Temperaturbereich zwischen 5-30 °C ist ein Myzelwachstum des Pathogens möglich.

Auf der Wandung der Fruchtkörper entstehen anschließend bei Temperaturen über 10 °C Konidienträger, die Konidiosporen freisetzen. Bei einer Witterung mit wechselnder Feuchte und Temperaturen um 20 °C wird der größte Anteil der Konidien gebildet, die dann mit dem Wind verbreitet werden. Dabei werden Driftbewegungen von 50 m und mehr häufiger beobachtet.



Abb. 1 Überdauerung von *Drechlera tritici-repentis* auf Strohrefen und spezifische Befallssymptome mit starker Schädigung der Assimilationsfläche der Weizenblätter



Abb. 2 Primärbefall auf den Blattetagen F-6 und F-5 hervorgerufen durch Sporen von *Drechlera tritici-repentis* sowie Pseudothezien auf Strohrefen.

In Abhängigkeit von der Blattbenetzung und dem Resistenzgrad der Sorte sind für die Infektion 6-48 Stunden erforderlich. Bereits drei Stunden nach dem Auskeimen der Konidien können an den Enden der Keimschläuche Appressorien gebildet werden. Nach dem Durchwachsen der Blattoberfläche werden innerhalb des Blattes sekundäre Hyphen gebildet, die in die Interzellularräume des Mesophylls wachsen (DUSNICKY et al. 1996). Besiedelte Epidermiszellen können schon 24 Stunden nach der Penetration abgestorben sein. Die Fähigkeit vieler DTR-Isolate das niedermolekulare Ptr-Tox A -Toxin (ANDERSON et al. 1999) auszusecheiden ist ein zusätzlicher Pathogenitätsfaktor, der das Absterben der Epidermiszellen beschleunigt. Mit zunehmendem Alter der Weizenpflanzen steigt die Anfälligkeit des Weizens. Zusätzliche biotische und abiotische Streßeinflüsse (Herbizidmaßnahmen) fördern ebenfalls den Befall.

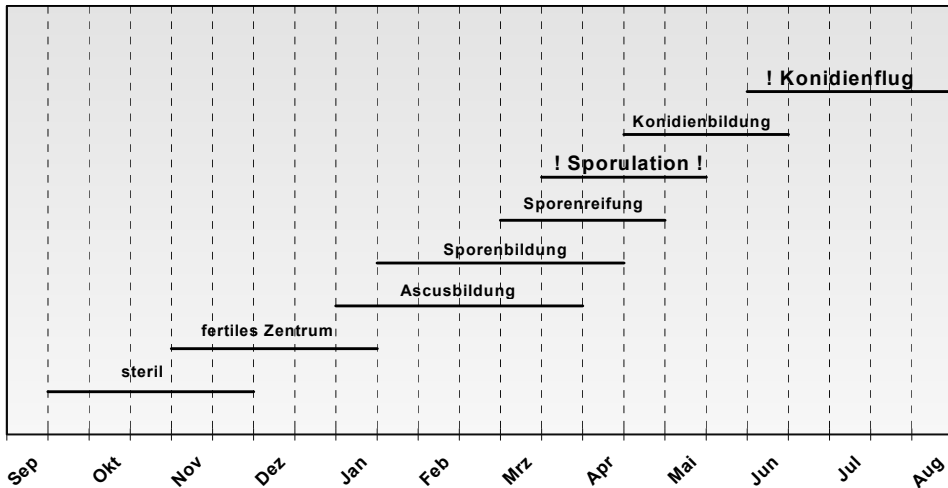


Abb. 3 Entwicklungszyklus von *Drechslera tritici-repentis* im jahreszeitlichen Verlauf

Bekämpfungsmaßnahmen

Durch die Fähigkeit des Pilzes während der Vegetation lückenlos Sporen zu produzieren werden an die Bekämpfung des Erregers höchste Anforderungen gestellt. Nur durch Kombination von Pflanzenbau- und Pflanzenschutzmaßnahmen im Rahmen eines integrierten Pflanzenschutzes ist der höchste Bekämpfungserfolg zu erreichen.

Fruchtfolge

Bei den pflanzenbaulichen Maßnahmen handelt es sich in der Regel um vorbeugende Maßnahmen, deren Ziel es ist, das Inokulumpotential des Bodens zu vermindern bzw. die Infektionskette des Erregers zu unterbrechen. So kann durch Fruchtfolgemaßnahmen wie Anbau von Zwischenfrüchten zur Erhöhung der Mikroorganismenaktivität im Boden den Abbau von organischer Substanz fördern (OBST & PAUL, 1993). Damit wird dem Erreger die Lebensgrundlage entzogen und eine Vermehrung ist kaum möglich. In besonders gefährdeten Gebieten führt die Vermeidung des Anbaus von Weizen nach Weizen bzw. eine Verringerung des Weizenanteils in der Fruchtfolge zur effektiven Reduktion des Inokulumpotentials (BRÄUTIGAM & LEBER, 1991).

Bodenbearbeitungsverfahren

Aufgrund der beschriebenen Biologie des Pilzes kann durch die Auswahl und den Einsatz des Bodenbearbeitungsverfahrens der Anteil des an der Bodenoberfläche verbleibenden Inokulums beeinflusst werden (BARTELS & RODEMANN, 1998a, b). Gerade bei einem Anbau von Weizen nach Weizen ("Stoppelweizen") besteht von vorneherein ein erhöhtes Befallsrisiko. In Produktionsverfahren mit Direktsaat oder Mulchsaat, die in vielen Anbaugebieten zum Erosionsschutz durchgeführt werden, erhöht das an der Bodenoberfläche liegende Stroh das Befallsrisiko. Durch mehrmaliges Einmischen in den Boden mit zunehmender Arbeitstiefe wird die Strohrotte gefördert und eine Befallsgefährdung ansatzweise reduziert. Allerdings geht das zu Lasten des Erosionsschutzes, da der Bodenbedeckungsgrad reduziert wird. Der Landwirt muss unter seinen standortspezifischen Gegebenheiten entsprechende Maßnahmen abwägen. Stellt der Pflanzenschutz das wichtigste Kriterium dar, so kann durch eine wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug vorbeugend das Inokulum in tiefere Bodenschichten verlagert werden. Durch die dort ablaufenden Umsetzungsprozesse ist im Folgejahr so gut wie keine Gefährdung der Pflanzen durch Primärinfektionen zu erwarten.

Zu dieser Problematik wurden in den Jahren 1997 und 1998 vergleichende Untersuchungen in der anfälligen Sorte Ritmo an den regional benachbarten Standorten Lamspringe (pfluglos) und Bönningen (gepflügt) durchgeführt.

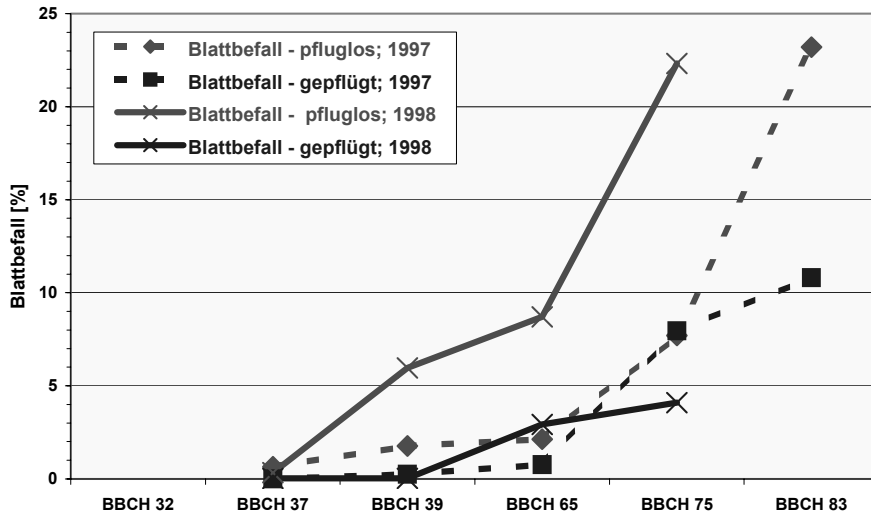


Abb. 4 Befallsverlauf von *Drechslera tritici-repentis* in „unbehandelt“ auf den Blatttagen (F bis F-1) in der Sorte Ritmo in den Jahren 1997 und 1998 bei wendender und pflugloser Bodenbearbeitung (BARTELS & RODEMANN, 1998b).

In beiden Versuchsjahren konnte in „unbehandelt“ ein deutlich höherer Blattbefall auf den oberen beiden Blatttagen bei pflugloser Bodenbearbeitung festgestellt werden. Aufgrund des milden Winters 1997/98 mit einem hohen Inokulumpotential war im Frühjahr der Befallsdruck wesentlich höher. Die früher beginnende Bildung von Konidien führte dazu, dass ein Befall von über 23% bei „pfluglos“ schon in BBCH 75 erreicht wurde. Die Befallsverläufe beider Jahre zeigen aber auch, dass mit Ende Ährenschieben/Beginn der Blüte (BBCH 59/61) eine deutlich Befallszunahme zu ermitteln war. Dieses begründet sich in den höheren Temperaturansprüchen (>20 °C) von *Drechslera tritici-repentis* für die massenhafte Bildung von Konidien.

Zur epidemiologischen Ausbreitung des Schaderregers wurden am Standort Bodenstedt in den Jahren 2000 und 2001 Untersuchungen in den anfälligen Sorten Ritmo bei einem pfluglosen Anbauverfahren durchgeführt. Wie in der Abb. 5 zu erkennen, kam es trotz eines unterschiedlichen Anfangsbefalls zu BBCH 32 bzw. BBCH 35 ab Ende Ährenschieben/Blühbeginn zu einer epidemiantigen Ausbreitung des Schaderregers auf den Blatttagen F bis F-2. Parallel läßt sich die Blattschädigung durch mit erfasster grüner Restblattfläche belegen. Verluste an assimilatorisch aktiver Blattfläche von bis zu 40% führten zu Kümmerkornausbildung und somit zu den deutlichen Ertragsverlusten. Die relativ verzögerte Zunahme des Blattbefalls war in beiden Jahren durch die Maitrockenheit mit niedrigen Temperaturen am Standort Bodenstedt zu erklären. Aus der guten Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Jahre 1997 und 1998 läßt sich ableiten, dass auf befallsgefährdeten Flächen die Weizenpflanze ab Mitte Ährenschieben bis Ende Blüte einen Schutz der oberen drei Blatttagen benötigt, um Ertragsverluste zu vermeiden. Zusätzlich sollte bei der Durchführung von Bodenbearbeitungs- und Pflegemaßnahmen durch eine gezielte Bekämpfung von Quecke und Trepse versucht werden die Infektionskette zu unterbrechen. Untersuchungen aus verschiedenen Jahren (RODEMANN et al. 2001) konnten zeigen, dass beide Ungräser von *Drechslera tritici-repentis* ebenfalls erheblich befallen werden. Die im Feldbestand und an den Rändern vielfach vorkommenden Pflanzen stellen damit ein nicht zu unterschätzendes Inokulumpotential dar. Durch eine entsprechende Unkrautbekämpfung kann ein möglicher Frühbefall der jungen Weizenpflanze im Herbst durch windbürtige Konidien ausgehend von den Ungräsern vorbeugend unterbunden werden.

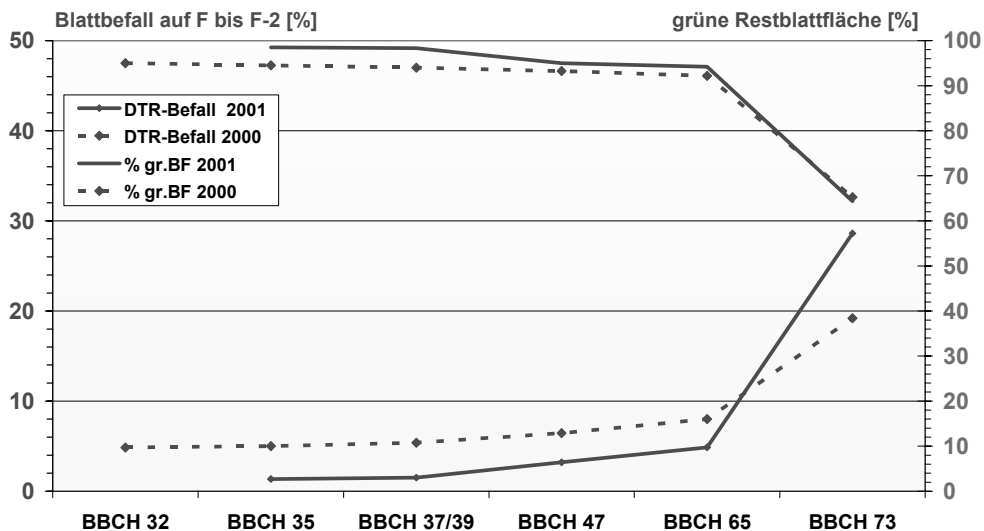


Abb. 5 Befallsverlauf von *Drechslera tritici-repentis* sowie Änderung der grünen Restblattfläche nach pflugloser Bodenbearbeitung in der „unbehandelten Kontrolle“; Sorte Ritmo, Bodenstedt, 2000 u. 2001

Sortenwahl

Durch die ökonomischen Vorgaben ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht eine Umstellung der Fruchtfolge nicht immer möglich oder nur mit hohen Verlusten zu realisieren. Ebenso gestaltet sich eine Umstellung des Bodenbearbeitungsverfahrens zurück auf den „Pflug“ aus ökologischen Gründen als recht schwierig, da auf erosionsgefährdeten Ackerflächen in einigen Bundesländern die nicht wendende Bodenbearbeitung (z.B. Mulchsaat) die Voraussetzung für die Gewährung der Agrarbeihilfe darstellt. An diesen Standorten kann durch den Anbau von gering anfälligen Sorten, die mit einem hohen Resistenzgrad ausgestattet sind, vorbeugend eine Ertragssicherung gewährleistet werden. Zur Beurteilung von Sorten und Prüfstämmen werden in der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Resistenzprüfungen gegenüber *Drechslera tritici-repentis* in Winterweizen durchgeführt. Diese Einstufungen sind von der Praxis der Beschreibenden Sortenliste zu entnehmen.

Ergebnisse aus den Jahren 1997 und 1998 zeigen eine geringe Anfälligkeit der Sorten Tower, Cardos, Toni, Petrus und Aristos. Auch die älteren Sorten wie Batis, Flair, Pegassos oder Longos werden mit der gleichen Anfälligkeit eingestuft (Abb. 6). Ein Anbau hochanfälliger Sorten wie Ritmo, Bandit, Convent, Habicht, Kornett oder Semper sollte auf gefährdeten Standorten unterbleiben. Mittlerweile wird von den Pflanzzüchtern an neuen Sorten gearbeitet, die mit einem höheren Resistenzgrad ausgestattet sind. Die Anfälligkeit der ab 1999 zugelassenen Sorten wird in Abb. 7 dargestellt und die Sortenleistung mit der der älteren Sorten Flair und Ritmo verglichen. Das mittlere Befallsniveau der Prüfungen, ermittelt auf den beiden oberen Blättagen, lag in den Jahren 1997 bis 2000 bei der Boniturnote 6,3. Im Mittel der Jahre stellten Ritmo und Convent mit Boniturnoten von 7,2-7,3 die anfälligsten Sorten, während sich Flair und Tower (Bonitur mit 5,2-5,4) als gering anfällig erwiesen. Bei den in den vergangenen zwei Jahren zugelassenen Sorten war eine unterschiedliche Anfälligkeit zu erkennen. Nach zweijährigen Prüfungen sind die Sorten Romanus, Dream und Hybnos 1 mit Boniturnoten um 4,8 als gering anfällig einzustufen. Sie sind damit deutlich gesünder als die Sorten Flair und Tower. Im mittelfähigen Bereich sind die Sorten Applaus, Olivin, Vergas, History, Certo und Magnus einzureihen. Neben dieser positiven Entwicklung ist auch festzustellen, dass es einige neue Sorten gibt, die gegenüber diesem Schaderreger eine Schwäche aufweisen und somit mit Befallswerten größer Boniturnote 7 bewertet wurden. Zu dieser Gruppe werden die Sorten Corvus, Korund, Kris, Maverick, Dekan und Clever gezählt. Diese Sorten sind durch eine kurze bis mittlere Pflanzenlänge gekennzeichnet, während es sich bei den Sorten mit einer geringen Anfälligkeit ausnahmslos um langstrohige Sorten handelt.

Ein dadurch bedingter längerer Infektionsweg der zu einer späteren und geringeren Schädigung der oberen Blattstadien führt, kann durchaus als Erklärung in Betracht kommen. In diesem Zusammenhang darf aber auch nicht vergessen werden, dass die Hemmung der Pilzausbreitung im Blattgewebe und damit des Läsionswachstums ("Ausbreitungsresistenz"), welche bedeutend für die Konidienbildung ist, ebenso eine wichtige Eigenschaft der Sorte darstellt. Ein Aufsteigen des Erregers auf die ertragsrelevanten Blattstadien (F und F-1) wird somit verzögert.

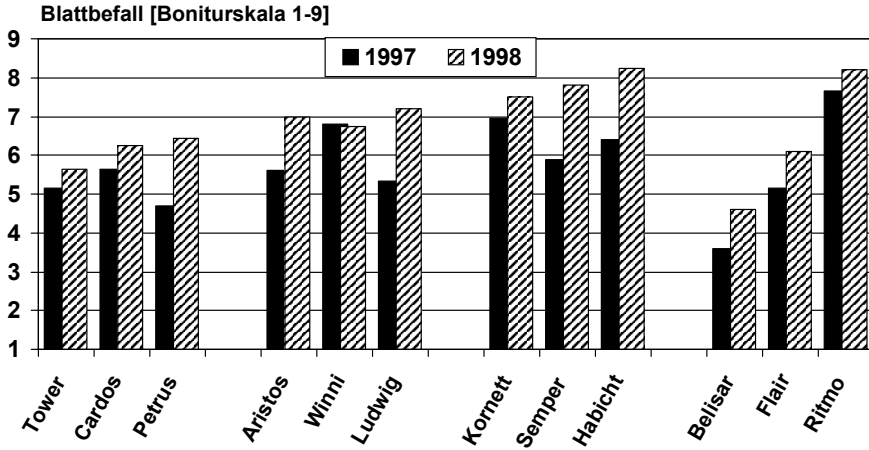


Abb. 6 Anfälligkeit von Weizensorten gegenüber dem Schaderreger *Drechslera tritici-repentis* (Auszug aus den Resistenzprüfungen 1997 u. 1998; Dr. MIELKE)

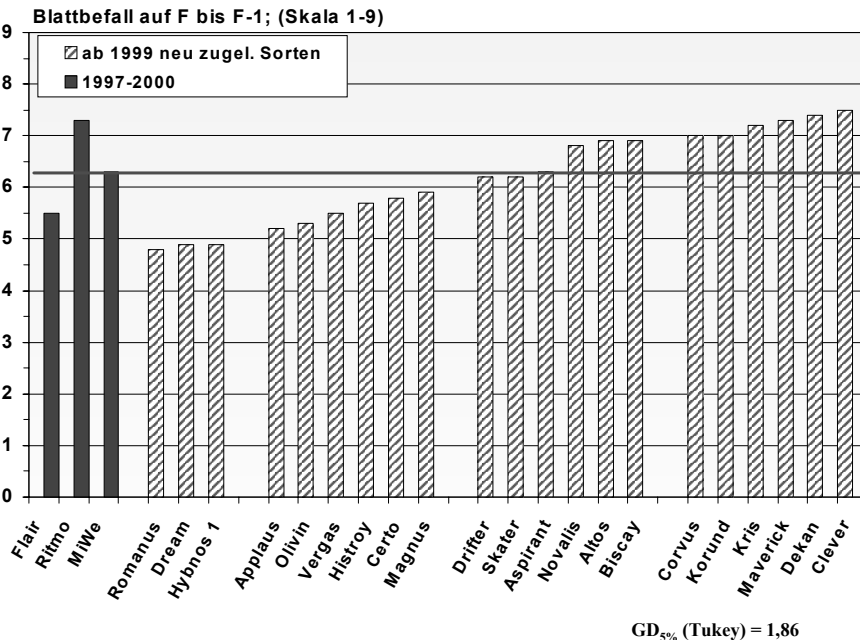


Abb. 7 Anfälligkeit neuer Winterweizensorten gegenüber *Drechslera tritici-repentis* (Auszug aus der BSA-Resistenzprüfung, MIELKE/RODEMANN, 1999-2000)

Fungizideinsatz

Neben den vorbeugenden Maßnahmen ist an befallsgefährdeten Standorten eine wirksame Bekämpfung teilweise nur durch den gezielten Einsatz wirksamer Fungizide möglich. Ziel dieser Maßnahme muss eine Reduktion des Inokulums sowie eine Unterbindung der Konidienproduktion sein. Im Einzelnen sollte der Übertritt des Erregers auf obere Blattorgane durch Konidien verhindert werden. Darüber hinaus muss ein Schutz der oberen Blattoberflächen (F und F-1) bis zum Zeitpunkt der Korneinlagerung (BBCH 73-78) gewährleistet werden (BARTELS & RODEMANN, 1998a).

Gerade in diesen Entwicklungsstadien ist mit einer massenhaften Konidienproduktion und folglich mit einer epidemieartigen Ausbreitung zu rechnen. Basierend auf diesen Erkenntnissen und der Problematik der Prognose müssen Fungizide protektiv und nach Möglichkeit kurativ wirksam sein und eine Wirkungsdauer von 2-4 Wochen aufweisen. Die Ergebnisse in der folgenden Abb. 8 zeigen, dass sich der DTR-Befall auf den Blattoberflächen F - F-1 zum Boniturtermin BBCH 75 im Jahr 1998, also dem zweiten Jahr der pfluglosen Bodenbearbeitung, in der unbehandelten Kontrolle von 7% auf 22% verdreifacht hat. Das mittlere Befallsniveau der Varianten liegt ca. 5-mal so hoch wie im Vorjahr.

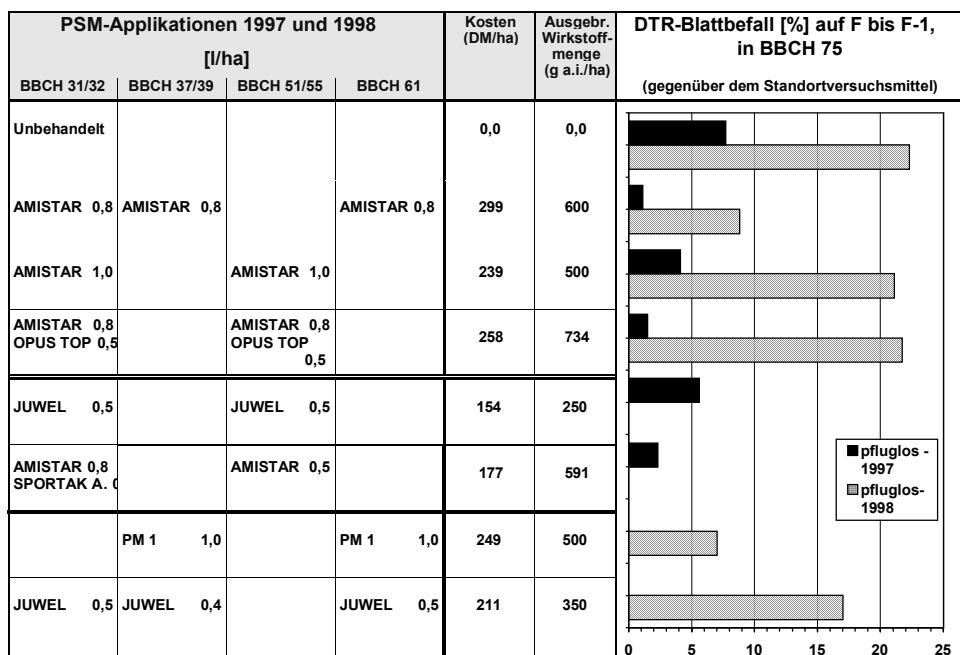


Abb. 8 Einfluss verschiedener Spritzfolgen mit unterschiedlichen Fungiziden auf den *Drechslera tritici-repentis*-Blattbefall nach pflugloser Bodenbearbeitung am Standort Lamspringe in den Jahren 1997 und 1998 (RODEMANN et al. 2001).

Bei geringem Befallsdruck des Jahres 1997 war mit einer Doppelbehandlung in BBCH 31/32 und BBCH 49/51 mit AMISTAR® plus azolhaltigen Partner der Erreger wirksam zu bekämpfen. Trotz des geringen Befallsniveaus konnte der Blattbefall bei der Bonitur in BBCH 75 um 75-80% gegenüber "unbehandelt" vermindert werden. Dagegen führte die gleiche Mittelkombination unter den Befallsbedingungen des Jahres '98 nur zu einer Reduktion um 3% von 22,3% auf 21,7% befallener Blattfläche. Hier bewirkte eine dem Entwicklungszyklus des Erregers angepasste Spritzfolge mit Anwendungsterminen in BBCH 37/39 und BBCH 55/59 die höchste Befallsminde rung von 68%. Dabei ist neben dem Behandlungs-Termin auch die Wirksamkeit des strobilurinhaltigen Prüfmittels (ACANTO®, Zulassung 2001) für den guten Bekämpfungserfolg verantwortlich. Darüber hinaus zeigte sich auch, dass die Dreifachbehandlung mit AMISTAR® in BBCH 31/32, BBCH 37/39 und BBCH 55/59 eine vergleichbare Wirkung aufwies.

Bei der Auswertung der Wirtschaftlichkeit wurde beim kostenbereinigten Ertrag das Standortversuchsmittel (dt/ha) als Vergleichsbasis zugrunde gelegt (Abb. 9). Unter den Befallsbedingungen des Jahres 1997 führte der Pflugverzicht in "unbehandelt" zu einem Minderertrag von 13 dt/ha, während dieser sich unter dem starken Befallsdruck des Folgejahres auf 18 dt/ha erhöhte. Im Versuchsjahr 1997 wurde bei einem geringen Befallsdruck durch eine Doppelbehandlung in BBCH 31/32 und 51/55 mit AMISTAR® plus verschiedene Partner (OPUS TOP® oder SPORTAK ALPHA®) der höchste kostenbereinigte Mehrertrag von bis zu 8 dt/ha erzielt.

Allerdings führte 1998 eine Zweifachbehandlung zu diesen Entwicklungsstadien nicht zur höchsten Wirtschaftlichkeit. Eine Doppelbehandlung in BBCH 37/39 und BBCH 61 mit einem neuen wirksamen strobilurinhaltigen Wirkstoff (Picoxystrobin) erbrachte einen kostenbereinigten Mehrertrag von 12 dt/ha. Geringfügig schlechter erwies sich die Dreifachbehandlung mit AMISTAR® in BBCH 31/32, BBCH 37/39 und BBCH 61. Am Beispiel beider Spritzfolgen wird deutlich, dass bei starkem Befallsdruck eine Applikation zum Ende des Ährenschiebens/Anfang Blüte mit potenten Mitteln die wirksamste Ertragssicherung durch Schutz der oberen Blattetagen bis über den Zeitpunkt der Korneinlagerung hinaus gewährleistet.

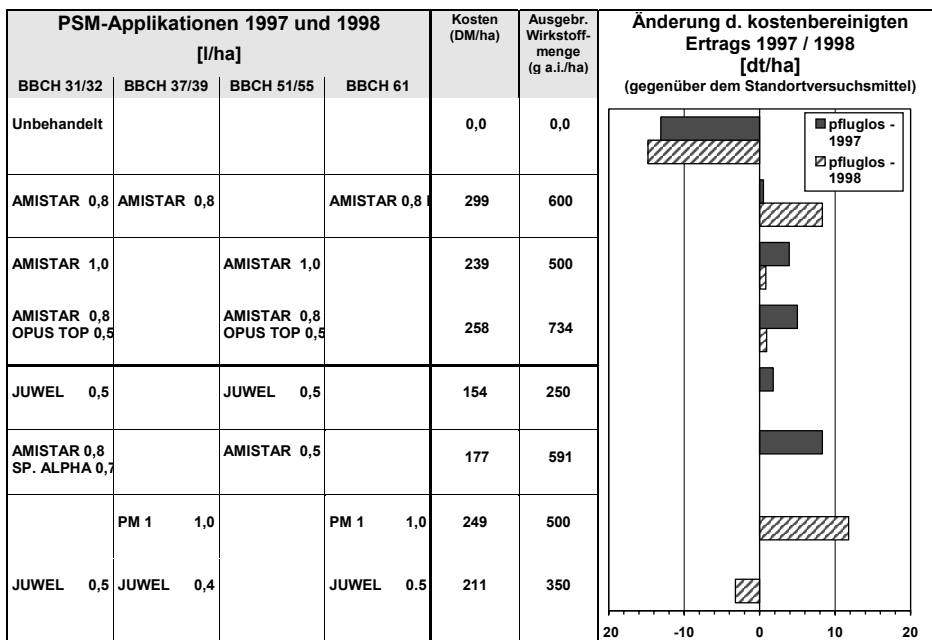


Abb. 9 Einfluss verschiedener Spritzfolgen mit unterschiedlichen Fungiziden auf die Änderung des kostenbereinigten Ertrags [dt/ha] nach pflugloser Bodenbearbeitung am Standort Lamspringe (RODEMANN et al. 2001).

Vergleich verschiedener Strategien

Zum Vergleich verschiedener Strategien wurden Maßnahmen, die aufgrund von Prognosesystemen oder nach Überschreiten von Bekämpfungsschwellen notwendig waren, stadienspezifischen Fungizid-Applikationen gegenübergestellt. In dem Schwellenwertkonzept war die erste Maßnahme bei mehr als 15 „Symptomflecken“ auf den Blattetagen F-3 und F-2 bis BBCH 39 sowie eine Folgemaßnahme ab BBCH 49 bei mehr als 10 „Symptomflecken“ auf den oberen drei Blättern (F bis F-2) vorzunehmen. Die Untersuchungen wurden im Jahr 2000 im pfluglos bestellten „Stoppelweizen“ der Sorte Ritmo durchgeführt. An dem Versuchsstandort konnte in der unbehandelten Kontrolle (Abb. 10) bereits ab BBCH 39 auf den Blattetagen F - F-2 ein starker Befall von 5 bis 6% ermittelt werden.

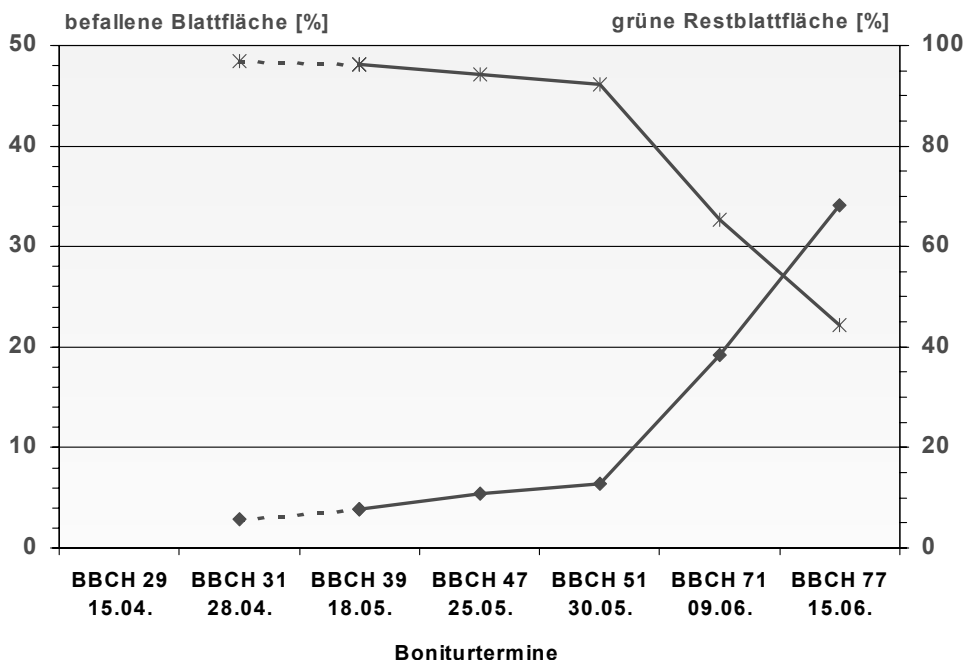


Abb. 10 Befallsverlauf von DTR sowie Änderung der grünen Restblattfläche nach pflugloser Bodenbearbeitung in der „unbehandelten Kontrolle“; Sorte Ritmo, Bodenstedt 2000 (RODEMANN & BARTELS, 2001)

Dieser stieg ab dem Ährenschieben (BBCH 51) bis zur Milchreife sehr zügig auf 34% an. Durch die parallel erfaßte grüne Restblattfläche auf den genannten Indikationsblattetagen wird die starke Abnahme assimilationsfähiger Blattfläche deutlich. Bei nur 44% grüner Blattfläche auf F bis F-2 in BBCH 75 war eine starke Chlorosenbildung und Nekrotisierung zu erkennen. Aufgrund des starken Befallsdrucks im Jahr 2000 an dem Versuchsstandort konnten bei der Abschlussbonitur der geprüften Spritzfolgen nur die oberen beiden Blättagen (F und F-1) ausgewertet werden (s. Abb. 11). Dabei wies die unbehandelte Kontrolle in BBCH 77 mit 34% Blattbefall einen deutlichen Verlust an assimilatorische Blattfläche auf. Verglichen wurde eine Zweifachbehandlung in BBCH 32 und BBCH 49 sowie als weitere Variante die Applikation in BBCH 37 und BBCH 55.

Durch eine Spritzfolge mit dem Prüfmittel zur späteren Terminkombination (BBCH 37 und BBCH 55) konnte der Blattbefall auf 7% reduziert werden. Durch die Kombination AMISTAR® mit 0,6 l/ha + AGENT® mit 0,6 l/ha in BBCH 37 gefolgt von der Tankmischung AMISTAR® mit 0,8 l/ha + GLADIO® 0,4 l/ha in BBCH 55 wurde bei stadienbezogenen Behandlungen mit einem Endbefall von 11% der beste Bekämpfungserfolg erzielt. Es bestätigte sich erneut, dass Applikationen zu späteren Entwicklungsstadien des Weizens, also gerade zu dem Zeitpunkt, wenn sich das größte DTR-Inokulum aufbaut, den Blattapparat am wirksamsten schützen konnten.

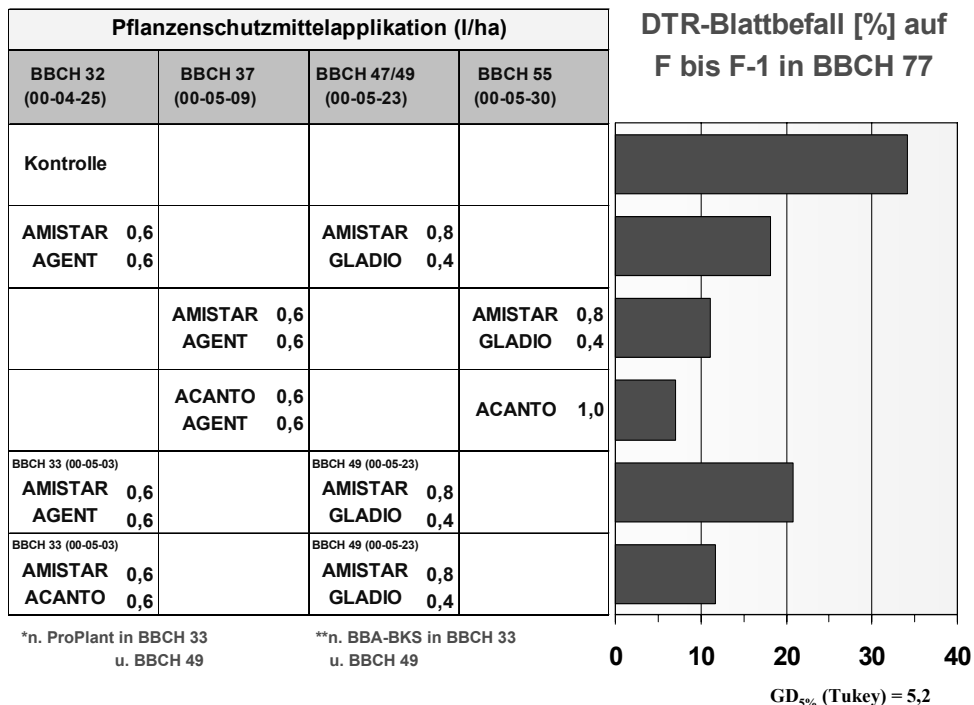


Abb. 11 Vergleich verschiedener Spritzfolgen hinsichtlich der Bekämpfung von *Drechslera tritici-repentis* auf den oberen Blättern (F und F-1); Standort: Bodenstedt 2000 (RODEMANN & BARTELS, 2001).

Vergleichsweise konnte die nach ProPlant empfohlene Fungizidapplikation zu BBCH 33 und BBCH 49 den Befall gegenüber der Kontrolle nur um 14% auf 22% Endbefall vermindern. Der aufgrund warmer und feuchter Witterung schnelle Durchlauf des Entwicklungszyklusses zwischen beiden Behandlungsterminen wurde nicht ausreichend erfaßt. Die somit gesetzten Infektionen konnten in ihrer Ausbreitung durch die zweite Behandlung nicht mehr hinreichend gestoppt werden.

Die nach definierten Schwellenwerten durchgeführten Behandlungen, die zufälligerweise zu den gleichen Terminen vorzunehmen waren, führten zu einer Befallsreduktion auf einen Endbefall von 12%. Hier ist allerdings zu berücksichtigen, dass der zu Frühjahrbeginn vorhandene Primärbefall durch das kurativ wirkende Prüfmittel gut bekämpft wurde. Ein Aufbau des Inokulums als Voraussetzung für eine epidemieartige Ausbreitung durch Konidien konnte somit teilweise unterbunden werden.

Die ertragliche Auswertung (Abb. 12) zeigte allerdings nur eine signifikante Ertragsabsicherung der Spritzfolgen gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Durch die Zweifachbehandlungen wurde ein Mehrertrag von bis zu 36% gegenüber der Kontrolle (66 dt/ha =100%) erzielt. Zwischen den geprüften Varianten, die hinsichtlich des Blattbefalls deutlich variierten, war eine maximale Differenz von 7% vorhanden. Ein absicherbarer Unterschied war nicht gegeben. Tendenziell konnte durch die Zweifachbehandlung mit ACANTO® + AGENT® in BBCH 37 gefolgt von der Soloanwendung des Prüfmittels in BBCH 55 der höchste Ertrag erzielt werden.

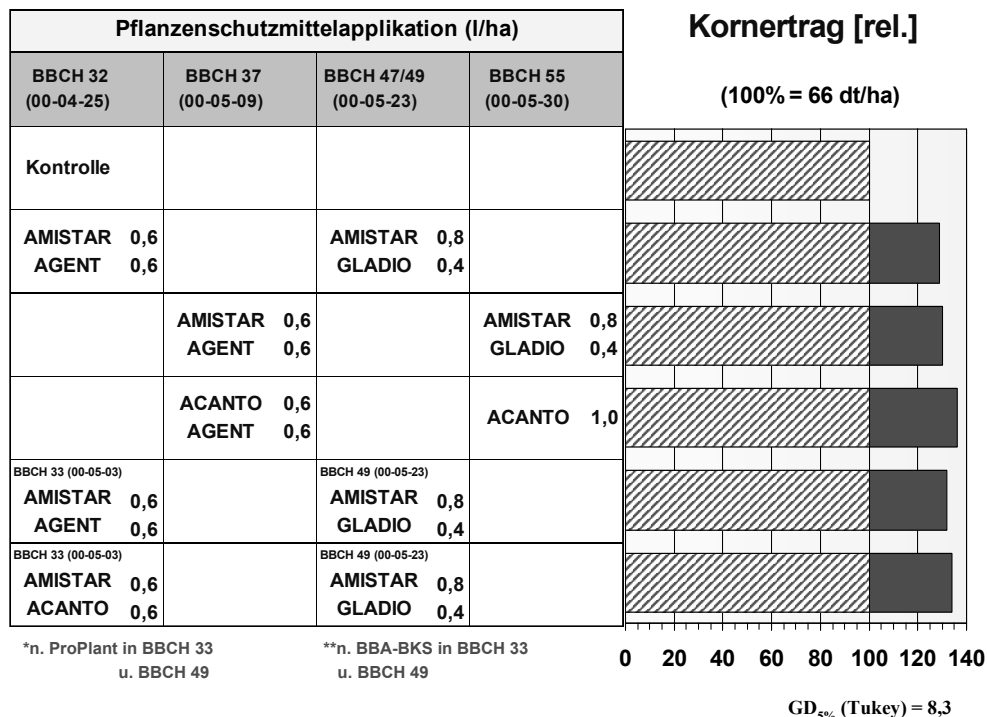


Abb. 12 Einfluss der Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Kornertrag [rel.] in Relation zur unbehandelten Kontrolle (RODEMANN & BARTELS, 2001).

Zusammenfassung

Die *Helminthosporium*-Blattdürre des Weizens, hervorgerufen durch den Schaderreger *Drechslera tritici-repentis* gewinnt in Deutschland weiterhin an Bedeutung. Durch die zunehmende Umstellung der Bodenbearbeitungsverfahren auf eine pfluglose, nicht wendende Bodenbearbeitung bei der häufig größere Mengen organischer Substanz an der Bodenoberfläche verbleiben, führen zu einer verstärkten Ausbreitung des Schaderregers. In Abhängigkeit von der Witterung im Winter und Frühjahr ist mit einer unterschiedlich starken Primärinfektion zu rechnen. Diese bildet wiederum die Voraussetzung für die epidemieartige Ausbreitung durch die Konidien.

Eine Bekämpfung des Schaderregers im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes kann vorbeugend durch Wahl der Fruchtfolge wie auch der Bodenbearbeitung erfolgen. Da diese Wahl aus ökonomischen Gründen wie auch Umweltförderprogrammen nur eingeschränkt möglich ist kommt der Sortenwahl und des gezielten Fungizideinsatzes die größte Bedeutung zu.

Anhand der neuen in Deutschland in den vergangenen Jahren zugelassenen Sorten wird deutlich, dass die Sortenwahl zur Minderung des Befallsrisikos mit *Drechslera tritici-repentis* einen entscheidenden Faktor darstellt. Die Aussaat der gering anfälligen Sorten wie z. B. Flair, Tower, Romanus, Dream oder Hybnos 1 oder auch Applaus, Olivin und Vergas kann gerade auf pfluglos bestellten Weizenflächen („Stoppelweizen“) dazu beitragen, die Ausbreitung des Schaderregers zu unterbinden und Ertragsverluste zu minimieren.

Im Vergleich verschiedener Strategien zur Applikation von Fungiziden zeigen die dargestellten Ergebnisse, dass die höchsten Bekämpfungserfolge durch stadienbezogene Applikationen erzielt wurden. In Abhängigkeit von der Witterung und der Pilzentwicklung wird durch Behandlungen ab BBCH 37 bis Ende Ährenschieben der Erreger am wirksamsten kontrolliert.

Die nach Empfehlung durch Prognosesysteme bzw. Überschreiten bestimmter Schwellenwerte vorgenommenen Behandlungen erreichten nicht ganz die Wirkungsgrade einer stadienabhängigen Spritzfolge. Die ertraglichen Unterschiede waren allerdings nicht absicherbar. Somit bleibt dennoch Bedarf nach neueren Entwicklungen sowie der Fortentwicklung vorhandener Verfahren und Methoden zur gezielten Bekämpfung des Schaderregers als auch zur Optimierung des Pflanzenschutzmittel-Einsatzes.

Summary

Tan spot disease of wheat, caused by *Pyrenophora tritici-repentis* (anamorph *Drechslera tritici-repentis*) becomes an important leaf disease in Germany. As a result of changing the conventional tillage system to a non tillage system without ploughing a lot of organic substrates remain at the soil surface of cultivated fields. This fact increases the disease incidence and therefore, the fungus is spread over the whole country. Depending on the climatic conditions during winter and early spring, primary infections are differently severe established. Because of that, the disease incidence is increasing caused by the resulting high spore production of *Drechslera tritici-repentis*. To control tan spot disease an integrated plant protection system can be developed including crop rotation, tillage system, proper resistance of cultivars and by applying suitable foliar fungicides.

During the last years several wheat cultivars with high resistance levels against *Drechslera tritici-repentis* were registered in Germany. Growing these cultivars the risk of this disease could already be reduced. In crop rotations by growing wheat after wheat and by using conservation or zero-tillage practices the low susceptible cultivars e.g. Flair, Tower, Romanus, Dream, Hybnos 1, Olivin, Applais and Vergas could minimise disease incidences and yield losses.

By comparing different strategies for controlling tan spot disease, the application of fungicides at the plant growing stage BBCH 37 to BBCH 59 resulted in the highest efficacy level. Using forecast systems or control thresholds for a decision to apply pesticides the efficacy levels of strategies orientated at this plant growing stage are high. The investigations and the results of the last years showed the necessity for more research on the development of plant protection systems for optimally controlling *Drechslera tritici-repentis* and for ensuring a specific application of pesticides.

Literatur

- ANDERSON, J.A., EFFERTZ, R.J., FARIS, J.D., FRANCL, L.J., MEINHARDT, S.W. and B.S. GILL, 1999: Genetic analysis of sensitivity to a *Pyrenophora tritici-repentis* necrosis-inducing toxin in durum and common wheat. *Phytopathology* **89**, 293 - 297.
- BARTELS, G. und B. RODEMANN, 1998a: Möglichkeiten der Bekämpfung von *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem., dem Erreger der Blattfleckenkrankheit an Weizen nach pflugloser Bestellung. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem* **357**, 87 S.
- BARTELS, G. und B. RODEMANN, 1998b: Einsatz neuerer Fungizide in Wintergerste und Winterweizen zur Bekämpfung von Halmbasis-, Blatt- und Ährenkrankheiten. - Ergebnisse des Jahres 1997. *Getreidemagazin* **1**, S. 26 - 30.
- BRÄUTIGAM, V. und B. LEBER, 1991: Ohne Pflug grössere Pflanzenschutz-Probleme? *Pflanzenschutz-Praxis* **3**, 34 - 36.
- DUSHNICKY, L.G., BALLANANCE, G.M., SUMNER, M.J. and A.W. MACGREGOR, 1996: Penetration and infection of susceptible and resistant wheat cultivars by a necrosis toxinproducing isolate of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Can. J. Plant Pathol.* **18**, 392 - 402.
- HOFFMANN, G. und J. VERREET, 1988: Konzeption und Methode für eine zukunftsorientierte, gezielte Bekämpfung von Blatt- und Ährenkrankheiten an Getreide. *Gesunde Pflanzen* **40** (11) 438 - 446.
- OBST, A. und V. PAUL, 1993: Krankheiten und Schädlinge des Getreides. Verlag TH. MANN, 184 S.
- MIELKE, H. und A. REICHELT, 1999: Studien zur Biologie des Erregers *Drechslera tritici-repentis*, zur Anfälligkeit des Weizens und verschiedener Artverwandten sowie zur Bekämpfung der DTR-Weizenblattdürre. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch.* **366**, 76 S.

- RODEMANN, B. und G. BARTELS, 2000: Bekämpfung von *Drechslera tritici-repentis* und deren Wirtschaftlichkeit. Getreidemagazin **1**, 36 - 38
- RODEMANN, B. und G. BARTELS, 2001: Bekämpfung von *Drechslera tritici-repentis* durch Sortenwahl und gezielten Fungizideinsatz. Getreidemagazin **2**, 84 - 87
- RODEMANN, B., BARTELS, G., PESTEMER, W. und H. BECKER, 2001: Nachhaltige Landwirtschaft – Pflanzenschutz und Gewässerschutz. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem **381**, 176 S.
- WOLF, P., 1998: DTR-Blattfleckenkrankheit des Weizens – Biologie und Epidemiologie von *Drechslera tritici-repentis*. Getreidemagazin **1**, 2 - 8.
- WOLF, P. und G. HOFFMANN, 1993: Zur Biologie von *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem. (telemorph *Pyrenophora tritici-repentis* [Died.] Drechsler) dem Erreger einer Blattfleckenkrankheit an Weizen. Z. Pflanzenkrankh. Pflschutz **100**(1), 33 - 48.
- WOLF, P. und G. HOFFMANN, 1994: Epidemiologische Entwicklung von *Drechslera tritici-repentis* in Weizenbeständen. Z. Pflanzenkrankh. Pflschutz. **101**(1), 22 - 37.

Ramularia-Blattflecken - eine neue Gerstenkrankheit

Ramularia leaf spots – a new barley disease

Edelgard Sachs

Seit einigen Jahren treten Blattflecken an Gerste auf, die weder von den bisher bekannten pilzlichen Pathogenen verursacht werden, noch den nichtparasitären Blattflecken zugeordnet werden können. Es handelt sich dabei um die *Ramularia*-Blattfleckenkrankheit, die durch den Hyphomyzeten *Ramularia collo-cygni* hervorgerufen wird. Bisher gibt es noch eine Reihe offener Fragen zu der Krankheit, doch einige wichtige Aspekte, wie im Folgenden dargestellt, konnten bereits geklärt werden.

Charakterisierung des Erregers

Ab dem Ährenschieben sind auf den Gerstenblättern zahlreiche kleine, braune Flecken zu finden. Diese sind oft nur 1 bis 2 mm groß, durch Blattnerven begrenzt und von einem chlorotischen Hof umgeben. Zwischen den einzelnen Flecken gibt es keine wesentlichen Größenunterschiede, wie das üblicherweise bei anderen Blattfleckenenerregern der Fall ist (Abb. 1). Bei starkem Befall führt die Vielzahl der Blattflecken zu einer Verbräunung des gesamten Blattapparates. Eine Sprenkelung durch die Einzelflecken bleibt jedoch erkennbar. Daher wird die *Ramularia*-Blattfleckenkrankheit in Österreich als Sprenkelkrankheit bezeichnet. Die Chlorosen um die Blattflecken sind bei fortschreitender Verbräunung nicht mehr erkennbar. Sie werden wahrscheinlich durch Phytotoxine verursacht, die der Pilz bildet. Mit zunehmender Befallsstärke treten die gleichen Flecken auf Blattscheiden, Halmen und Grannen auf. Blattunterseits sind im Bereich der Blattflecken bei 20-facher Vergrößerung weiße, reihenförmig angeordnete Konidienträgerbüschel zu erkennen. Sie wachsen aus den Stomata hervor und sind auf der Blattunterseite als weiße Tupfen zu erkennen (Abb. 2). Ein Konidienträgerbüschel besteht aus bis zu 15 Konidienträgern. Diese sind 30-56 µm lang, hyalin und septiert.

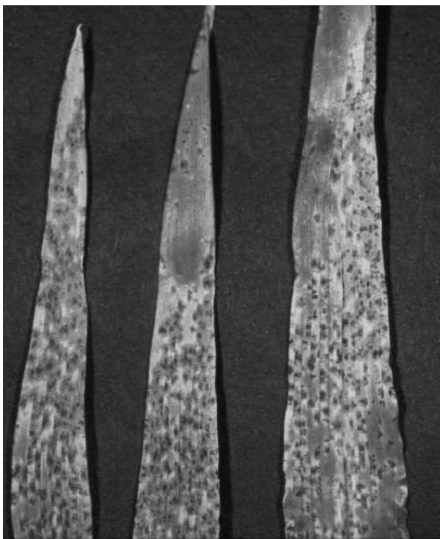


Abb. 1 Wintergerstenblätter mit *Ramularia*-Befall

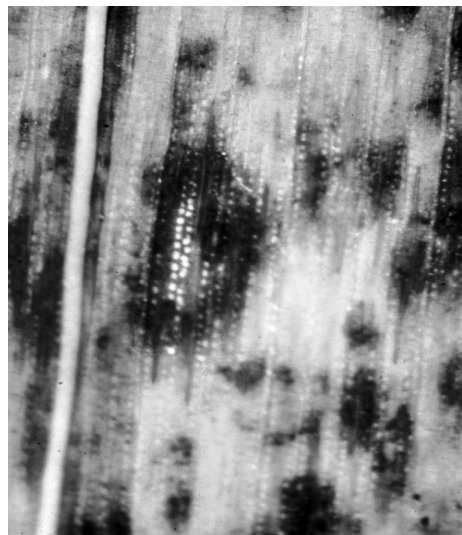


Abb. 2 *Ramularia*-Blattfleck mit den büschelförmig aus den Stomata herauswachsenden Konidienträgern, die als weiße Tupfen auf der Blattunterseite erkennbar sind

Die Konidienträger sind schwanenhalsförmig gekrümmt, worauf auch der Artnamen *collo-cygni* (Hals des Schwanes) hindeutet. Die Konidien werden an der Spitze des „Schwanenhalses“ gebildet. Sie sind 5-11 µm groß, hyalin, unseptiert, feinwarzig und oval bis ellipsoid.

Sie bilden sich erst auf dem absterbenden Gewebe, gefördert durch die vom Pilz gebildeten Toxine. Daher gehört der Pilz zu der Gruppe der Pertophyten unter den Parasiten. Das schließt jedoch nicht aus, dass auch offensichtlich gesundes Gewebe befallen werden kann. In der Regel geschieht das jedoch nur um den Befallshöhepunkt, wenn der Pilz sehr günstige Entwicklungsbedingungen vorfindet. Die Verbreitung des Erregers erfolgt durch Wind und Spritzwasser. Soweit bisher bekannt, sind Feuchteperioden bei mäßig hohen Temperaturen krankheitsfördernd. Gerste ist der Hauptwirt dieses Pilzes. Mit zunehmender Reife werden auch die anderen Getreidearten, einige Gräser und Mais von dem Erreger befallen. Die *Ramularia*-Symptome auf den Gerstenblättern sind mit den Symptomen einer Reihe anderer Blattflecken verursachender Pilzkrankheiten und mit den nicht parasitär bedingten Blattflecken der Gerste zu verwechseln (SACHS et al. 1998). Die „Schwanenhäse“ von *Ramularia collo-cygni* sind jedoch so typisch und einmalig, dass sich Unklarheiten durch das Mikroskopieren (Abb. 3) beseitigen lassen. Weiterhin bietet eine spezifische Farbstoffreaktion des Pilzes die Möglichkeit einer schnellen Diagnose (TSCHÖPE & SACHS, 2001).



Abb. 3 Konidienträger mit Konidien von *Ramularia collo-cygni* im mikroskopischen Präparat (Foto: TESSENOW, I.)

Infektionsverlauf

Die ersten Blattflecken treten bereits im Herbst auf, die jedoch in der Regel unerkant bleiben. Über Winter verrotten teilweise die befallenen Blätter, doch der Pilz bleibt lebensfähig und bildet bei günstigen Witterungsbedingungen, das sind wahrscheinlich Temperaturen um 18 °C und höhere Luftfeuchte, neue Konidien, die wiederum Blattflecken verursachen. Von den unteren Blättern beginnend infiziert der Pilz die wachsende Pflanze von Blattetage zu Blattetage, bis er die oberen Blätter erreicht. In der dritten Maidekade ist im Allgemeinen mit massenhaften Infektionen zu rechnen, da dann die optimalen Befallsbedingungen erreicht werden. An den sich zahlreich entwickelnden Blattflecken ist das deutlich zu erkennen. Im Unterschied zu anderen Pilzkrankheiten und auch zu nichtparasitären Blattflecken bleiben die Blattflecken gleich klein, unabhängig davon, wann sie entstehen. Von der Wintergerste ausgehend wird die Sommergerste befallen und wenig später auch die anderen Getreidearten, einige Gräser und Ausfallgerste. Letztere stellt einen wichtigen Wirt für den Erreger dar, bevor die Saatgerste an warmen und feuchten Herbsttagen befallen und der Infektionszyklus geschlossen wird.

Verbreitung der Krankheit

Das Auftreten der *Ramularia*-Blattfleckenkrankheit ist inzwischen aus zahlreichen europäischen Ländern bekannt, ebenso aus Neuseeland sowie Mittel- und Südamerika (SACHS, 2001, dort auch weiterführende Literatur). Für Deutschland wurde im Jahr 2000 von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und

Forstwirtschaft ein Monitoring zum Auftreten der *Ramularia*-Blattfleckenkrankheit mit Hilfe des amtlichen Pflanzenschutzdienstes und der Prüfstellen des Bundessortenamtes durchgeführt.

Als Ergebnis liegt eine Befallskarte vor, aus der hervorgeht, dass besonders der Süden und die mittleren Regionen Deutschlands stärker von der Krankheit betroffen sind. Nur der nordöstliche Teil der Bundesrepublik war *Ramularia*-frei. Diese Region litt im Jahr 2000 unter einer ausgeprägten Frühjahrs- und Frühsommer-Trockenheit. Daher ist anzunehmen, dass die Befallsfreiheit mit dem mangelnden Niederschlag im Zusammenhang steht. Aus den Jahren 1999 (SACHS, 1999) und 2001 (SACHS, unveröffentlicht) liegen auch aus dem Nordosten Deutschlands Befallsfunde vor.

Ertragsbeeinflussung und Bekämpfung

Der *Ramularia*-Befall verursacht durch die Bildung der zahlreichen Blattflecke und durch die Wirkung seiner Toxine eine Verringerung der Assimilationsfläche und ein vorzeitiges Absterben der Blätter. Das kann zu erheblichen Ertragsausfällen führen. In Oberösterreich wurden von HUSS (2000) seit mehreren Jahren Bekämpfungsversuche durchgeführt. In den Jahren, in denen die *Ramularia*-Blattflecken eindeutig dominierten, ergaben die Ertragsermittlungen nach Einsatz von Folicur an mehreren Sorten einen Ertragszuwachs gegenüber unbehandelten Varianten von 16 bis 18%. Nach dem Fungizideinsatz blieben die Blätter wesentlich länger grün. Neben den Ertragsseinbußen führte die Krankheit außerdem zu einer deutlich schlechteren Kornqualität (HUSS, 2000).

Fungizidversuche aus Schottland und Irland zeigten, dass mehrere Fungizide den *Ramularia*-Befall reduzierten, doch die Azol- Strobilurin-Kombinationspräparate wie z.B. Jewel die beste Wirksamkeit aufwiesen (Oxley, mdl. Mitt.). In Deutschland sind die Ertragsversuche noch nicht abgeschlossen. Bisher sind noch keine Fungizide zur *Ramularia*-Bekämpfung zugelassen worden. Daher sind bei einem starken *Ramularia*-Befall nur die Nebenwirkungen von Fungiziden zu nutzen, die zur Bekämpfung anderer Pilzkrankheiten eingesetzt werden. Die günstigere Alternative zum Einsatz von Fungiziden stellt die Resistenzzüchtung dar. Unterschiede in der Sortenanfälligkeit wurden bereits festgestellt. Damit ist eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Resistenzzüchtung erfüllt.

Zusammenfassung

Die durch *Ramularia collo-cygni* verursachte neue Krankheit wird charakterisiert, indem ihre Symptome sowie die Pilzstrukturen ihres Erregers, dessen Lebensweise und Befallsbedingungen beschrieben werden. Weiterhin wird auf Infektionsverlauf und Verbreitung der Krankheit und deren Ertragsbeeinflussung eingegangen.

Summary

The new disease is characterised by a description of its symptoms, the fungal structure and life conditions of the causal agent, and the conditions of infestation. The paper also describes the course of infection and spread of the disease and how it affects barley yields.

Literatur

- HUSS, H., 2000: Ist die Sprengelkrankheit der Gerste bekämpfungswürdig? Der Pflanzenarzt **5**, 4 - 5.
- SACHS, E., AMELUNG, D. und K. KLAPPACH, 1998: Die Symptome der Netzfleckenkrankheit der Gerste, hervorgerufen durch *Drechslera teres* (Sacc.) Shoem., und deren Verwechslungsmöglichkeiten. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **50**, 58 - 63.
- SACHS, E., 1999: Untersuchungen zur Verbreitung und zur Epidemiologie der *Ramularia*-Blattfleckenkrankheit der Gerste, verursacht durch *Ramularia collo-cygni*. Jahresbericht der BBA, 95 S.
- TSCHÖPE, O. und E. SACHS, 2001: Die Farbstoffbildung von *Ramularia collo-cygni* SUTTON & WALLER als Grundlage für eine Schnelldiagnose. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **53**, 161-164.

Zur *Septoria*-Weizenblattdürre

Septoria leaf blotch of wheat

Horst Mielke

In Europa vor allem in England, den Niederlanden und in Dänemark ist die *Septoria*-Blattdürre im Weizenbau eine gefährliche Krankheit. In Deutschland kommt diese Blattkrankheit alljährlich in den Marschen an der Nordsee vor; in kühlen Jahren tritt sie auch im Binnenland auf (VON MEIEN-VOGELER, 1994). Der Schaderreger *Septoria tritici* Rob. ex Desm. befällt den Weizen meistens in den unteren Blattetagen; unter feuchten Bedingungen kann der Pilz bis zum Fahnenblatt des Weizens vordringen und wirtschaftliche Schäden hervorrufen. Das Ausmaß der Blattdürre hängt im Wesentlichen von der Witterung und von der Anfälligkeit der jeweilig angebauten Weizensorte ab. In niederschlagsreichen, kühlen Jahren ist stets mit einem hohen Befall im Weizenanbau zu rechnen. Unter günstigen Klimabedingungen kann der Schaden dieser Blattdürre bis zu 30% einer möglichen Weizenernte betragen (MIELKE, 1981; OBST & PAUL, 1993). In Anbetracht der Bedeutung dieser Blattkrankheit des Weizens soll hier auf die Biologie und Schadwirkung des Erregers *S. tritici* kurz eingegangen und über die Anfälligkeit aktueller Weizen- und Triticalesorten sowie über die Bekämpfungsmöglichkeiten der Blattdürre berichtet werden.

Biologie der *Septoria*- Weizenblattdürre - Erreger

Der Erreger der *Septoria*-Blattdürre beim Weizen (speckled leaf blotch of wheat) ist die imperfekte Form des Pilzes *Septoria tritici* (Anamorphe). Die Hauptfruchtform (Teleomorphe) ist *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter, die in Deutschland 1990 von VERREET et al. (1990) nachgewiesen worden ist. Der Pilz gehört der Klasse der Ascomyceten an. Anfang der 80er Jahre hat PRILLWITZ (1983) auf physiologische Variabilitäten und etwaige Rassenbildung bei *S. tritici* hingewiesen. SCHNIEDER et al. (1996) konnten Mitte der 90er Jahre unter Nutzung von PCR-Markertechniken (Random Amplified Polymorphic DNA [RAPD]; Amplified Fragment Length Polymorphismen [AFLP]) *S. tritici*-Isolate genetisch in Populationen und Subpopulationen differenzieren.

Entwicklungszyklus und Schadwirkung

Auf befallenen Weizenpflanzen, Blattscheiden und -spreiten sowie auf Stoppelresten bilden sich im Herbst und im Frühjahr dunkelbraune, kugelige Pseudothecien (90-100 µm) des Sexualstadiums, *Mycosphaerella graminicola* (PRILLWITZ, 1983; HOFFMANN & SCHMUTTERER, 1999). In Deutschland ist *M. graminicola* als Teleomorphe wie bereits erwähnt von VERREET et al. (1990) auch nachgewiesen und bestätigt worden. Die Autoren schlussfolgerten, dass eine frühzeitige und weiträumige Primärinfektion sonst gesunder Weizenbestände durch die Teleomorphe *M. graminicola* möglich war bzw. ist.

In den Pseudothecien entwickeln sich nach WIESE (1987) birnenförmige Asci (11-14 x 30-40 µm) mit hyalinen, elliptischen, zweizelligen Ascosporen (25-4 x 9-16 µm). In den Monaten September bis Januar werden bei Temperaturwechsel die Ascosporen ausgeschleudert und infizieren junge Weizenpflanzen (Primärinfektion). Bei Temperaturen unter 5 °C finden keine Infektionen durch Ascosporen mehr statt (HOFFMANN & SCHMUTTERER, 1999; KLUGE et al. 1999). Welche Bedeutung die Ascosporen für die Verbreitung von *M. graminicola* bzw. *S. tritici* im Weizenanbau in Deutschland eigentlich zukommt, ist noch nicht geklärt (KLUGE et al. 1999). In Deutschland ist hauptsächlich die imperfekte (asexuelle) Form *S. tritici* als Erreger der Blattdürre im Weizen anzutreffen. *S. tritici* ist ein typischer Vertreter des maritimen Klimas. In Jahren mit feuchtmilder Winterwitterung tritt dieser Schadpilz in nahezu allen Hauptanbaugebieten des Weizens in Erscheinung (VON MEIEN-VOGELER, 1994).

Der Erreger *S. tritici* überdauert an oberirdischen Weizenrückständen und an Ausfallgetreide. Bei feuchter Witterung werden Winterweizenpflanzen oft schon im Herbst durch *S. tritici* befallen (Sekundärinfektion). Die Infektion erfolgt zumeist durch Pykno-sporen, die in den auf Blättern und Stoppelresten befindlichen Pyknidien (Fruchtkörper) gebildet werden. Die Pyknidien haben ein kugeliges bis elliptisches Aussehen; sie sind zunächst honiggelb, später schwarz gefärbt.

Auf den Blattspreiten und Enden erscheinen die Pyknidien reihenförmig, parallel zu den Blattadern. In den Pyknidien werden zwei verschiedene Pyknosporen gebildet: Makro- und Mikrokonidien (1-1,3 x 5-9 µm). Beide Formen können gemeinsam in einer Pyknidie entstehen. In Perioden mit niedrigeren Temperaturen werden mehr Mikrokonidien gebildet. Am auffälligsten sind die langfädigen Makrokonidien (1,7-3,4 x 39-86 µm) (PRILLWITZ, 1983; WIESE, 1987). Die in den Pyknidien entwickelten *S. tritici*-Sporen sind von einem grausilbrig aussehenden Schleim umgeben; durch Niederschläge und Tau werden der Schleim gelöst und die Sporen verbreitet. Entscheidend für die epidemiologische Ausbreitung und für die Infektion sind ausreichende Luftfeuchtebedingungen von mindestens 48 Std. Blattnässe erforderlich (PRILLWITZ, 1983; OBST & PAUL, 1993; IWERSEN et al. 2001).

Der Erreger *S. tritici* ist auch in der Lage, Weizen nach Weizen bei Temperaturen um 4 °C zu infizieren. Bei Temperaturen ab 8 bis 10 °C wird die Epidemie wesentlich beschleunigt; bei ca. 20 bis 25 °C erreicht sie ihr Optimum. Die Infektion mit *S. tritici* ist stets an hohe Luftfeuchtigkeit gebunden (HESS & SKANER, 1987; KLUGE et al. 1999; IWERSEN et al. 2001). Der Pilz dringt überwiegend über die Stomata (Spaltöffnungen), seltener direkt durch die Kutikula in das Blatt ein und wächst dort interzellulär (SCHNIEDER et al. 1982; OBST & PAUL, 1993; VON MEIEN-VOGELER, 1994; HOFFMANN & SCHMUTTERER, 1999). Die Inkubationszeit des Erregers beträgt beim Weizen nach eigenen Untersuchungen in Norddeutschland ca. 27 Tage, Symptome durch den Befall mit *S. tritici* treten schon häufig im Herbst oder in den milden Wintermonaten auf jungen Weizenpflanzen in Erscheinung. Zu Beginn sind es hellgrüne bis wässrig grüne Flecke. In milden Winterhalbjahren kann der Pilz *S. tritici* auf die Sprossbasis übergehen und ganze Weizenpflanzen abtöten (PRILLWITZ, 1983).

Der Befall mit *S. tritici* äußert sich, wie bereits erwähnt, in nekrotischen, länglichen Flecken, die von den Blattadern seitlich begrenzt sind. Einzelnekrosen fließen später zusammen; es kommt dann letztendlich zur Blattdürre. Bedeutsam ist die Befallsausbreitung auf der Weizenpflanze nach dem Schossen. Der Befall wandert von Blattetage zu Blattetage nach oben (AHLF & MIELKE, 1989). Die Ähren des Weizens werden in Norddeutschland im Gegensatz zur Spelzenbräune (Erreger: *Stagonospora nodorum* syn. *Septoria nodorum*) von *S. tritici* nicht befallen. Durch frühen Befall werden Wurzellänge und Blattmasse des Weizens um 60 bzw. 30% reduziert (PRILLWITZ, 1983). Bei sehr hohem Befallsdruck ruft *S. tritici* sogar eine Notreife beim Weizen hervor. Durch die vorzeitige Minderung der Assimilationsfläche verursacht der Pilz Ertragsausfälle von bis zu 30%, die im Wesentlichen auf Herabsetzung der Tausendkornmasse (TKM) und Kornzahl je Ähre (KZ/A) beruhen (MIELKE, 1977, 1978, 1982; OBST & PAUL, 1993).

Interaktionen zwischen *Septoria*-Blattdürre und Aphiden

Erst kürzlich wiesen SENELNIKOV et al. (2000) auf Wechselbeziehungen zwischen dem Schaderreger *S. tritici* und Blattläusen (*Sitobion avenae*) beim Weizen hin. Die Autoren fanden in Laborversuchen heraus, dass auf mit *S. tritici* befallenen Weizenblättern ein schnellerer Populationsaufbau der Blattläuse vorkam als auf nicht befallenen. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass der Befall mit *S. tritici* auf wenig anfälligen Weizensorten das Wachstum und die Absterberaten der Aphiden verlängerte. In weiteren Versuchen wurde bei Anwesenheit von Blattläusen – ähnlich wie bei dem Schaderreger *Stagonospora nodorum* (Syn. *Septoria nodorum*) – auch eine positive Tendenz auf die Entwicklung der *Septoria tritici*-Blattdürre beobachtet. Welche Bedeutung die Interaktion zwischen *Septoria*-Blattdürre und Blattläusen im Freiland für den Weizenanbau hat, muss noch untersucht werden.

Auswirkungen von Ozon

Welchen Einfluss der photochemische Luftschadstoff Ozon auf den Befall mit *S. tritici* und auf die Ertragsbildung beim Weizen ausüben kann, wurde am Landesumweltamt in Nordrhein-Westfalen in Essen und an der Universität Bonn nach Exposition unter realitätsnahen Ozon-Immisionserscheinungen untersucht (LAMPRECHT et al. 2000). Bei diesen Untersuchungen wurde deutlich, dass sich bei Ozonbelastungen die *S. tritici*-Blattdürre beim Weizen grundsätzlich verstärkte. Die Wirkung des Ozonverlaufs mit Spitzenkonzentration ist auf Befall und Ertragsschaden gravierender gewesen, als es bei der Ozon-Dauerbelastung der Fall war. Weizensorten, die anfälliger auf *S. tritici* reagierten, wiesen auch eine höhere Sensibilität gegenüber Ozon auf.

Insgesamt gesehen ist damit zu rechnen, dass die Höhe des Befalls mit *S. tritici* und das Ausmaß der Ertragsschädigungen auch vom Verlauf der Ozonimmissionen abhängen kann (LAMPRECHT et al. 2000).

Wirtspflanzenkreis

Der Erreger *S. tritici* befällt neben den verschiedenen Weizenarten auch (selten) Gerste, Roggen, Triticale und Hafer. Als Nebenwirte gelten verschiedene Gräser: *Agropyron repens*, *Alopecurus pratensis*, *Bromus*-, *Agrostis*-, *Poa*- und *Festuca*-Arten.

Anfälligkeit aktueller Winterweizen- und Triticalesorten

Mit dem verstärkten Auftreten der *Septoria*-Blattdürre im Weizenanbau stellt sich zwangsläufig die Frage, wie anfällig die aktuellen Weizen- und Triticale-Sorten gegenüber dem Erreger *S. tritici* sind. Alljährlich werden in der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig sowohl Winterweizen- als auch Triticale-Sorten auf ihr Resistenzverhalten gegenüber der *Septoria*-Blattdürre untersucht. Die letzten Prüfungen der Weizen- und Triticale-Genotypen wurden im Jahr 2000 auf dem Standort Schladen (Kreis Wolfenbüttel) im nördlichen Vorharz mit Hilfe künstlicher Inokulation durchgeführt, wobei Konidien ausgesprüht worden sind. Als Inokulum dienten im Labor hergestellte Pyknosporensuspensionen (MIELKE, 1995).

Die Inokulation mit dem Erreger der *Septoria*-Blattdürre war recht gut gelungen. Bei den vorliegenden Resistenzprüfungen konnten allerdings keine vollresistenten Weizengenotypen festgestellt werden (Tab. 1). Trotz des hohen Befallsdrucks war aber eine ganze Reihe unter den geprüften Winterweizensorten vorhanden, die eine geringe Anfälligkeit gegenüber *S. tritici* zeigten. Zu ihnen gehörten die Weizensorten Flair, Romanus, Transit, Batis, Toni, Belisar, Petrus, Biscay und Pegassos. Demgegenüber wies die Mehrzahl der geprüften Weizensorten einen hohen bis sehr hohen Befall mit auf.

Tab. 1 Zur Anfälligkeit inländischer Winterweizensorten gegenüber der *Septoria*-Blattdürre bei künstlicher Inokulation auf dem Standort Schladen im Vorharz 1999/2000 (Auszug aus den Ergebnissen)

Inokulation mit <i>Septoria tritici</i>: 19. und 22. Mai 2000 (Konidiensuspension)							
Befall mit <i>Septoria tritici</i> in % befallener Fahnenblattfläche							
Sorten	28.06.	5.07.	12.07.	Sorten	28.06.	5.07.	12.07.
	41dpi	48 dpi	55 dpi		41 dpi	48 dpi	55 dpi
1 Flair	3	7	25	44 Previa	11	45	70
2 Romanus	1	5	29	45 Dekan	6	21	70
3 Transit	4	10	31	46 Ibis	11	38	70
4 Batis	3	11	31	47 Ebi	8	28	71
5 Toni	3	7	35	48 Moldau	6	30	71
6 Piko	4	18	35	49 Habicht	10	31	73
7 Belisar	3	9	36	50 Estica	14	50	73
8 Petrus	3	17	39	51 Rektor	12	30	74
9 Biscay	4	21	42	52 Ares	4	16	74
10 Pegassos	3	13	42	53 Carolus	14	50	74
11 Applaus	5	23	43	59 Toronto	12	51	74
12 Ludwig	4	12	48	55 Magnus	11	40	74
13 Aristos	3	13	49	56 Olivin	15	55	74
14 Certo	8	24	51	57 Altos	7	44	75
15 Motiv	4	16	52	58 Tower	15	43	75

Inokulation mit <i>Septoria tritici</i>: 19. und 22. Mai 2000 (Konidien suspension)							
Befall mit <i>Septoria tritici</i> in % befallener Fahnenblattfläche							
Sorten	28.06.	5.07.	12.07.	Sorten	28.06.	5.07.	12.07.
	41dpi	48 dpi	55 dpi		41 dpi	48 dpi	55 dpi
16 History	8	26	53	59 Jonas	15	59	76
17 Asketis	2	20	53	60 Caesar	8	40	76
18 Winni	4	16	54	61 Hanseat	6	40	77
19 Glockner	5	22	55	62 Monopol	8	36	77
20 Bold	8	27	55	63 Reaper	11	40	78
21 Corvus	5	18	55	64 Borneo	14	44	79
22 Longos	6	25	55	65 Renan	24	58	80
23 Cortez	11	24	56	66 Florida	7	37	81
24 Xanthos	5	21	57	67 Clever	10	33	81
25 Semper	6	19	59	68 Drifter	9	37	81
26 Atlantis	7	23	59	69 Alidos	15	52	82
27 Urban	4	14	60	70 Kanzler	20	59	82
28 Darwin	6	26	60	71 Ramiro	6	45	82
29 Dream	7	26	61	77 Greif	10	37	84
30 Cardos	9	25	61	73 Maverick	28	60	85
31 Astron	9	30	63	74 Hybnos 1	18	72	86
32 Tambor	9	18	63	75 Novalis	27	61	89
33 Tarso	5	19	65	76 Bussard	29	66	90
34 Trakos	7	15	65	77 Aspirant	25	70	90
35 Vargas	5	23	65	78 Zentos	30	74	91
36 Kris	11	28	65	79 Kornett	13	65	92
37 Herzog	6	24	66	80 Mikon	25	65	92
38 Korund	12	31	67	81 Kontrast	32	76	93
39 Skater	6	30	67	82 Contra	24	77	97
40 Classic	10	33	68	83 Gorbi	24	73	97
41 Aron	10	32	68	84 Ritmo	29	74	100
42 Mewa	6	23	69				
43 Convent	10	32	69	X	10,4	33,48	64,7

Der recht umfangreiche Triticale-Anbau war auch Anlass, aktuelle Triticale-Sorten erneut auf ihr Resistenzverhalten gegenüber *S. tritici* zu prüfen (Tab. 2). In den vorliegenden Sortenuntersuchungen wurden die Ergebnisse früherer Prüfungen von MIELKE (1995) bestätigt. Die Resistenz gegen *S. tritici* scheint bei den meisten untersuchten Triticalegenotypen noch nicht durchbrochen zu sein.

Auch wenn der Erreger der *Septoria*-Blattdürre vorkam, ist *S. tritici* nur spurenweise durch Sporenaufschwemmungen nachgewiesen worden. Bei allen untersuchten Triticale-Sorten konnte ein natürlicher Befall mit *Stagonospor nodorum* (Syn. *Septoria nodorum*) und *Septoria avenae* f. sp. *triticea* festgestellt werden. Die Sorten Angus, Boreas, Ticino, und Trinidad wurden sowohl von *S. tritici* als auch von *St. nodorum* und *S. avenae* f. sp. *triticea* in geringem Maße befallen.

Tab. 2 Anfälligkeit inländischer Winter-Triticale-Sorten gegenüber der *Septoria*-Blattdürre bei künstlicher Inokulation auf dem Standort Schladen 1999/2000 (Auszug aus den Ergebnissen)

		Inokulation mit <i>Septoria tritici</i> 19. und 22. Mai 2000, Konidiensuspension. Befall mit <i>S. tritici</i> in % befallener Fahnenblattfläche	
		28.6.	5.7.
		41 dpi	48 dpi
1 Alamo	2)	1	3
2 Angus	1) 2)	1	2
3 Binova	2)	0	2
4 Boreas	1) 2)	15	27
5 Disco	2)	0	3
6 Donatus	2)	1	2
7 Fidelio	2	0	1
8 Focus	2)	2	4
9 Kitaro	2)	1	3
10 Lamberto	2)	0	1
11 Lupus	2)	0	0
12 Modus	2)	0	1
13 Mundo	2)	2	8
14 Piano	2)	0	1
15 Prego	2)	0	3
16 Santop	2)	0	0
17 Ticino	1) 2)	0	0
18 Trimaran	2)	0	2
19 Trinidad	1) 2)	0	0
X		1,2	3,3

1. Spurenweise wurde *Septoria tritici* nachgewiesen.
2. In den betr. Versuchsgliedern ist natürlicher Befall mit *Stagonospora nodorum* und *Septoria avenae* f. sp. *tritici* festgestellt worden.

Ackerbauliche Maßnahmen - Bekämpfung

In Befallslagen ist darauf zu achten, dass weite, geordnete Fruchtfolgen eingehalten werden und dass darüber hinaus das Inokulum im Boden vermindert wird. Dies geschieht am besten, wenn das Auftreten befallener Pflanzen- und Stoppelreste sowie das Auflaufen von Ausfallgetreide durch sorgfältige Bodenbearbeitung verhindert wird (OBST & PAUL, 1993).

Um den Befall mit *S. tritici* beim Weizen in gefährdeten Gebieten weiterhin zu mindern, sollten möglichst keine hochanfälligen Weizensorten angebaut werden. Zurzeit gibt es zwar keine resistenten Weizengenotypen; es ist jedoch eine Reihe wenig anfälliger Sorten vorhanden, die sich durchaus für den Anbau in Befallslagen eignen.

Beim *Triticale*-Anbau sieht es im Hinblick auf die Vermeidung des *S. tritici*-Befalls noch günstiger aus als beim Weizen, da sich die meisten Triticale-Sorten als resistent erwiesen haben.

Diagnose – Prognose – chemische und biologische Bekämpfung

Die Bekämpfung der *Septoria*-Weizenblattdürre erfolgt heutzutage nur noch infektions- und witterungsbezogen, um Fungizide optimal gegen diese Krankheit einsetzen zu können (HECHT & KRIEG, 1998). Es gibt eine Reihe von Strategien, mit denen versucht wird, die *Septoria*-Blattdürre zu diagnostizieren und zu bekämpfen. In der vorliegenden Arbeit wird auf die in Deutschland bekanntesten Bekämpfungssysteme kurz eingegangen.

***Septoria*-Watch**

Für die Diagnose der Krankheitserreger *S. nodorum* und *Septoria tritici* wurde Mitte der 90er Jahre von der damaligen Fa. Ciba-Geigy ein immunologisches Verfahren (ELISA) entwickelt, mit dessen Hilfe erregerspezifische Proteine selektiv erkannt und quantitativ bestimmt werden konnten. Ziel dieses ELISAs war es, die Gefährdung der Weizenbestände durch *Septoriosen* rechtzeitig zu erkennen und darauf aufbauend die Bekämpfung der durch *Septoria* sp. hervorgerufenen Weizenkrankheiten gezielt vornehmen zu können (SCHEID, 1996).

Aus diesem Diagnosesystem ist später das „*Septoria*-Watch“ hervorgegangen, dass für Entscheidungen von Fungizidmaßnahmen gegen *S. tritici* im Rahmen des Integrieren Pflanzenbaus eingesetzt wird. Es ist ein Service der Fa. Novartis Agro GmbH, der in der Infektionszeit von April bis Juni der Landwirtschaft angeboten wird. Bei diesem Verfahren kann der Erreger *S. tritici* während der Latenzzeit nachgewiesen und die Befallsstärke ermittelt werden. Wöchentlich werden hier Untersuchungen an Weizenproben von 120 Standorten vorgenommen; 24 Stunden danach sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen abrufbar (LÖBNER, 2000).

Pro_Plant

In Nordrhein-Westfalen und in anderen Bundesländern wird seit 1991 das EDV gestützte Beratungssystem Pro_Plant erfolgreich eingesetzt, um wichtige Krankheiten im Weizenanbau optimal bekämpfen zu können. Dieses Pflanzenschutzsystem wurde auf der Grundlage von Beobachtungen und Versuchserfahrungen von der Landwirtschaftskammer in Westfalen-Lippe entwickelt (FRAHM, 1996). Neben dem aktuellen Befall werden in diesem System latente Infektionen, Sortenanfälligkeit, der N-Status der Pflanze, das EC-Stadium des Weizens sowie Optionen des Landwirts bei der Fungizid-Empfehlung berücksichtigt. Darüber hinaus fließen hier Ergebnisse von Mittelprüfungsversuchen, von Terminspritzungen, von reduzierten Mittelaufwandmengen und Ermittlungen von Infektionsterminen der Krankheitserreger ein. Bei diesem Pflanzenschutzsystem werden zweimal wöchentliche Warnhinweise erstellt, bei denen berechnete Infektionswahrscheinlichkeiten, Bonituren von Landessortenversuchen und regionale Befallsergebnisse aufgeführt sind.

Durch die konkrete Bewertung des Befallsgeschehens lassen sich bei Pro_Plant Mittel und Aufwandmengen präzise steuern, Witterungsprognosen werden soweit wie möglich berücksichtigt. Die verarbeiteten Wetterdaten erlauben eine verbesserte Analyse von Versuchsergebnissen sowie Interpretationen von Schäden (FRAHM, 1996). Ende der 90er Jahre hatte die Technische Universität München in Freising das Pro_Plant-System an drei Krankheiten in Winterweizen überprüfen lassen. Die Kalkulationen dieses Systems habe sich für alle drei untersuchten Krankheiten u. a. auch für die *Septoria*-Blattdürre als sehr verlässlich erwiesen (MÜLLER, 1999).

Weizen-Modell Bayern

In Bayern werden seit dem Jahr 1991 der amtlichen Beratung und der Praxis mit dem Monitoring für Getreidekrankheiten aktuelle Daten über den Epidemieverlauf der wichtigsten pilzlichen Schaderreger in Getreide zur Verfügung gestellt. Dazu werden während der Vegetationszeit wöchentlich Pflanzenproben aus Praxisschlägen (Spritzfenster ohne Fungizidbehandlung) gezogen und bonitiert. Die Befalls-Einstufung wird nach den Bekämpfungsschwellen des Weizen-Modells-Bayern vorgenommen. Hauptziel des Monitoring-Projekts ist die rechtzeitige, regional ausgerichtete Warnung oder auch Entwarnung vor dem Auftreten von Krankheitserregern. Damit soll der Kontrollaufwand der Landwirte verringert und Hilfestellung zu einem möglichst gezielten Fungizideinsatz geleistet werden.

Das umfangreiche Datenmaterial erlaubte eine mehrjährige Auswertung nach Regionen in Bayern. Zunächst wurde untersucht, wie häufig die verschiedenen Getreidepilze in den zurückliegenden Jahren ein bekämpfungswürdiges Ausmaß erreichten. Die meisten Überschreitungen der Bekämpfungsschwellen verursachten u. a. *S. tritici* und *Drechslera tritici-repentis*. In den vergangenen fünf Jahren erlangten diese Schadpilze jeweils an etwa 50% der Standorte bekämpfungsrelevante Befallswerte. *S. tritici* war in Schwaben und im nordöstlichen Bayern stark aufgetreten (TISCHNER & BAUER, 2000).

IPS-Modell

In Schleswig-Holstein kommt das IPS-Modell von VERREET und HOFFMANN zur Bekämpfung der *Septoria*-Blattdürre zum Einsatz. Dieses Bekämpfungsverfahren besteht aus einem Entscheidungs- und einem Fungizidkonzept. Für die Behandlungsentscheidung werden Schwellenwerte herangezogen; es handelt sich hierbei um Befallshäufigkeiten (= Prozentsatz befallener Blätter oder Pflanzen). Die *Septoria*-Blattdürre-Bekämpfung erfolgt gezielt nach dem Infektionsgeschehen, das aus der Messung von Niederschlag und Blattnässe im Weizenbestand ermittelt wird. Hierbei findet nach dem Niederschlag mindestens eine zweitägige ermittelte Blattnässe Berücksichtigung.

In das Fungizidkonzept fließen Ergebnisse von Fungizidtests ein, wobei wirksame Fungizide gegen *S. tritici* ermittelt werden und ihre Anwendung finden. Die eingesetzten Fungizide sollten sowohl eine gute kurative als auch eine gute prokreative Wirkung aufweisen. Bei diesem Fungizidkonzept wird auch die optimale Aufwandmenge der jeweiligen Fungizide berücksichtigt (IWERSEN et al. 2001). Der optimale Einsatz der Fungizide gegen *S. tritici* kann bei dem IPS-Konzept zu einem wesentlich geringeren Fremdstoffeintrag in Boden bzw. Umwelt führen. Wenn sich durch dieses IPS-Modell auch der wirtschaftliche und ökologische Nutzen einstellt, dann wird dieses Projekt in der Praxis durchaus seine Akzeptanz und Anwendung finden (WITTRÖCK & VERREET, 2000).

Wirkstoffe bzw. Fungizide

In dem Pflanzenschutzmittelverzeichnis Teil 1 der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (2001) sind alle in Deutschland zugelassenen Fungizide aufgeführt, die gegen die *Septoria*-Weizenblattdürre eingesetzt werden können. Mehrjährige Untersuchungen verschiedener Fungizide zur Bekämpfung des Schaderregers *S. tritici* an der Universität Kiel ergaben, dass die *Septoria*-Blattdürre sowohl mit Triazolen als auch mit Strobilurinen wirksam bekämpft werden kann (WEHRMANN et al. 2000). SCHEID (1998) fand in seinen Fungizidtests heraus, dass Wirkstoffe aus der Gruppe der Azole die beste Wirksamkeit bei der Bekämpfung der *Septoria*-Blattdürre zeigten; sie übertrafen in ihrer Wirkung die Strobilurine Azoxystrobin und Kresoxim-methyl. KRUSE (1998) wies auf einen neuen Wirkstoff aus der Gruppe der Oxazolidindione (Famoxadon) hin, der eine hervorragende Wirksamkeit insbesondere gegen die Pathogene *S. tritici* und *St. nodorum* hat.

Biologische Bekämpfung

An der Universität Bonn wurde untersucht, inwieweit die Schaderreger *Stagonospora nodorum* und *Septoria tritici* an Weizen durch biologische Verfahren bekämpft werden können. (LENNARTZ, 1998; LENNARTZ & OERKE, 1998). Bei diesen Untersuchungen galt es, die epidemische Entwicklung der o.a. Schadpilze zu stören, wobei ihr Wachstum und ihre Ausbreitung durch Antagonisten verhindert werden sollten. Dazu wurden die Pilze *Ulocladium atrum* und *Chaetonium cochliodes* als Antagonisten ausgewählt, die sich im Screening in Labor und Gewächshaus als am wirksamsten gegenüber *St. nodorum* und *S. tritici* erwiesen hatten. Beide Antagonisten haben die Fähigkeit, nekrotisches Gewebe von Weizen schnell zu besiedeln. Darüber hinaus wurde für *C. cochliodes* antibiotische Wirkung beobachtet. Nach Ausbringung der Sporensuspensionen von *U. atrum* und *C. cochliodes* bei den Schaderregern *St. nodorum* und *S. tritici* konnte die Entwicklung gehemmt werden; sie verringerten sowohl die nekrotische Blattfläche als auch die Reproduktion der Pathogene. Die Pyknidien und Pyknosporenbildung von *St. nodorum* und *S. tritici* wurden deutlich vermindert. Behandlungen mit *U. atrum* bzw. *C. cochliodes* führten beim Weizen zu Ertragssteigerungen von 2 bzw. 8%. Die Nutzung der biologischen Agenzien setzt voraus, dass sie in die vorhandene Pflanzenproduktion integriert und zusammen angewendet werden können (LENNARTZ & OERKE, 1998).

Zusammenfassung

Die perfekte Form des Erregers der *Septoria*-Blattdürre beim Weizen ist der Ascomycet *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter. In Deutschland kommt meistens die Nebenfruchtform (imperfekte Form) *Septoria tritici* Rob. ex Desm. als Erreger dieser Blattkrankheit in Frage. Das verstärkte Auftreten der *Septoria*-Blattdürre im Weizenbau in Deutschland war Anlass, auf die Bedeutung, Biologie und Bekämpfung des Schadpilzes *S. tritici* einzugehen und zu erörtern. Das Ausmaß des Befalls mit *S. tritici* hängt weitgehend von der Witterung und von der Anfälligkeit der jeweilig angebauten Weizensorte ab. Unter kühlen, feuchten Witterungsbedingungen während der Vorsommer- und Sommermonate wird der Winterweizen auch im Binnenland von dem Befall mit *S. tritici* in Mitleidenschaft gezogen.

Frühgesäter Winterweizen kann in Norddeutschland sowohl durch Primär- als auch durch Sekundärinfektionen des Pilzes befallen werden. Die Infektion mit *S. tritici* ist stets an hohe Luftfeuchtigkeit (mindestens 48 Std. Blattnässe) gebunden. Der Pilz dringt überwiegend über die Stomata in das Weizenblatt ein und wächst dort interzellulär. Die Inkubationszeit des Erregers beträgt beim Weizen in Norddeutschland ca. 27 Tage. Der Befall mit *S. tritici* äußert sich in länglichen, nekrotischen Flecken, die später zusammenfließen und letztendlich zur Blattdürre führen. Auf den Blattflecken bilden sich Fruchtkörper (Pyknidien), die ein braunschwarzes Aussehen haben und parallel zu den Blattetagen angeordnet sind. In den Pyknidien werden die Pyknosporen in großen Mengen gebildet, von denen zumeist die Übertragung und Infektion ausgehen.

Der Befall mit *S. tritici* wandert von Blattetage zu Blattetage. Bei einem starken Infektions- bzw. Befallsdruck verursacht *S. tritici* nicht nur eine Blattdürre sondern auch eine Notreife beim Weizen. Die Höhe der Ertragsausfälle durch *S. tritici* kann bei anfälligen Weizensorten bis zu 30% betragen. Zum Wirtspflanzenkreis des Erregers der *Septoria*-Blattdürre gehören neben Weizen – selten Roggen, Triticale, Gerste - auch verschiedene Gräser u. a. *Agropyron repens*, *Alopecurus pratensis*, *Bromus*-, *Agrostis*-, *Poa*-, und *Festuca*-Arten. Naturgemäß werden Weizenarten am stärksten befallen.

In der vorliegenden Arbeit wurden aktuelle Winterweizen- und Triticalesorten auf ihr Resistenzverhalten gegenüber dem Erreger *S. tritici* bei künstlicher Inokulation geprüft. Zwischen den untersuchten Winterweizensorten konnten deutliche Unterschiede in der Anfälligkeit festgestellt werden. Die wenig anfälligen Weizensorten würden sich durchaus für einen Anbau in Befallslagen eignen. Die meisten der untersuchten Triticalesorten erwiesen sich nach wie vor als resistent gegenüber *S. tritici*.

Um die *Septoria*-Blattdürre im Weizenbau wirkungsvoll bekämpfen zu können, wird in der vorliegenden Arbeit zunächst auf pflanzenbauliche Maßnahmen wie sorgfältige Bodenbearbeitung, geordnete Fruchtfolgen sowie auf Anbau wenig anfälliger Sorten hingewiesen. Die chemische Bekämpfung der *Septoria*-Weizenblattdürre erfolgt heutzutage nur noch infektiions- und witterungsbezogen, um Fungizide optimal und ökologisch vertretbar gegen diese Blattkrankheit einsetzen zu können. Es gibt eine Reihe von Fungiziden, mit denen die *Septoria*-Blattdürre sehr wirksam bekämpft werden kann. Zur biologischen Bekämpfung des Schaderregers *S. tritici* sind erste Versuchsansätze gemacht worden, die aber noch weiter verfolgt werden müssen.

Summary

The perfect form of the pathogen of the *Septoria* leaf blotch in wheat is the *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter ascomycete. In Germany, the subsidiary form (imperfect form) *Septoria tritici* Rob. ex Desm. Normally occurs as a pathogen of this leaf disease. The more frequent occurrence of *Septoria* leaf blotch in wheat cultivars in Germany was a reason to concern ourselves with and to discuss the importance, biology and combating of the *S. tritici* parasite fungus. The extent of the attack with *S. tritici* depends upon the weather to a great extent and also upon the susceptibility of the sort of wheat cultivated in each case. In cool, moist weather conditions during the pre-summer and summer months, winter wheat will also be affected by attacks of *S. tritici* inland.

Early-sown winter wheat in North Germany can be attacked by both primary and also secondary infections of the fungus. Infection with *S. tritici* is always connected with high air humidity (at least 48 hours of leaf wetness). The fungus mainly penetrates into the wheat leaf via the stomata and grows there inter-cellularly. The incubation period of the pathogen for wheat in North Germany is about 27 days.

The attack with *S. tritici* can be seen in lengthy, necrotic marks, which later flow together and finally lead to leaf blotch. Fruit bodies (pycnidia) form on the leaf marks; they have a brown-black appearance and are arranged parallel to the leaf layers. In the pycnidia, large amounts of the pycnosporangia are formed, the transmission and infection mainly emanating from them. The attack with *S. tritici* migrates from leaf layer to leaf layer. With such a great infection and attack pressure, *S. tritici* not only causes leaf blotch, but also an emergency maturity in wheat. The amount of the loss of harvest by *S. tritici* can be much as 30% in susceptible cultivars. The group of host plants of the pathogen of the *Septoria* leaf blotch is not only wheat – rarely rye, triticale, barley – also various grasses, e.g. *Agropyron repens*, *Alopecurus pratensis*, *Bromus*, *Agrostis*, *Poa* and *Festuca* cultivars. Naturally, wheat cultivars are attacked most. In the recent paper, current winter wheat and triticale cultivars are examined with regard to their resistance properties towards the pathogen *S. tritici* in artificial inoculation. Distinct differences in the susceptibility can be established between the winter wheats examined. The less susceptible wheat cultivars would quite easily be suited for cultivation in areas under attack. Most of the triticale cultivars examined proved still to be resistant to *S. tritici*.

In order to combat the *Septoria* leaf blotch effectively, cultivation measures such as careful soil working, ordered sequences of fruit and cultivation of less susceptible cultivars are referred to in this paper to start with. Chemical combating of the *Septoria* leaf blotch is nowadays only done relative to infection and weather in order to be able to use fungicides against this leaf disease in an optimal and ecologically justifiable way. There is a series of fungicides with which the *Septoria* leaf blotch can be combated very effectively. First approaches have been made for biological combating of the pathogen *S. tritici*, but need to be followed up further yet.

Literatur

- AHLF, M. und H. MIELKE, 1989: Untersuchungen zum Befalls- und Sporulationsverlauf von *Septoria tritici* Rob. ex Desm. an Winterweizen im Reußenkoog (Krs. Nordfriesland). *Gesunde Pflanzen* **41**(1), 2 - 8.
- BBA, 2001: Pflanzenschutzmittelverzeichnis Teil 1: Ackerbau – Wiesen u. Weiden – Hopfenbau – Sonderkulturen – Nichtkulturland. Saphir-Verlag, Rittesbüttel, 49. Aufl., 367 S.
- FRAHM, J., 1996: Die Nutzung des Beratungssystems Pro Plant in der praktischen Pflanzenschutzberatung. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Berlin-Dahlem* **321**, 341 S.
- HESS, D.E. and G. SHANER, 1987: Effect of moisture on *Septoria tritici* blotch development on wheat in the field. *Phytopathology* **77**(2), 220 - 226.
- HOFFMANN, G.M. und H. SCHMUTTERER, 1999: Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 59 - 64.
- IWERSEN, D., GLESER, H.J. und T. KEUFFEL, 2001: Pflanzenschutzdienst des Landes Schleswig-Holstein – Versuchsbericht 2000. Herausg.: Ämter für ländliche Räume, Kiel und Lübeck – Abt. Pflanzenschutz, Blatt- und Ährenkrankheiten, 27 - 67.
- KLUGE, E., ENZIAN, S. und V. GUTSCHE, 1999: Befallsatlas - Atlas der potentiellen Befallsgefährdung durch wichtige Schadorganismen im Ackerbau Deutschlands. – Blattdürre an Winterweizen (*Septoria tritici* Rob. ex Desm.). Herausg. von d. Biologischen Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Berlin und Braunschweig, 62 - 64.
- KRUSE, M., 1998: Famoxadon – ein breitwirksamer fungizider Wirkstoff aus einer neuen Wirkstoffgruppe. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Berlin-Dahlem* **357**, 126 S.
- LAMPRECHT, S., KÖLLNER, B. und H.-W. DEHNE, 2000: Künstliche Infektion von Weizen mit *Septoria tritici* (Roberge ex Dezmaz) nach Exposition unter realitätsnahen Ozon-Immissions-Profilen. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch. Berlin-Dahlem* **376**, 392 S.
- MIELKE, H., 1977: Untersuchungen zur Bekämpfung der Weizenblattdürre (*Septoria tritici*). *Gesunde Pflanzen* **29**(7), 141 - 144.
- MIELKE, H., 1978: Untersuchungen von anerkannten Winterweizensorten auf ihre Anfälligkeit für *Septoria tritici* Rob. Kali-Briefe (Büntehof) **14**(3), 195 – 200.
- MIELKE, H., 1981: Untersuchungen zur Schadwirkung von *Septoria tritici* Rob. ex Desm. in Winter- und Sommerweizen. *Bauernblatt/Landpost* **131**, 26 - 28.

- MIELKE, H., 1982: Untersuchungen zur Bekämpfung von *Septoria tritici* Rob. an Winterweizen. Nachrichtenblatt. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **34**(9), 129 - 132.
- MIELKE, H., 1995: Untersuchungen inländischer Weizen- und Triticalesorten gegenüber *Septoria-tritici* Rob. ex Desm. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **47** (4), 81 - 85.
- MÜLLER, H., 1999: Wirkung von Getreidefungiziden unter Einfluss von Witterungsbedingungen und Epidemiestadien. Phytomedizin **29**(3), 47 - 48.
- OBST, A. und V.H. PAUL, 1993: Krankheiten und Schädlinge des Getreides. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen - Buer, 184 S.
- PRILLWITZ, H-G., 1983: Pilzliche Krankheitserreger. In: HEINZE, K. (ed.): Leitfaden der Schädlingsbekämpfung. Bd. III., Wiss. Verlagsges. mbH, Stuttgart, 68 - 208.
- SCHEID, L., 1996: Diagnose von *Septoria*-Arten an Weizen mit optischen Hilfsmitteln im Vergleich zu einem serologischen Verfahren. Phytomedizin **26**(2), 57.
- SCHEID, L., 1998: Fungizide Wirkung der Strobilurine und Azole bei der Bekämpfung von *Septoriosen* in Weizen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **357**, 129 - 130.
- SCHNIEDER, F., TIEDEMANN, A.v. und H. FEHRMANN, 1992: Infektionsverlauf von *Septoria tritici* auf anfälligen und teilresistenten Weizensorten. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **283**, 62 S.
- SCHNIEDER, F., KOCH, G., JUNG, C. UND J.A. VERREET, 1996: Nutzung von PCR-Markertechniken (RAPD, AFLP) zur genetischen Differenzierung von *Mycosphaerella graminicola* (anamorph *Septoria tritici*). Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **321**, 81 S.
- SENELNIKOV E., SHIMIN, T., WOLF, A.G. und S. VIDAL, 2000: Wechselbeziehungen zwischen Pflanzenpathogenen und herbivoren Insekten am Beispiel *Septoria tritici* – Getreideblattläuse – Winterweizen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **376**, 162 - 163.
- TISCHNER, H. und G. BAUER, 2000: Monitoring für Getreidekrankheiten – Grundlage für den regionalen Warndienst. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **376**, 285 S.
- VERREET, J.A., HOFFMANN, G.M. und J. PORTNER, 1990: Nachweis des Teleomorph *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroet Canamorph: *Septoria tritici* Rob. ex Desm. in der Bundesrepublik Deutschland. J. Phytopathol. **130**, 105 - 113.
- WEHRMANN, A., KLINK, H. und J.A. VERREET, 2000: Bewertung von Fungiziden zur Bekämpfung wichtiger Krankheitserreger des Weizens. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **376**, 83 S.
- WITTRICK, A.F. und J.A. VERREET, 2000: Ökonomische und ökologische Bewertung eines Integrierten Beratungskonzeptes (IPS-Modell Weizen) im praktischen Betrieb Schleswig-Holstein - Ergebnisse und Akzeptanz. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **376**, 325 - 326.
- WIESE, M.V., 1987: Compendium of Wheat Diseases. APS Press, Second Edition. *Septoria* Leaf and Glume Blotches, p 43 - 45.

Virulenzentwicklung des Weizengelbrostes, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, in der Bundesrepublik Deutschland

Development of virulence of wheat yellow rust, Puccinia striiformis f. sp. tritici, in the Federal Republic of Germany

Kerstin Flath und Gerhard Bartels

Weizengelbrost gehört weltweit zu den wichtigsten Pilzkrankheiten des Getreides. Nach mehreren Jahren mit nur geringem Gelbrostaufreten kann die Krankheit unter günstigen Witterungsbedingungen zu einem unerwartet starken Befall führen, der besonders bei anfälligen Sorten erhebliche Mindererträge verursacht.

In den Jahren 1990 bis 2000 durchgeführte Analysen zur Virulenzsituation in der deutschen Weizengelbrostpopulation sollten klären, welche der derzeit zur Verfügung stehenden Gelbrostresistenzgene noch wirksam sind und ob es Unterschiede zwischen den Anbauregionen gibt. Daraus lassen sich Schlussfolgerungen ableiten, die sowohl für die Getreidezüchtung als auch für die Beratung der landwirtschaftlichen Praxis von besonderem Wert sind. Darüber hinaus werden einige der im Rahmen von Virulenzanalysen gewonnenen Isolate für die Herstellung von Einsporisolaten genutzt und einzeln oder als Gemisch für die Resistenzprüfung von Weizensorten und Zuchtstämmen verwendet.

Vorkommen des Weizengelbrostes

Der durch den Pilz *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* verursachte Weizengelbrost tritt in den feuchtkühlen Anbauregionen Nordwesteuropas, in Frankreich, den Niederlanden, Dänemark, Deutschland und Großbritannien regelmäßig auf (ZADOKS & RIJSDIJK, 1984). In Deutschland sind vor allem Niedersachsen und Schleswig-Holstein betroffen sowie Gebiete im Westen und Südwesten (KLUGE et al. 1999).

Aber auch außerhalb dieser traditionellen Befallsgebiete wird starker Gelbrostbefall beobachtet, wenn die Witterungsbedingungen für die Entwicklung des Gelbrostes günstig sind. Erhöhte Befallsgefährdung besteht besonders in Jahren mit milden Wintern und kühlem Frühjahr. Mittlere Temperaturwerte in den Monaten Februar von über 0,3 °C und Mai von unter 11 °C werden als ausgesprochen günstig für die Gelbrostentwicklung eingestuft (KLUGE et al. 1999).

Veränderungen der Virulenzsituation im Zeitraum von 1990 bis 2000

Von der Biologischen Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft wurden bereits in der Vergangenheit alljährlich Untersuchungen zu den in Deutschland vorkommenden Gelbrostrassen durchgeführt (FUCHS, 1960, HASSEBRAUK, 1970, VON KRÖCHER & BARTELS, 1991, FLATH & BARTELS, 1999). Auch gegenwärtig wird die Virulenzsituation des Weizengelbrostes auf der Grundlage von Proben-Einsendungen des amtlichen Pflanzenschutzdienstes und privater Pflanzenzüchter analysiert. Nach der Vermehrung befallener Blattproben auf Keimpflanzen einer gelbrostanfälligen Weizensorte, folgen Keimpflanzen tests mit einem Differentialsortiment (Tab. 1).

Die Differentialsorten werden dazu mit einem Sporen-Talkum-Gemisch (10 mg Sporen und 100 mg Talkum) der jeweiligen Isolate inokuliert. Die anschließende Inkubation erfolgt für 24 Stunden bei 10 °C und einer relativen Luftfeuchte von 100%. Danach werden die Pflanzen im Gewächshaus bei ca. 20 °C, 80% relativer Luftfeuchte und 5000 Lux Zusatzbeleuchtung aufgestellt. Die Bonitur der Infektionstypen erfolgt 14 Tage nach der Inokulation anhand einer 9-stufigen Skala, bei der die Infektionstypen 0 bis 5 als avirulent und die Typen 6 bis 9 als virulent eingestuft werden.

Die Ergebnisse der Keimpflanzen tests für die Jahre 1990 bis 2000 sind als Virulenzhäufigkeiten in Tabelle 1 aufgelistet. Dieser Wert entspricht dem prozentualen Anteil zu dem eine bestimmte Differentialsorte bzw. ein bestimmtes Resistenzgen von den getesteten Isolaten befallen wird. Die ermittelten Virulenzhäufigkeiten werden hinsichtlich der Wirkung rassenspezifischer Gelbrost-Resistenzgene wie folgt eingestuft:

Virulenzhäufigkeit in der Gelbrostpopulation (%)	Resistenzwirkung von Gelbrost-Resistenzgenen
0 – 10	sehr gut
10 – 20	gut
> 20 – 50	mäßig
> 50	gering bis keine

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, traten Isolate mit Virulenz für die Resistenzgene **Yr 1, Yr 2, Yr 3, Yr 4, Su** und **SD** in allen Untersuchungsjahren besonders häufig auf. Diese Gene besitzen derzeit nur noch eine geringe oder keine Wirkung gegenüber dem Weizengelbrost.

Tab. 1 Virulenzhäufigkeiten (%) in deutschen Weizengelbrostpopulationen, 1990-2000

Differential-sorten	Resistenz-gene	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Chinese 166	Yr 1	66	69	47	32	67	53	82	81	93	87	87
Heines VII	Yr 2	62	66	50	53	70	52	92	83	83	71	86
Nord Desprez	Yr 3	100	100	100	100	100	99	97	100	94	86	88
Hybrid 46	Yr 4	62	60	67	75	50	68	76	64	48	70	77
Suwon x Omar	Su	59	66	86	82	72	75	79	70	56	79	81
Strubes Dickkopf	SD	85	100	78	100	100	88	100	98	96	80	85
Clement	Yr 9	27	11	16	35	28	34	21	33	44	76	77
Rendezvous	Yr 17								27	35	71	74
Lee	Yr 7	1	0	4	11	1	3	3	4	4	5	45
Reichersberg	Yr 7+	1	0	0	7	1	1	0	6	4	3	20
Compair	Yr 8	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	15
Carstens V	CV	75	91	61	57	66	67	45	66	67	22	49
Heines Peko	Yr 6, Yr 2	21	6	8	10	9	8	50	27	19	6	22
Spaldings Prolific	SPA	3	37	14	4	3	1	3	2	7	2	0
<i>Tritic. spelta</i> album	Yr 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Moro	Yr 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Die Entwicklung der Virulenzhäufigkeiten für die Gene Yr 9, Yr 17, Yr 7 und Yr 8 ist in Abbildung 1 dargestellt. Das aus dem Roggen stammende Resistenzgen **Yr 9** (ZELLER, 1973) verfügte 1990 noch über eine gute Wirksamkeit, die trotz der Tatsache, dass diese Resistenz in deutschen Weizensorten sehr verbreitet war (LINE et al. 1988), über einen längeren Zeitraum anhielt. Im Jahr 1999, das deutschlandweit durch ein überdurchschnittlich starkes Gelbrostaufreten gekennzeichnet war, stieg die Virulenz für Yr 9 jedoch sprunghaft an. Im gleichen Jahr wurde auch das Resistenzgen **Yr 17** überwunden. Dieses ursprünglich aus *Aegilops ventricosa* in Brotweizensorten übertragene Gen (DOUSSINAULT et al. 1988) war vor allem in Dänemark und Großbritannien stark verbreitet. Der zwischen 1994 und 1997 ständig gestiegene Anbauumfang von Yr 17-Sorten erreichte 1996 mit 55% in Dänemark und 1997 mit 35% in Großbritannien seinen Höhepunkt (BAYLES et al. 2000). Virulenz für Yr 17 wurde in beiden Ländern erstmalig 1994 entdeckt; nur drei Jahre später betrug die Virulenzhäufigkeit nahezu 100%.

Trotz des verhältnismäßig geringen Anteils von Yr 17-Sorten in Deutschland ist die im Jahr 2000 festgestellte Virulenzhäufigkeit mit 74% sehr hoch. Als eine Ursache dafür kommt die Windverbreitung Yr 17-virulenter Pathotypen aus Großbritannien und Dänemark in Frage. Für diese Annahme spricht auch die Tatsache, dass der in Nordeuropa am häufigsten festgestellte Gelbrost-Pathotyp neben anderen Virulenzen auch die für Yr 17 besitzt (BAYLES et al. 2000).

Eine ähnliche Virulenzentwicklung wie für Yr 9 und Yr 17, jedoch auf niedrigerem Niveau, wurde auch für die Resistenzgene Yr 7 und Yr 8 beobachtet. Die aus *Triticum durum* stammende Yr 7-Resistenz liegt in den Differentialsorten Lee und Reichersberg vor, bei letzterer in Kombination mit einem zusätzlichen, bisher unbekanntem Gen. Virulenz für Yr 7 ist weltweit vorhanden (MCINTOSH et al. 1995). Dies ist vor allem auf die intensive Nutzung der Sorte 'Thatcher' mit Yr 7-Resistenz (MCINTOSH et al. 1981) zurückzuführen.

In Deutschland wurden bis 1999 nur vereinzelt Isolate mit Yr 7-Virulenz in der Gelbrostpopulation gefunden. Im Jahr 2000 war jedoch ein sprunghaftes Ansteigen dieser Virulenz zu beobachten. Gleiches gilt für das Gen Yr 8, welches ursprünglich aus *Aegilops comosa* stammt und mit dem Schwarzrostresistenzgen Sr 34 gekoppelt ist (MCINTOSH, 1993). Obwohl die Yr 7- und Yr 8-Resistenz wahrscheinlich bisher nicht in kommerziellen Sorten genutzt wurden, konnten die entsprechenden Virulenzen z.B. in Frankreich im Jahr 1996 zu einem Anteil von jeweils 29% festgestellt werden (BAYLES, 1998). Dies lässt wiederum eine Windverbreitung entsprechender Pathotypen von Nordeuropa nach Deutschland vermuten.

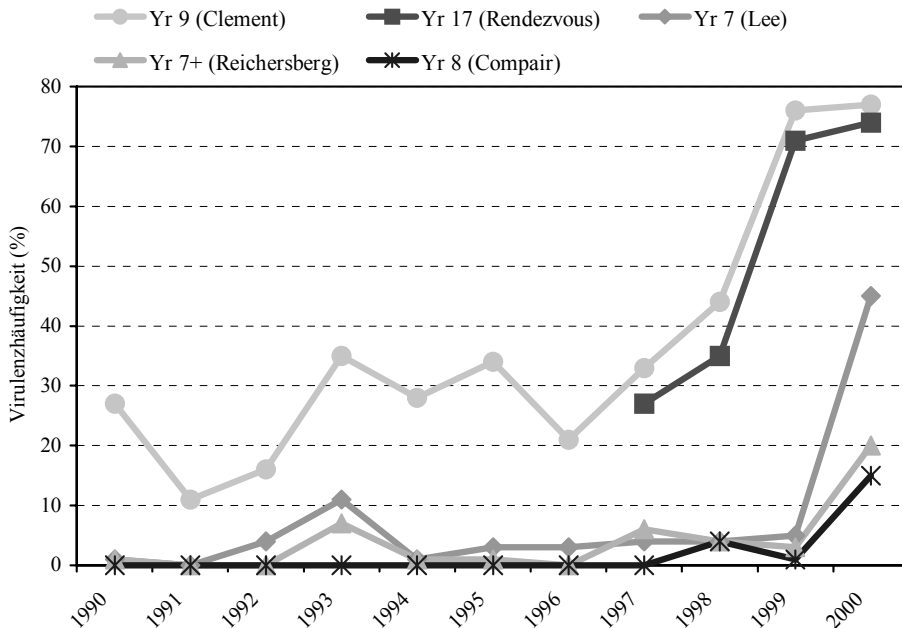


Abb. 1 Entwicklung der Virulenzhäufigkeit für die Gelbrost-Resistenzgene Yr 9, Yr 17, Yr 7, Yr 7+ und Yr 8 in den Jahren 1990 bis 2000

Wechselnde Virulenzhäufigkeiten zeigten sich im Verlauf der Untersuchungsjahre für das Gen CV und die Genkombination Yr 6 + Yr 2 (Abb. 2), die beide bereits in kommerziellen Sorten genutzt wurden. Die tendenziell abnehmenden Virulenzhäufigkeiten für diese Resistenzen würden für eine erneute Nutzung sprechen. Erfahrungsgemäß hat jedoch die Wiederverwendung derartiger Gene, auch nach mehrjähriger Anbaupause, einen erneuten Anstieg der Virulenzen in der Pathogenpopulation zufolge.

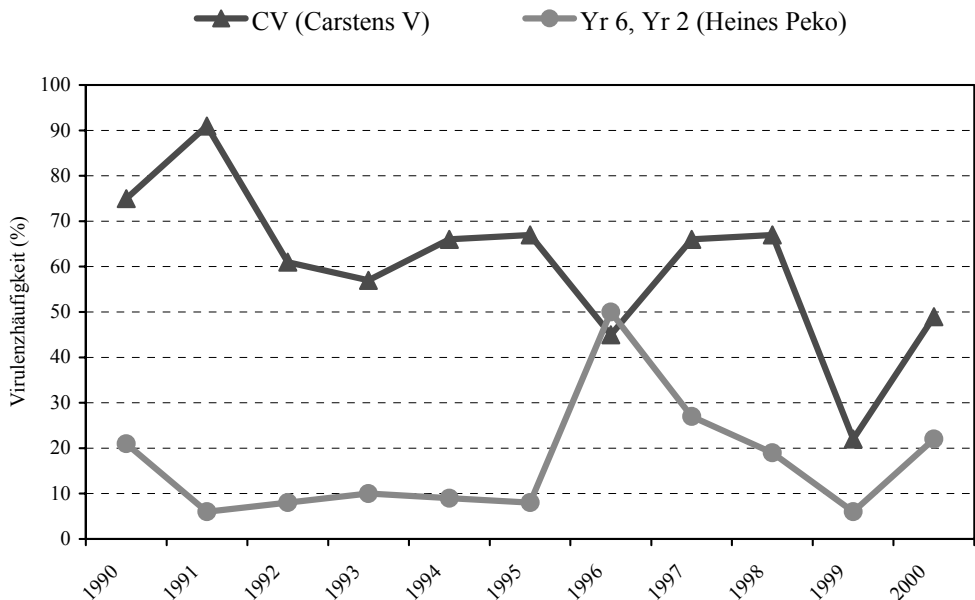


Abb. 2 Entwicklung der Virulenzhäufigkeit für die Gelbrost-Resistengene CV und Yr 6 + Yr 2 in den Jahren 1990 bis 2000

Als wirksamste Gelbrost-Resistengene erwiesen sich in Deutschland SPA, Yr 5 und Yr 10. Virulenz für SPA trat zwar zu Beginn der 90er Jahre vereinzelt auf, wurde jedoch 2000 nicht mehr festgestellt. Das Resistenzgen Yr 5 stammt aus einem Spelzweizen (KEMA, 1992). Virulenzen für Yr 5 wurden erstmals in Indien entdeckt, wo der Anbau von Spelzweizen verbreitet ist (NAGARAJAN, 1983).

CHEN et al. (1992) fanden keine virulenten Pathotypen in Europa, was mit der geringen Anbaufläche dieser Weizenart in Zusammenhang gebracht wurde. Auch in Deutschland erwies sich Yr 5 bis 1999 als voll wirksam.

Im Jahr 2000 wurde jedoch erstmals ein virulentes Isolat in Sachsen-Anhalt gefunden. Keines der in Deutschland gefundenen Isolate wies Virulenz für das Gen Yr 10 auf. Yr 10 war ursprünglich in einem türkischen Weizenstamm enthalten (HARLAN, 1976), weshalb erste virulente Rassen zuerst im östlichen Mittelmeerraum gefunden wurden (STUBBS, 1985).

In der deutschen Weizenzüchtung wurden die Gene Yr 5 und Yr 10 wahrscheinlich bisher nicht verwendet. Die bloße Existenz virulenter Pathotypen außerhalb von Deutschland lässt jedoch vermuten, dass mit der züchterischen Nutzung dieser bisher noch wirksamen Resistenzen auf Dauer kein Schutz vor Gelbrostepidemien gegeben wäre.

Regionale Unterschiede der Virulenzsituation

Nachdem die Wirksamkeit einzelner Gelbrost-Resistengene in der Bundesrepublik diskutiert wurde, sollte geklärt werden, ob es regionale Unterschiede zwischen den deutschen Anbauregionen gibt. Dazu wurden die Ergebnisse des Jahres 2000 für die Bundesländer Schleswig-Holstein (SH), Mecklenburg-Vorpommern (MV) Niedersachsen (NI) Sachsen-Anhalt (ST), Nordrhein-Westfalen (NW), Thüringen (TH), Baden-Württemberg (BW) und Bayern (BY) sowie als Mittelwert für Deutschland (Mittel) zusammengefasst (Tab. 2).

Tab. 2 Virulenzhäufigkeit (%) des Weizengelbrostes in den Bundesländern SH, MV, NI, ST, NW, TH, BW und BY sowie im Mittel Deutschlands im Jahr 2000

Resistenzen	SH	MV	NI	ST	NW	TH	BW	BY	Mittel
1. mit geringer bis keiner Wirkung									
Yr 2	90	100	92	100	96	92	100	100	95
Yr 3	100	67	92	91	96	84	86	63	88
Yr 1	90	50	92	91	96	84	100	75	87
SD	90	67	83	91	88	88	86	75	85
Su	80	50	92	91	83	76	71	88	81
Yr 4	60	50	88	82	83	72	71	88	77
Yr 9	90	67	67	91	92	64	86	75	77
Yr 17	90	50	71	91	83	64	57	75	74
2. mit regionaler Wirkung									
Yr 8	10	33	4	9	13	16	43	25	15
Yr 7+	20	50	4	27	17	24	29	25	20
Yr 6, Yr 2	20	50	4	18	17	32	29	38	22
Yr7	70	50	33	45	25	56	71	50	45
CV	70	17	58	45	54	28	71	63	49
3. mit sehr guter Wirkung									
Yr 5	0	0	0	9	0	0	0	0	1
Yr10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SPA	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bei allen Virulenzen, die bis zum Jahr 2000 eine Häufigkeit von 50 bis 100% erreicht hatten, traten keine regionalen Unterschiede auf. Die zu dieser Gruppe gehörenden Resistenzen, wie Yr 1, Yr 2, Yr 3, Yr 4, Yr 9, Yr 17, Su und SD zeigten in allen deutschen Anbauregionen nur eine geringe oder keine Resistenzwirkung gegen Gelbrost. Deutliche regionale Unterschiede sind jedoch bei den Resistenzgenen der zweiten Gruppe festzustellen (Abb. 3).

Diese können regional begrenzt durchaus noch einen Schutz vor Gelbrost bieten, werden jedoch in anderen Bundesländern bereits von virulenten Pathotypen befallen. Als Beispiel hierfür kann die Compair-Resistenz Yr 8, genannt werden, die in Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt noch eine sehr gute Wirksamkeit aufweist, während die Resistenzwirkung in Mecklenburg-Vorpommern, Baden-Württemberg und Bayern nur noch mäßig ist.

Ein überdurchschnittlich hohes Niveau an Gelbrostresistenz wiesen die bereits im Jahresvergleich erwähnten Gene Yr 5, Yr 10 und SPA in allen Anbauregionen auf.

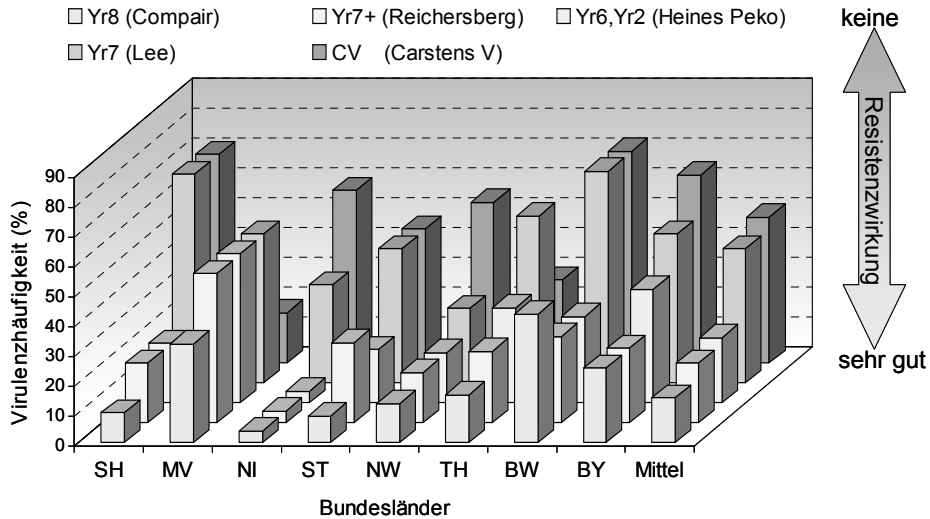


Abb. 3 Regional wirksame Resistenzgene in Deutschland im Jahr 2000

Zusammenfassung

Weizengelbrost kann nach mehreren befallsschwachen Jahren bei für den Erreger günstigen Witterungsbedingungen zu einem unerwartet starken Befall führen, der besonders bei gelbrostanfälligen Sorten erhebliche Mindererträge verursacht. In den Jahren 1990 bis 2000 durchgeführte Analysen zur Virulenzsituation in der deutschen Weizengelbrostpopulation sollten klären, welche der derzeit zur Verfügung stehenden Gelbrost-Resistenzgene noch wirksam sind und ob es Unterschiede zwischen den Anbauregionen gibt. Isolate mit Virulenz für die Resistenzgene Yr 1, Yr 2, Yr 3, Yr 4, Su und SD traten in allen Untersuchungsjahren besonders häufig auf, so dass diese Gene derzeit nur noch eine geringe oder keine Wirkung gegenüber dem Weizengelbrost besitzen.

Die Gene Yr 9 und Yr 17 wiesen bis 1998 noch eine mäßige Wirksamkeit auf. Das deutschlandweit überdurchschnittlich starke Gelbrostaufreten im Jahr 1999 führte jedoch zu einem sprunghaften Anstieg der Virulenzen für Yr 9 und Yr 17 und somit zum sogenannten Resistenzzusammenbruch. Eine ähnliche Entwicklung vollzog sich für die Gene Yr 7 und Yr 8 deren zuvor sehr gute Resistenzwirkung im Jahr 2000 durch virulente Pathotypen überwunden wurde.

Als wirksamste Gelbrost-Resistenzgene erwiesen sich SPA, Yr 5 und Yr 10. Diese Gene sind in Deutschland wahrscheinlich bisher nicht für die Erzeugung gelbrostresistenter Sorten genutzt worden. Dennoch lässt die bloße Existenz virulenter Pathotypen außerhalb von Deutschland vermuten, dass mit der züchterischen Nutzung dieser Resistenzen auf Dauer kein Schutz vor Gelbrostepidemien gegeben wäre. Regionale Virulenzunterschiede wurden für die Resistenzgene Yr 7, Yr 8, Yr 6+Yr2 und CV beobachtet.

Summary

Yellow rust may attack wheat with unexpected strength after years of low disease level when the pathogen finds favourable weather conditions. Such attack causes considerable yield losses in particular in susceptible varieties. In the decade between 1990 and 2000, analyses of the virulence situation of the German population of yellow rust of wheat were made to find out which of the existing yellow rust resistance genes are still efficient and whether there are differences between the growing regions. Isolates with virulence for resistance genes Yr 1, Yr 2, Yr 3, Yr 4, Su and SD occurred particularly frequently in all analysed years. These genes are only little effective, or even ineffective by now.

The genes Yr 9 and Yr 17 were moderately effective until 1998. A far-above-average disease incidence in Germany in 1999, however, induced a dramatic increase in virulences for Yr 9 and Yr 17 which led to a resistance breakdown. A similar development concerned genes Yr 7 and Yr 8, whose resistive strength was broken by virulent pathotypes in 2000. SPA, Yr 5 and Yr 10 have turned out as the strongest resistance genes to yellow rust. Probably, these genes have not yet been used for breeding yellow rust-resistant varieties in Germany. Yet, the mere existence of virulent pathotypes outside Germany prompts the suspicion that using these resistance genes in breeding will not provide lasting protection from yellow rust epidemics in the future. Regional differences in virulence were observed only with the genes Yr 7, Yr 8, Yr 6+Yr 2, and CV.

Literatur

- BAYLES, R.A., 1998: Working group 1 virulence surveys. In: COOKE, B.M. (ed) , 1997: COST 817- Aims and Progress - Airborne pathogens on cereals - Population studies of airborne pathogens on cereals as a means of improving strategies for disease control. EUR 18427 EN, 45 p.
- BAYLES R.A., FLATH, K., HOVMOLLER, M.S. and de Vallavieille-Pope, C., 2000: Breakdown of the Yr 17 resistance to yellow rust of wheat in northern Europe. *Agronomie* **20**, 805 - 811.
- CHEN, X.M., JONES, S.S. and R.F. LINE, 1992: Chromosomal Location of Genes for Stripe Rust Resistance in Spring Wheat Cultivars Compar, Fiedler, Lee, and Lemhu and Interactions of Aneuploid Wheats with Races of *Puccinia striiformis*. *Phytopathology* **85**, 375 - 381.
- DOUSSINAULT, G., DOSBA, F. and J. JAHIER, 1988: Use of a hybrid between *Triticum aestivum* L. and *Aegilops ventricosa* Tausch in wheat breeding. In: MILLER, T.E. and R.M.D. KOEBENER (eds). Proceedings of the Seventh International Wheat Genetics Symposium. Institute of Plant Science Research, Cambridge. UK, 253 - 258.
- FLATH, K. und G. BARTELS, 1999: 1999 – Ein Gelbrostbefallsjahr – Situationsbericht und Schlussfolgerungen. Vortr. Pflanzenzüchtg. **46**, 145 - 156.
- FUCHS, E., 1960: Physiologische Rassen bei Gelbrost (*Puccinia glumarum* [Schm.] Erikss. et Henn.) auf Weizen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **12**, 49 - 63.
- KRÖCHER, C., VON und G. BARTELS, 1991: Aktuelle Virulenzsituation bei Weizengelbrost (*Puccinia striiformis* West. F. sp. *tritici* Erikss. et Henn.) in der Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **43**, 245 - 249.
- HARLAN, J.R., 1976: Disease as a factor in plant evolution. *Ann. Rev. Phytopathol.* **14**, 31 - 51.
- HASSEBRAUK, K., 1970: Der Gelbrost *Puccinia striiformis* West. II. Befallsbild. Morphologie und Biologie der Sporen. Infektion und weitere Entwicklung. Wirkung auf die Wirtspflanze. Mitt. Biol. Bundesanstalt. Berlin-Dahlem. **139**, 111 S.
- KEMA, G.H.J., 1992: Resistance in spelt wheat to yellow rust. I. Formal analysis and variation for gliadin patterns. *Euphytica* **63**, 207 - 217.
- KLUGE, E., ENZIAN, S. und V. GUTSCHE, 1999: Befallsatlas - Atlas der potentiellen Befallsgefährdung durch wichtige Schadorganismen im Ackerbau Deutschlands. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 160 S.
- LINE, R.F., QUAYOTUM, A. and X.M. CHEN, 1988: Virulence, Evolution, and Distribution of *Puccinia striiformis* in North America and Inheritance of Stripe Rust Resistance in Differential Cultivars. Seventh Eur. and Med. Cereal Rust Conf. 1988, 107 - 109.
- MCINTOSH, R.A., 1993: Catalogue of gene symbols for wheat. Proc. 7th International Wheat Genetics Symposium, Cambridge, 1278 - 1281.
- MCINTOSH, R.A., LUIG, N.H., JOHNSON, R. and R.A. HARE, 1981: Cytogenetical studies in wheat XI. Sr9g for reaction to *Puccinia graminis tritici*. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* **87**, 274 - 289.
- MCINTOSH, R.A., WELLINGS, C.R. and R.F. PARK, 1995: Wheat rusts: an atlas of resistance genes. Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-7923-3430-2, 200 p.
- NAGARAJAN, S., 1983: Annual Report 1983. Indian Agric. Res. Inst., Regional Station, Flowerdale, Simla.
- STUBBS, R.W., 1985: Stripe Rust. In: The Cereal Rusts. Volume II; 61 - 91.
- ZADOKS, J.C. and F.H. RIJSDIJK, 1984: Agro-ecological Atlas of Cereal Growing in Europe. Volume III: Atlas of Cereal Diseases and Pests in Europe. Map **51**.
- ZELLER, F.J., 1973: 1B/1R wheat rye chromosome substitutions and translocations. 4th Int. Wheat Gen. Symp., Columbia. 209 - 221.

Möglichkeiten zur Reduzierung der Blattlauszahlen und des Virusbefalls im Raps im Herbst

Possibilities to reduce aphid numbers and TuYV infection rates in winter oil seed rape

Udo Heimbach und Christa Eggers

Es ist bekannt, dass Blattläuse das Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV) im Raps übertragen können und dass dieses Virus den Ertrag beeinflussen kann (GRAICHEN & SCHLIEPHAKE, 1996). Der Raps wird im Herbst hauptsächlich von den Blattlausarten *Brevicoryne brassicae* und *Myzus persicae* besiedelt. Beide Arten können das TuY-Virus systemisch übertragen (SCHLIEPHAKE et al., 2000). Um den Blattlausbefall und den Virusbefall zu reduzieren, können Saatgutbehandlungen mit systemischen Wirkstoffen (z. B. Imidacloprid), Spritzanwendungen mit Insektiziden oder alternative Methoden wie Mulchen genutzt werden.

Erste Ergebnisse aus Feldversuchen zeigen, dass weniger Blattläuse (HEIMBACH et al. 2001a, b im Druck) und mehr epigäische Raubarthropoden (HEIMBACH et al. 1997) in gemulchten Parzellen im Vergleich zu ungemulchten gefunden wurden. Geflügelte Blattläuse können je nach Blattlausart für ihre Orientierung zu den Wirtspflanzen hin optische und/oder olfaktorische Reize beim Befallsflug nutzen. Farbunterschiede (z. B. MOERICKE, 1950), unterschiedliche Kontraste zwischen Pflanze und Untergrund (NEITZEL & MÜLLER, 1959; MÜLLER, 1957, 1964) und Geruchsstoffe der Pflanze (NOTTINGHAM & HARDIE, 1993; NOTTINGHAM et al. 1991) sind wichtige Reize für das Landeverhalten alater Blattläuse. Daher können solche Reize auch genutzt werden, um das Landeverhalten der Blattläuse zu beeinflussen.

Material und Methoden

In der Nähe von Braunschweig wurden zwischen 1998 und 2000 Feldversuche mit der Winterrapsorte 'Mohican' durchgeführt. Die Versuche waren 4-fach wiederholt und hatten eine Parzellengröße von etwa 50 m² (ca. 6 x 8 m). Im Jahr 2000 wurden auf demselben Feld neben den 50 m² Parzellen zusätzlich Großparzellen von 1000 m² (ca. 30 x 30 m) mit nur 3 Wiederholungen angelegt. Als Mulch wurde nach der Saat aber vor dem Auflaufen des Rapses eine dünne Strohschicht (100 bis 200 g per m²) von Hand gestreut. Insektizide wurden als Saatgutbehandlung oder als Spritzung nach Auflauf ausgebracht (siehe Tab. 1). Alle anderen Behandlungen einschließlich der insektiziden Frühjahrsbehandlungen fanden gleichmäßig auf der gesamten Fläche statt.

Tab. 1 Art der Pflanzenschutzmaßnahmen in den verschiedenen Versuchsjahren

Variante	Saatgutbehandlung	gAS/kg Saat	Andere Behandlungen	Jahr
Thiram	Thiram (Fungizid)	4,4	-	1998-1999
Pyrethroid	Isofenphos + Thiram	16 + 4,4	λ-Cyhalothrin, 7,5 gAS/ha, 27.9.00	2000
Isofenphos	Isofenphos + Thiram	16 + 4,4	-	1998–2000
Stroh	Isofenphos + Thiram	16 + 4,4	Stroh, 100 – 200 g/m ²	1998–2000
CHINOOK	Imidacloprid + β-Cyfluthrin + Thiram	10 + 2 + 4,4	-	1998–2000
PONCHO	Imidacloprid + β-Cyfluthrin + Thiram	2 + 2 + 4,4	-	1998-2000

Die Saat der Kleinparzellen wurde mit einer kleinen Versuchsdrillmaschine ausgebracht. Die Großparzellen des Jahres 2000 wurden einen Tag später als die Kleinparzellen mit konventioneller 3 m breiter Drilltechnik gesät. Diese spätere Saat mit anderer Drilltechnik hatte einen deutlich späteren und ungleichmäßigeren Auflauf des Rapses zur Folge. Die Erträge wurden mit Kleinparzellendreschern ermittelt, wobei bei den Kleinparzellen die ganze Parzelle abgeerntet wurde. In den Großparzellen wurden mehrere Teilstücke je Parzelle beerntet.

Die Anzahl der anfliegenden Blattläuse wurde mit einem klebenden Netz von etwa 0,5 m² Fläche je Parzelle (Maschenweite etwa 8 x 4 mm) erfasst, das horizontal etwa 2 bis 10 cm über der Kultur in einem dünnen Aluminiumrahmen aufgespannt wurde. Die geflügelten Blattläuse wurden etwa alle 2 bis 4 Tage von diesen Netzen abgesammelt außer in regnerischen Perioden, in denen kein Blattlausflug zu erwarten war. Zusätzlich wurde die Anzahl von Blattläusen an den Rapspflanzen in etwa wöchentlichem Rhythmus, später im Herbst in weiteren Abständen, ausgezählt. Je nach Befallsstärke und Größe der Pflanzen wurden je Parzelle 10 bis 50 Pflanzen bonitiert.

Der Anteil mit dem Wasserrübenvergilbungsvirus befallener Pflanzen wurde mittels ELISA an 25 bis 30 Pflanzen, die jeweils aus dem mittleren Bereich der Parzellen entnommen wurden, im Herbst und nochmals im darauf folgenden Frühjahr festgestellt.

Im Herbst 2000 wurden in den Großparzellen von 1000 m² in Drillrichtung 12 Pflanzen für die Virusbestimmung je etwa 3 m von den Parzellenrändern entfernt und in der Parzellenmitte gesammelt. Im Frühjahr 2001 wurden in der Parzellenmitte der Großparzellen quer zur Drillrichtung je 5 Pflanzen etwa alle 2 m auf einer Linie von einem Rand zum anderen hin gezogen, um so evtl. Randeffekte im Virusbefall zu ermitteln.

Ergebnisse

Die Anzahl der Blattläuse war 1998 mit weniger als einer Blattlaus als maximale durchschnittliche Befallsdichte je Pflanze auch in Varianten ohne Aphizide relativ klein, während 1999 und 2000 sehr viel höhere Abundanzen erreicht wurden. Daher wird in Tab. 2 für 1998 nur die Summe aller gefundenen Blattläuse angegeben, während für die anderen Jahre die Anzahl je Pflanze und Termin aufgeführt sind.

Tab. 2 Summe aller Blattläuse je Variante, TuYV Infektion im Herbst und Frühjahr und Rapsertag nach verschiedenen Behandlungen im Herbst 1998

Variante	Summe aller Beobachtungen 23.9. – 19.10.98		TuYV Infektion in %		Ertrag t/ha
	alle Läuse	nur alate	Herbst 1998	Frühjahr 1999	
Thiram	329	52	10,8	8,6	4,08
Isofenphos	371	61	10,0	8,5	3,87
Stroh	403	59	0,0	0,9	4,16
PONCHO	122	49	2,5	1,6	4,13
CHINOOK	218	49	5,0	7,3	3,96

Tab. 3 Durchschnittliche Anzahl Blattläuse je Pflanze, TuYV Infektion im Herbst und Frühjahr und Rapsertag nach verschiedenen Behandlungen im Herbst 1999

Variante	Anzahl Blattläuse je Pflanze			TuYV Infektion in %		Ertrag t/ha
	alle Läuse	nur alate	Alle Läuse	Herbst 1999	Frühjahr 2000	
	14.9. - 12.10.99		30.11.99			
Thiram	3,83	0,11	3,95	85	91	3,73
Isofenphos	2,93	0,22	5,68	77	88	3,80
Stroh	0,84	0,08	5,95	54	87	3,97
PONCHO	0,28	0,10	0,23	45	66	3,78
CHINOOK	1,54	0,19	3,50	67	92	3,89

In den beiden Untersuchungsjahren, in denen die Saatgutbehandlung mit Isafenphos plus Thiram mit der nur fungiziden Thiram-Behandlung verglichen werden konnten (Tab. 2, 3), war der Blattlausbefall beider Varianten nicht verschieden. Dagegen zeigte sich bei der Saatgutbehandlung mit Imidacloprid eine mit der Dosis korrelierte Wirkung mit höherer Wirkung von PONCHO im Vergleich zu CHINOOK (Tab. 2 bis 4).

Die Pyrethroid Spritzung im Jahr 2000 hatte dagegen fast keine Reduktion der Blattläuse zur Folge (Tab. 4), obwohl die auch im Versuch erfasste Anzahl an Rapserrdflohlarven gegenüber allen anderen Varianten deutlich reduziert wurde. Das Ausbringen der dünnen Strohmulchschicht war ähnlich wirksam wie die hohe Dosierung von Imidacloprid (PONCHO) im Herbst 1999 und 2000. Später im Verlauf des Herbstes stiegen die Blattlauszahlen in der gemulchten Variante dann aber stärker an (Tab. 3, 4). Die Wirkung des Strohmulchs ist 1998 bei der nur geringen Anzahl Blattläuse nicht erkennbar (Tab. 2).

In den Großparzellen des Jahres 2000 standen nur etwa 11 Pflanzen je m Reihe im Gegensatz zu etwa 16 Pflanzen je m in Kleinparzellen auf demselben Feld. In den Großparzellen wurden deutlich mehr Blattläuse gefunden als in den Kleinparzellen (Tab. 4, Abb. 1).

Tab. 4 Durchschnittliche Anzahl Blattläuse je Pflanze in Kleinparzellen (etwa 50 m²) bzw. Großparzellen (etwa 1000 m²) auf demselben Feld nach verschiedenen Behandlungen im Herbst 2000

Variante	Kleinparzellen, 2000			Großparzellen, 2000		
	11. - 29.9.	23.10.	20. - 29.11.	11. - 29.9.	23.10.	20. - 29.11.
Isafenphos	0,57	0,61	3,28	1,39	5,35	1,97
Stroh	0,16	1,23	4,98	0,32	0,88	3,63
PONCHO	0,09	0,00	0,62	0,28	0,63	0,33
CHINOOK	0,16	1,50	1,10	-	-	-
Pyrethroid	0,52	0,66	3,15	-	-	-

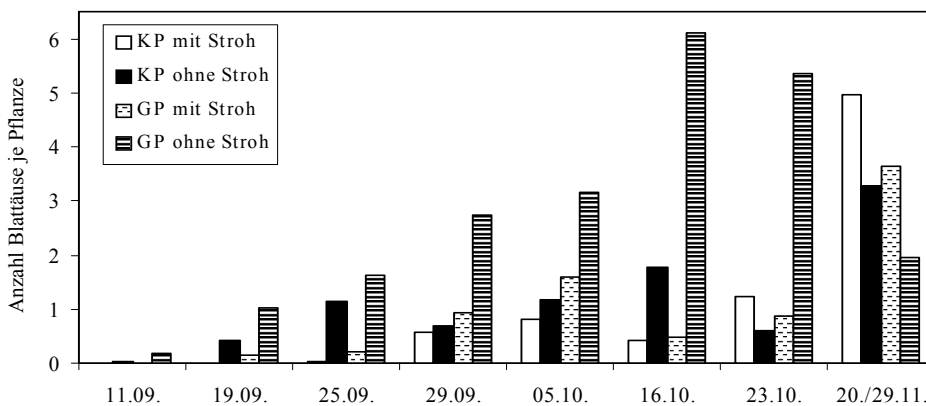


Abb. 1 Anzahl Blattläuse je Pflanze in Klein- (KP) bzw. Großparzellen (GP) auf demselben Feld mit bzw. ohne Strohmulch in 2000.

Entsprechend wurden in den Großparzellen auch mehr anfliegende Läuse in Klebefallen gefangen (Tab. 5). 1999 und 2000 wurden deutlich weniger alate Blattläuse in Klebefallen in gemulchten Parzellen gefangen als in ungemulchten (Tab. 5). Diese Unterschiede nahmen im Laufe des Herbstes mit zunehmender Deckung des Bodens durch den Raps ab (Tab. 5). Die Unterschiede zwischen gemulchten und ungemulchten Isafenphos behandelten Parzellen waren in den Großparzellen des Jahres 2000 deutlicher erkennbar als in den Kleinparzellen.

Tab. 5 Durchschnittliche Anzahl alater Blattläuse je Klebefalle (0,5 m²) nach Saatgutbehandlung mit Isofenphos in Parzellen mit bzw. ohne Strohmulch

Jahr	1998		1999		2000		2000	
	Kleinparzellen		Kleinparzellen		Kleinparzellen		Großparzellen	
Zeitraum	15.9. - 04.10.	04.10. - 18.11.	03.9. - 20.9.	20.9. - 15.10.	04.9. - 28.9.	28.9. - 26.10.	04.9. - 28.9.	28.9. - 26.10.
Anz. Beobacht.	7	7	6	5	8	8	8	8
mit Stroh	0,61	0,18	1,21	6,50	1,22	3,78	0,75	3,79
ohne Stroh	0,36	0,18	3,04	8,65	1,66	4,78	3,42	7,42

In den Untersuchungsjahren wurden am Raps hauptsächlich *Myzus persicae* und *Brevicoryne brassicae* gefunden, wobei *M. persicae* 1999 und 2000 stärker vertreten war als *B. brassicae* (Tab. 6, 7). 1998 wurde die Artenzusammensetzung nicht bestimmt. Die Artenzusammensetzung unterschied sich zwischen den Varianten leicht. An Terminen mit hoher Blattlausdichte war in der Regel *M. persicae* in gemulchten Parzellen im Vergleich zu ungemulchten deutlicher reduziert als *B. brassicae* (Tab. 6, 7).

Tab. 6 Anzahl imaginaler *Brevicoryne brassicae* bzw. *Myzus persicae* je 10 Pflanzen an den Sammelterminen 12.10.99 und 30.11.99 nach verschiedenen Behandlungen im Herbst 1999

Variante	12.10.1999				30.11.1999			
	<i>B. brassicae</i>		<i>M. persicae</i>		<i>B. brassicae</i>		<i>M. persicae</i>	
	alat	apter	alat	apter	alat	apter	alat	apter
Thiram	0	30	1	34	0	0	10	10
Isofenphos	0	13	2	33	0	2	3	22
Stroh	0	20	1	6	0	1	2	19
PONCHO	0	0	2	5	0	0	0	2
CHINOOK	1	16	0	16	0	0	4	16

Tab. 7 Anzahl alater *Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae* und anderer Blattlausarten (nur alate wurden determiniert) je 25 Pflanzen im Durchschnitt von 4 Sammelterminen vom 11.9. – 29.9.00 in Kleinparzellen (etwa 50 m²) bzw. von 3 Terminen vom 11.9. - 25.9.00 in Großparzellen (etwa 1000 m²) auf demselben Feld nach verschiedenen Behandlungen im Herbst 2000

Variante	Kleinparzellen			Großparzellen		
	<i>B. brassicae</i>	<i>M. persicae</i>	Andere	<i>B. brassicae</i>	<i>M. persicae</i>	Andere
Isofenphos	2	6	1	8	43	9
Stroh	2	6	2	7	11	10
PONCHO	0	9	0	5	23	6
CHINOOK	2	7	2	-	-	-
Pyrethroid	3	8	0	-	-	-

Der im späten Herbst oder Frühjahr ermittelte Virusinfektionswert scheint mit der Anzahl der Blattläuse je Pflanze korreliert zu sein. Daher hatten Maßnahmen mit besserer Blattlauswirkung auch geringere Virusinfektionswerte zur Folge (Tab. 2, 3, 9). Der Anteil viruskranker Pflanzen war daher auch in gemulchten Varianten niedriger als in ungemulchten und lag in etwa auf demselben Wirkungsniveau wie die Saatgutbehandlung mit PONCHO bei den Virusbestimmungen aus dem Herbst 1999 und 2000 (Großparzellen). Bei den im Frühjahr 2000 und 2001 ermittelten Viruswerten waren die Pflanzen aus gemulchten Parzellen aber etwas stärker infiziert als die aus der PONCHO Variante.

Die positive Wirkung des Mulchens auf die Virusinfektion war in den Großparzellen deutlicher als in den Kleinparzellen, analog zur besseren Blattlausreduktion durch Mulch (Tab. 10). Die Erträge der verschiedenen Varianten unterschieden sich in allen Jahren nur geringfügig voneinander (Tab. 2, 3, 8).

Tab. 8 Rapsenertrag in Kleinparzellen (etwa 50 m²) bzw. Großparzellen (etwa 1000 m²) auf demselben Feld nach verschiedenen Behandlungen im Herbst 2000

Variante	Kleinparzellen 2000	Großparzellen 2000
	Ertrag in t/ha	Ertrag in t/ha
Isofenphos	29,6	33,9
Stroh	29,3	34,3
PONCHO	29,8	33,6
CHINOOK	30,9	-
Pyrethroid	30,2	-

Tab. 9 TuYV Infektionsrate und Wirksamkeit (im Vergleich zur Saatgutbehandlung mit Isofenphos) in Kleinparzellen (etwa 50 m²) und Großparzellen (etwa 1000 m²) auf demselben Feld nach verschiedenen Behandlungen im Herbst 2000

Variante	Kleinparzellen Dezember 2000		Großparzellen			
	TuYV in %	Wirksamkeit in %	Dezember 2000		April 2001	
			TuYV in %	Wirksamkeit in %	TuYV in %	Wirksamkeit in %
Isofenphos	55,8 a	-	85,2 a	-	91,9 a	-
Stroh	36,0 b	-35,5	41,7 c	-51,1	49,5 b	-46,1
PONCHO	36,4 b	-33,8	63,0 b	-26,1	60,0 b	-34,7
CHINOOK	46,0 ab	-17,6	-	-	-	-
Pyrethroid	49,9 ab	-10,6	-	-	-	-

Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (t-test, Kleinparzellen; Tuckey, Großparzellen, Herbst 2000; Kruskal-Wallis, Großparzellen, Frühjahr 2001; $p < 0,05$).

Die TuYV Infektion der Rapspflanzen, die im Herbst 2000 in Großparzellen mit PONCHO bzw. Strohmulch gesammelt worden waren, zeigten bei den Pflanzen, die in etwa 3 m Entfernung von Flächen mit hohen Blattlauszahlen (Isofenphos ohne Stroh und umgebende Rapsfläche) höhere Infektionsraten als die Pflanzen, die mit mindestens 15 m Abstand von diesen "unbehandelten" Flächen stammten (Tab. 10). Im Frühjahr 2001 wurden Pflanzen für den Virusnachweis alle 2 m auf einer Linie quer von einer Seite des Versuchs zur anderen gesammelt.

Die Viruswerte wurden über die 3 Wiederholungen je nach Entfernung zu "unbehandelten" Flächen gemittelt. Für die PONCHO-Variante ergab sich eine signifikante Beziehung zwischen zunehmender Wirkung der Behandlung und größerer Entfernung von "unbehandelten" Flächen ($y = 84 - 1,84 x$, $r = 0,818$) (Abb. 2). Für Stroh wurde eine ähnliche Beziehung gefunden, die aber wegen hoher Variabilität der Daten nicht signifikant war ($y = 60,7 - 0,92 x$, $r = 0,444$).

Tab. 10 Durchschnittliche TuYV Infektionsrate im Herbst in 3 m Abstand zu benachbarten Rapsflächen ohne Blattlaus-wirksame Behandlungen bzw. mit mindestens 15 m Abstand von solchen Flächen in Großparzellen (etwa 1000 m²) nach verschiedenen Behandlungen im Dezember 2000

Variante	Sammelort	TuYV in %	
Stroh	no. = 5, nicht benachbart (>15m)	33,3	nicht sign.
	no. = 4, benachbart (3m)	52,1	
PONCHO	no. = 5, nicht benachbart (>15m)	55,0	nicht sign.
	no. = 4, benachbart (3m)	72,9	

Zusammengefasste Daten aus Stroh und PONCHO mit signifikanten Unterschieden zwischen benachbart / nicht benachbart (Bonferroni-Anpassung, $p < 0,05$ nach ANOVA)

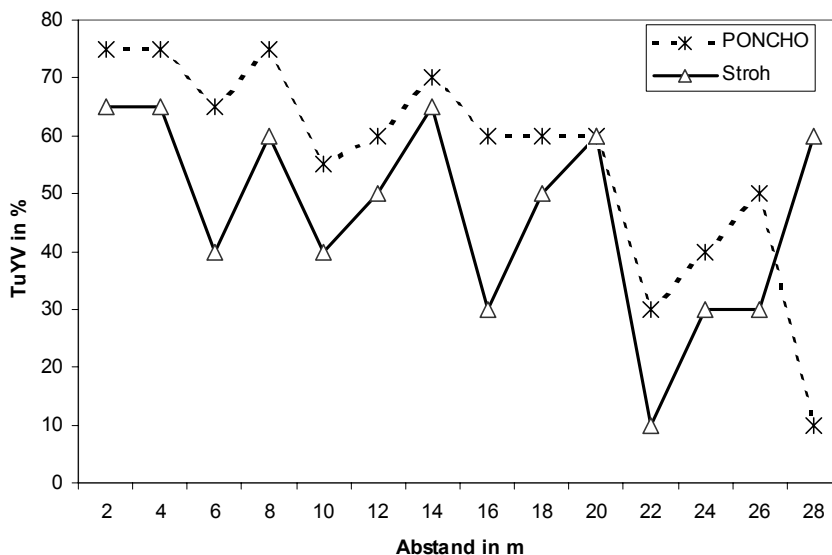


Abb. 2 TuYV infizierte Rapspflanzen im Frühjahr je nach Abstand zu Rapsflächen ohne Blattlaus-wirksame Behandlung in der Durchschnitt der Stroh- bzw. PONCHO-Parzellen.

Diskussion

Eine breite Wirksamkeit des Wirkstoffs Imidacloprid insbesondere auf Blattlausarten ist aus vielen Kulturen bekannt (LEICHT, 1996). Beide Dosierungen von Imidacloprid in den Mitteln PONCHO und CHINOOK sind im Vergleich zur Anwendung des Wirkstoffs in anderen Kulturen relativ niedrig (z. B. sind in Zuckerrüben bis zu etwa 100 g Wirkstoff je ha zugelassen im Vergleich zu unter 50 g je ha bei PONCHO, bei 4 kg Raps-Saatgut je ha).

Die relativ niedrige Dosierung von PONCHO (10 g/kg Saatgut) ist wohl auch die Erklärung dafür, dass in den Versuchen fast immer Blattläuse gefunden wurden und dass auch eine Vermehrung im Bestand auftrat. Bei der reduzierten Wirkstoffmenge in CHINOOK war daher in den Versuchen auch fast keine Wirkung mehr feststellbar.

Bei Isofenphos konnte keinerlei Blattlauswirkung festgestellt werden, was auch bei der nicht systemischen Wirkungsweise von diesem Wirkstoff zu erwarten ist (PERKOW & PLOSS, 1999). Das nach Auflauf gespritzte Pyrethroid war nicht wirksam gegen die Blattläuse, obwohl Rapsredflohlarven (*Psylliodes chrysocephala*) im selben Versuch (HEIMBACH, unveröffentlicht) gut kontrolliert wurden. Dies könnte daran liegen, dass die Blattläuse hauptsächlich an der Blattunterseite auftreten und somit die Exposition zu gespritzten Wirkstoffen mit Kontaktwirkung wie bei Pyrethroiden nur gering ist.

Ein Grund für die geringeren Blattlauszahlen in der gemulchten Variante könnte ein vermehrtes Auftreten von Antagonisten in gemulchten Flächen sein, da mehr Antagonisten in gemulchten Flächen nachgewiesen wurden (HEIMBACH et al. 1997).

Ursachen könnten aber auch eine verschlechtere Vermehrung der Läuse durch veränderte Pflanzenqualität in gemulchten Varianten sein (NOZON, 1990) oder optische Einflüsse auf anfliegende Blattläuse, die zu einer geringeren Abundanz an den Pflanzen führen könnten. Farben (MOERICKE, 1952) oder Einflüsse sind wichtige Regulationsfaktoren für die Wirtsfindung besiedelnder Blattläuse (NOTTINGHAM & HARDIE, 1993).

Auch Kontraste zwischen dem Boden als Hintergrund und der Pflanze können für die Orientierung von Bedeutung sein (MÜLLER, 1964, SMITH, 1976). Es ist auch bekannt, dass unhomogene Bestände, so wie z. B. die Großparzellen des Jahres 2000 in den eigenen Versuchen, üblicherweise stärker mit Blattläusen besetzt sind als ein homogener Pflanzenbestand (MÜLLER, 1957).

Die in den Versuchen im Raps gefundene reduzierende Wirkung des Mulchens auf die Anzahl anfliegender Blattläuse, die Anzahl der Blattläuse im Bestand und den Anteil virusinfizierter Rapspflanzen, wird durch Befunde aus anderen Kulturen wie Ackerbohnen und Kartoffel bestätigt (EGGERS et al. 2001, im Druck; FINCH & EDMONDS, 1994; HEIMBACH et al. 1997, 2001a, b, im Druck; JONES, 1994; KENDALL et al. 1991; WYMAN et al. 1979). Dabei kann sicher der reduzierte Anflug durch geflügelte Blattläuse als wichtiger Grund für den reduzierten Blattlaus- und Virusbesatz in den gemulchten Parzellen angesehen werden, da in den meisten Fällen sowohl die Anzahl anfliegender als auch siedelnder Blattläuse reduziert war.

Die Reduzierung der Blattlauszuflugs war zumeist dann am stärksten, wenn die Kultur den Boden noch nicht deckte, d. h. so lange noch Kontraste zwischen Boden und Pflanze erkennbar waren. Dies könnte auch die stärkere und länger anhaltende Reduzierung des Anfluges in den gemulchten Großparzellen mit lückigem Bestand im Vergleich zum homogenen Bestand in den Kleinparzellen erklären.

Die stärkere Beeinflussung von *Myzus persicae* durch das Mulchen im Vergleich zu *Brevicoryne brassicae* könnte daran liegen, dass Blattläuse flüchtige Bestandteile der Wirtspflanze erkennen können (NOTTINGHAM & HARDIE, 1993; NOTTINGHAM et al. 1991) und dass solche Wirtspflanzengerüche sicher eher von wirtsspezifischen Blattlausarten wie *B. brassicae* erkannt werden können als von polyphagen Arten wie *M. persicae*.

Allerdings können auch Antagonisten der Blattläuse die Abundanz im Bestand zusätzlich beeinflusst haben, zumal bekannt ist, dass z. B. Staphyliniden und Spinnen durch Mulch gefördert werden können (HEIMBACH et al. 1997). Die Anbaumethode einer Kultur (z. B. Nutzung von Mulchen, Vermeidung von Inhomogenität) kann also Möglichkeiten bieten, den Blattlausbefall und den darauf folgenden Virusbesatz in einer Kultur zu reduzieren und sollte daher im integrierten Pflanzenschutz mehr Beachtung finden.

Die TuYV Infektionswerte korrelierten mit der Anzahl aufgefundener Blattläuse, was auch bei einem persistent übertragbaren Virus zu erwarten ist. In zwei Jahren wurden höhere Werte im Frühjahr als im Herbst festgestellt. Beide Jahre waren durch einen milden Herbst und Winter geprägt, der eine lange Aktivitätszeit der Blattläuse zuließ. In allen drei Jahren wurde keine Beziehung zwischen Virusinfektion und Ertrag festgestellt, obwohl teils deutlich unterschiedliche Infektionswerte zwischen den Varianten auftraten und andere Schadinsekten nicht so erkennbar verschieden stark auftraten (HEIMBACH, unveröffentlicht), als dass sie evtl. Ertragsunterschiede durch die Virusinfektion hätten kompensieren können. Eine Ertragsbeeinflussung des Rapses durch das TuYV, wie durch GRAICHEN & SCHLIEPHAKE (1996) beschrieben, scheint daher nur in spezielle Situation aufzutreten.

Im Jahr 2000 hatte der Abstand der Probenahmestellen vom Parzellenrand einen deutlichen Einfluss auf die gemessenen Virusinfektionswerte. Die höheren Virusinfektionswerte bei Nachbarschaft zu unbehandelten Arealen lassen sich nur durch Einwandern von Blattläusen aus diesen Bereichen heraus erklären. Kleinparzellen sind also nicht immer geeignet, realistische Vorhersagen zur Wirksamkeit von Insektiziden auf virusübertragende Blattläuse zu treffen, da es bedeutende Nachbarschaftseffekte von unbehandelten Arealen auf der Versuchsfläche gibt.

Dabei dürfte die Bedeutung einer ausreichenden Parzellengröße von der Dauer der Aktivitätsphase der Virusüberträger und der Dauer der Zeit zwischen Behandlung und Messung der Virusinfektion abhängen. Feldversuche sollten daher im Hinblick auf eine ausreichende Parzellengröße stärker unter Berücksichtigung von möglichen Nachbarschaftseffekten zwischen Parzellen mit guter Wirksamkeit und Flächen ohne oder mit schlechter Wirksamkeit hin geplant werden.

Zusammenfassung

Im Herbst wird der Winterraps vor allem durch *Myzus persicae* und *Brevicoryne brassicae* besiedelt. Beide Arten übertragen das Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV), das zu Ertragsreduktion im Raps führen kann. Dreijährige Feldversuche zur Klärung der Möglichkeiten der Verminderung der Blattlauszahlen und einer damit einhergehenden Virusinfektion des Rapses lassen sowohl eine Nutzung von Mulchverfahren (100 bis 200 g Stroh je m²) als auch eine Saatgutbehandlung mit PONCHO (β -Cyfluthrin 2 gAS + Imidacloprid 10 gAS/kg Saatgut) als ähnlich wirksam und nutzbar erscheinen, wobei die Saatgutbehandlung eine längere Wirkungsdauer auf die Läuse hatte. Saatgutbehandlung mit Isofenphos (16 gAS/kg Saatgut) hatte keine Wirkung auf Blattläuse oder Virusbefall, CHINOOK (2 gAS β -Cyfluthrin plus 2 gAS Imidacloprid/kg Saatgut) hatte nur geringe Wirkung. Die Ursache für die geringen Blattlauszahlen in gemulchten Parzellen ist das veränderte Besiedlungsverhalten der geflügelten Blattläuse, das sich auch in geringeren Fangzahlen alater Blattläuse in Klebefallen zeigte. Die Virusinfektionsrate korrelierte mit der Anzahl der Blattläuse im Bestand. Der Virusbefall hatte aber in keinem der 3 Jahre einen Einfluss auf den Ertrag, obwohl deutlich verschiedener Virusbefall in den Prüfvarianten nachgewiesen wurde.

In einem Versuchsjahr wurden die Wirkungen einiger Prüfvarianten in Großparzellen (etwa 1000 m² je Parzelle) untersucht. Dabei zeigten sich verringerte Wirksamkeiten bei Nachbarschaft zu Flächen, in denen keine Blattlausreduktion auftrat, bis mehrere Meter weit in Parzellen mit wirksamer Reduktion der Blattläuse hinein. So lag z. B. die Virusinfektionsrate in den PONCHO Parzellen nur wenige Meter entfernt von unbehandelten Arealen bei etwa 80%, mehr als 20 Meter weg von solchen Arealen lag sie dagegen nur noch bei etwa 40%.

Summary

Aphids, mainly *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae*, can colonise oil seed rape in autumn. They can transmit Turnip yellows virus (TuYV) disease to rape, which can affect the yield in certain situations. Therefore field experiments were carried out for several years, in which different methods were used to reduce aphid numbers. Aphid numbers and TuYV infection rates in autumn were reduced by straw mulch or seed treatment with PONCHO (β -cyfluthrin 2 g a.i. + imidacloprid 10 g a.i./kg seed) to a similar degree, but the effect of PONCHO lasted longer. Seed treatment with isofenphos (16 g a.i./kg seed) had no effect on aphid number and virus infection, whereas seed treatment with CHINOOK (2 g a.i. β -cyfluthrin plus 2 g a.i. imidacloprid/kg seed) reduced aphid numbers and virus infection only slightly. The reason for lower aphid numbers in mulched plots seems to be an altered settling behaviour of aphids as the number of trapped alate aphids indicate. The degree of virus infection was correlated to a certain degree with the number of aphids counted in the plots. Yield was not influenced in the trials though different aphid/virus infections were reached.

In one year aphid and TuYV infection were analysed in small plots (approx. 50 m² per plot) parallel to larger plots (approx. 1000 m² per plot). Results show that control and other untreated areas neighbouring the experimental area influence the degree of virus infection in treated plots for several meters. Thus virus infection rates in e.g. PONCHO treated plots near to untreated areas were about 80% whereas in 20 m distance they were only about 40%.

Danksagung

Herr Dr. K. GRAICHEN (BAZ Aschersleben) hat dankenswerterweise den ELISA durchgeführt. Frau BUSCH, Frau IONASCU, Herr HEINKE und andere Mitarbeiter haben unermüdlich Blattläuse von Pflanzen und Klebefallen gesammelt.

Literatur

- EGGERS, C. und U. HEIMBACH, 2001 (im Druck): Reduzierung des Blattlausbefalls durch Mulchsaatverfahren in Ackerbohne. Mitt. dtsh. Ges. allg. Entomologie.
- FINCH, S. and G.H. EDMONDS, 1994: Undersowing cabbage crops with clover - the effects on pest insects, ground beetles and crop yield. IOBC/WPRS Bull. **17**(8), 159 - 167.
- GRAICHEN, K. und E. SCHLIEPHAKE, 1996: Auftreten, Symptome und Vektoren des Wasserrübenvergilbungsvirus (Syn. Westliches Rübenvergilbungsvirus) am Winterraps. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **48**, 186 - 191.
- HEIMBACH, U., KNOLLE, B., SOKOLOWSKI, A. und V. GARBE, 1997: Einfluss von Direktsaat-/Mulchverfahren auf räuberische Arthropoden in und auf dem Boden. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin Dahlem **232**, 145 - 154.
- HEIMBACH, U., EGGERS, C. und T. THIEME, 2001a (im Druck): Effect of mulch on settlement and population of aphids in some arable crops. Proceeding of the Sixth International Symposium on Aphids, September 2001.
- HEIMBACH, U., C. EGGERS und T. THIEME, 2001b (im Druck): Optische Beeinflussung von Blattläusen durch Strohmulch? Mitt. dtsh. Ges. allg. Entomologie
- JONES, R.A.C., 1994: Effect of mulching with cereal straw and row spacing on spread of bean yellow mosaic potyvirus into narrowleafed lupins (*Lupinus angustifolius*). Ann. Appl. Biol. **124**, 45 - 58.
- KENDALL, D.A., CHINN, N.E., SMITH, B.D., TIDBOALD, C., WINSTONE, L. and N.M. WESTERN, 1991: Effects of straw disposal and tillage on spread of barley yellow dwarf virus in winter barley. Ann. appl. Biol. **119**, 359 - 364.
- LEICHT, W., 1996: Imidacloprid – ein Chloronicotyl-Insektizid: Biologische Aktivität und landwirtschaftliche Bedeutung. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **49**, 71 - 86.
- MOERICKE, V., 1950: Über das Farbsehen der Pfirsichblattlaus (*Myzodes persicae* SULZ.). Z. Tierpsych. **7**, 265 - 274.
- MOERICKE, V., 1952: Farben als Landereize für geflügelte Blattläuse (Aphidoidea). Z. Naturforsch. **7b**, 304 - 309.
- MÜLLER, H.J., 1957: Über die Entwicklung erhöhten Randbefalls von Ackerbohnen-Beständen durch *Aphis fabae* Scop. Z. für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz **64**, 593 - 599.
- MÜLLER, H.J., 1964: Über die Anflugdichte von Aphiden auf farbige Salatpflanzen. Ent. exp. & appl. **7**, 85 - 104.
- NEITZEL, K. und H.J. MÜLLER, 1959: Erhöhter Virusbefall in den Randreihen von Kartoffelbeständen als Folge des Flugverhaltens der Vektoren. Ent. exp. & appl. **2**, 27 - 37.
- NOTTINGHAM, S.F. and J. HARDIE, 1993: Flight behaviour of the black bean aphid, *Aphis fabae*, and the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*, in host and non-host plant odour. Physiol. Entomol. **18**, 389 - 394.
- NOTTINGHAM, S.F., HARDIE, J., DAWSON, G.W., HICK, A.J., PICKETT, J.A., WADHAMS, L.J. and C.M. WOODCOCK, 1991: Behavioural and electrophysiological response of aphids to host and non-host plant volatiles. Journal of Chemical Ecology **17**, 1231 - 1242.
- NOZON, S., 1990: Untersuchungen zur Konkurrenz von *Aphis fabae* Scopoli und *Acyrtosiphon pisum* (Harris) und zur Beeinflussung ihrer Wirtspflanze *Vicia faba* L. (Homoptera: Aphididae). Diplomarbeit Universität Rostock, 36 S.
- PERKOW, W. und H. PLOSS, 1999: Isofenphos. in: Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Parey Buchverlag, 3. Ergänzungslieferung zur 3. Aufl.
- SCHLIEPHAKE, E., GRAICHEN, K. and F. RABENSTEIN, 2000: Investigations on the vector transmission of the Beet mild yellowing virus (BMV) and the Turnip yellows virus (TuYV). Journal of Plant Diseases and Protection **107**, 81 - 87.
- SMITH, J.G., 1976: Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects on Brussels sprouts. Ann. Appl. Biol. **83**, 1 - 13.
- WYMAN, J.R., TOSCANO, N.C., KIDO, K., JOHNSON, H. and K.S. MAYBERRY, 1979: Effects of mulching on the spread of aphid-transmitted watermelon mosaic virus to summer splash. J. Econ. Entomol. **72**, 139 - 143.

Diagnose-Techniken zum Nachweis pflanzenpathogener Mikroorganismen

Diagnosis techniques for the detection of plant pathogenic micro-organisms

Frank Niepold

Die Diagnose pflanzenpathogener Mikroorganismen spielt im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes und der geplanten reduzierten Pflanzenschutzmittelnanwendung eine immer größer werdende Rolle, weil damit nicht nur Pflanzgut auf seine Anfangsinfektion mit pflanzenpathogenen Mikroorganismen untersucht werden, sondern auch die Resistenzprüfung von neugezüchteten Kulturpflanzen besser überwacht werden kann, da Latenzen mit Sichtbonituren nicht erkannt werden können.

Die Verwendung von polyklonalen Antikörpern zur Diagnose von Mikroorganismen in der Pflanzenpathologie ist weit verbreitet (MILLER & JOAQUIM, 1994). Polyklonale Antikörper werden für gewöhnlich in Säugetieren in unkomplizierter Weise produziert, wenn ein Antigen (wie z. B. Viren, Bakterien oder zerkleinertes Pilzmyzel) den Tieren verabreicht wird. Allerdings haben polyklonale Antikörper den Nachteil, dass sie weniger spezifisch sind, d. h. dass sie mit nahe verwandten Mikroorganismen kreuz reagieren können. Beispiele der Anwendung polyklonaler Antikörper sind im Ackerbau kartoffelpathogene Viren (z. B. PVY-Viren, WEIDEMANN, 1998), Pilze (z. B. *Phytophthora infestans*, SCHÖBER-BUTIN, 1998) oder Bakterien (z. B. *Erwinia* ssp. BDLA et al. 1995). Spezifischer dagegen sind die sogenannten monoklonalen Antikörper, die aber mit einem höheren Aufwand (Zellkulturen) produziert werden müssen und demzufolge auch wesentlich teurer sind. Gentechnisch lassen sich diese monoklonalen Antikörper in großen Mengen dann preiswert herstellen, wenn die kodierende DNA Sequenz für die Antikörper bekannt ist. Antikörper bestehen aus den variablen Domänen der „leichten“ und „schweren“ Proteinketten, welche die eigentliche Erkennung des Antigens durchführen.

Da aber für eine serologische Reaktion nur Teile dieser Proteinketten notwendig sind, wurde gentechnisch nur diejenige DNA verwendet, die für die Serologie wichtigen Teile dieser variablen Ketten der monoklonalen Antikörper kodieren. Diese künstlichen Antikörper nennt man „Single Chain Variable Fragments (SCVF)“ und diese fungieren genau so gut, wie die ursprünglichen monoklonalen Antikörper (SMANT et al. 1999). Das DNA Fragment für die künstlichen Antikörper kann nun entweder in ein Bakterium transferiert werden, um so preiswert diese SCVF für diagnostische Zwecke zu produzieren, oder aber direkt in Nutzpflanzen, wo die SCVF zur Bekämpfung von pflanzenpathogenen Pilzen bereits mit Erfolg eingesetzt wurden (HARPER & ZIEGLER, 1999).

Antikörper können entweder direkt zur Agglutination von pflanzenpathogenen Bakterien und Pilzen auf Glas-Objektträgern verwendet werden, oder im sogenannten Immunofluoreszenz-Test. Dabei erscheinen unter dem Fluoreszenzmikroskop die mit den Antikörpern reagierenden Mikroorganismen in verschiedenfarbigem Licht, da die Antikörper zuvor mit einem fluoreszenten Farbstoff markiert worden sind. Diese Methode ist zwar empfindlich, weil einzelne Zellen im Mikroskop sichtbar werden, es wird aber viel Zeit in Anspruch genommen, da einzelne Sichtfelder im Mikroskop nach fluoreszierenden Zellen abgesucht werden müssen.

Serologische Nachweisverfahren werden immer dann eingesetzt, wenn es gilt, große Mengen an Proben zu testen. Deshalb wird der sogenannte „Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay“ (ELISA) wegen seines geringen Zeitaufwandes und dem hohen Probendurchsatz gern dafür verwendet. Bei dieser Methode sind Antikörper an Vertiefungen einer Plastikplatte adsorbiert, welche die pflanzenpathogenen Mikroorganismen (Pilze, Bakterien und Viren) aus einem Pflanzenextrakt „herausfischen“, bedingt durch ihre Spezifität.

In einem weiteren Schritt läßt man die identischen Antikörper, diesmal mit einem Indikator-Enzym markiert, mit den adsorbierten Mikroorganismen reagieren. Das Vorhandensein des gesuchten Mikroorganismus wird durch eine Farbreaktion angezeigt, die vom sogenannten „ELISA-Reader“ optisch quantifiziert wird (Sandwich-ELISA). Allgemein liegt der Vorteil des ELISA's in der seriellen Testung von Pflanzenmaterial zu relativ geringen Kosten (z. B. Virustestungen). Allerdings ist die Nachweisempfindlichkeit ziemlich gering, weshalb mit diesem Test auch keine niedrigen Zellzahlendichten oder Latenzen in Pflanzen nachweisbar sind. Mikroorganismen können auch direkt im „Tissue Printing“ Verfahren sichtbar gemacht werden, indem Pflanzengewebe einfach auf Nitrocellulose

oder Nylon aufgepresst wird. Die pflanzenpathogenen Mikroorganismen werden dann mit ihren spezifischen Antikörpern nachgewiesen, die mit Enzymen markiert sind. Meist werden die Enzyme Phosphatase oder Peroxidase verwendet, die eine Farbreaktion an Orten ihrer Reaktion bewirken, so dass eine genaue Lokalisation des Pathogens im Pflanzengewebe möglich ist. Allerdings muss eine hohe Anzahl von Mikroorganismen vorliegen, damit die Antikörperreaktion auch sichtbar wird.

Biochemische Nachweisverfahren werden auch in der Pflanzenpathologie zur Diagnose eingesetzt. So werden neben der herkömmlichen „Bunten Reihe“, bei der chemische Indikatoren eine Unterscheidung der pflanzenpathogenen Mikroorganismen ermöglichen, auch Gelelektrophoresen mit Polyacrylamid-, Zellulose-Azetat- oder Stärkegelelen zum Nachweis und zur Größendifferenzierung verwendet. Dabei lassen sich nahe verwandte Zielorganismen durch ihr Enzym- oder Proteinmuster nach einem Gellauf unterscheiden (UNRUH & WOOLEY, 1999). Diese Methode ist sehr zeitaufwendig und eignet sich, wegen der begrenzten Probenanzahl pro Gel, nur bedingt zu Routinetests. Die allerdings nachhaltigste Neuerung im Nachweis pflanzenpathogener Mikroorganismen stellt die Polymerase Ketten Reaktion (PCR) dar. Diese Technik basiert auf dem Nachweis von DNA und wird wegen ihrer einfachen Handhabung zur Diagnose immer beliebter. Bei der PCR wird ein kleines DNA-Fragment des pflanzenpathogenen Zielorganismus amplifiziert (vermehrt). Dazu ist es erforderlich, dass die Nukleotid-Reihenfolge (DNA-Sequenz) der Ziel-DNA des Mikroorganismus bekannt ist, was durch eine DNA-Sequenzierung erreicht wird. Dabei sollte die ausgesuchte DNA-Sequenz erregerspezifisch sein, um so Kreuzreaktionen mit ähnlichen Mikroorganismen zu vermeiden, wie z. B. bei *Phytophthora infestans* und *Phytophthora erythroseptica* (NIEPOLD & SCHÖBER-BUTIN, 1999).

Ein Paar von kurzen DNA-Einzelsträngen wird synthetisiert, die komplementär zur Mikroorganismen-DNA (Matritze) sind. Es handelt sich dabei um die sogenannten Primer, die für gewöhnlich eine Länge von ca. 18 - 20 DNA-Bausteinen (Nukleinsäuren) haben. Die beiden Primer markieren den Startpunkt der DNA-Amplifizierung, da sie sich an dem jeweils komplementären DNA-Strang der Mikroorganismen-DNA anlagern und an dieser Stelle einen Doppelstrang bilden. Diese Phase wird „Annealing“ genannt, die bei einer für die Primer spezifischen Temperatur abläuft und ein Startsignal für das temperaturunempfindliche Enzym „Taq-DNA-Polymerase“ darstellt. Die vier Nukleinsäuren Adenin Thymin, Guanin und Cytosin werden mit diesem Enzym bei einer Temperatur von 72 °C gemäß der Vorgabe der Matritzen-DNA aufgefüllt und somit ein neuer Doppelstrang *in vitro* in einem Reaktionsgefäß synthetisiert. Damit die Matritzen-DNA dann wieder als Einzelstrang vorliegt, findet eine Denaturierung bei 94 °C statt. Danach setzen die Primer bei ihrer spezifischen Annealingtemperatur (z. B. 55 °C) den Startpunkt für eine Neusynthese von DNA. Diese zur Neusynthese von DNA erforderlichen Temperaturveränderungen werden automatisch vom sogenannten „Themozykler“ durchgeführt.

Die Stationen Denaturierung, Annealing und Synthese werden als Zyklen bezeichnet und eine gewöhnliche PCR ist nach 45 Zyklen beendet. Am Ende einer PCR sind im günstigsten Fall 245 Kopien vorhanden, bei einer ursprünglich als ein einziger Doppelstrang vorliegender Ziel-DNA. Das neu amplifizierte DNA-Fragment kann dann im Agarosegel gelelektrophoretisch nach seiner Größe aufgetrennt werden, die von vornherein durch die DNA-Sequenzierung bestimmt ist. Mit der PCR erzielt man vornehmlich qualitative Ergebnisse. Eine Quantifizierung ist aber auch möglich, wenn ein interner Standard mit verwendet wird, dessen vorgegebene Konzentration visuell mit dem amplifizierten DNA-Fragment verglichen werden kann. Der PCR-Test ist vor allem beim Nachweis von geringen Infektionsdichten (Latenzen, Nachweis von Quarantäneerregern) gut als Routineverfahren geeignet. So kann z. B. *Erwinia* spp. im latenten Stadium in *in vitro* Kartoffel Pflanzen mit dieser Methode nachgewiesen werden, obwohl keine Symptome sichtbar oder die Bakterien anders nachweisbar sind (NIEPOLD, 1994).

Treten dennoch bei nahe verwandten Mikroorganismen gleich große DNA-Fragmente auf, so läßt sich in einigen Fällen trotzdem eine Unterscheidung durch die Verwendung von sogenannten Restriktions-Enzymen (Restriktions-Endonucleasen) erreichen. Diese Art von Enzymen erkennt immer wieder die gleiche Nukleinsäure-Sequenz und spaltet auch an dieser Stelle die DNA. Befindet sich also im Innern von gleich großen PCR-Produkten ein Unterschied in der Nukleotid-Reihenfolge der amplifizierten DNA-Fragmente von ähnlichen Mikroorganismen, so kann dennoch eine Unterscheidung getroffen werden, indem das eine DNA-Fragment mit dem Restriktions-Enzym gespalten wird und das andere nicht.

Dieser Unterschied kann mit einer gelelektrophoretischen Auftrennung sichtbar gemacht werden. Eine andere gentechnische Methode, bei der die PCR verwendet wird, ist die „Random Amplified Polymorphic DNA“ (RAPD), die vornehmlich zur Differenzierung einzelner pflanzenpathogener Mikroorganismen eingesetzt wird. Hierzu wird nur ein einziger, ca. 10 Nukleotide langer Primer verwendet, der eine x-beliebige DNA-Sequenz besitzt, die sich dann zufällig an DNA-Sequenzen des Zielorganismus anlagert. Ist die Distanz zwischen beiden, zufällig angelagerten Primern bei der DNA des Mikroorganismus nicht größer als 5000 Nukleotide, so wird, bei relativ niedriger Annealing-Temperatur, ein DNA-Fragment gebildet.

Die Zufälligkeit der Anlagerung des Primers in der DNA des Mikroorganismus entscheidet über die Anzahl und Größe der DNA-Fragmente, die dann eine Differenzierung bei der Gelelektrophorese zulässt. Beispielfhaft sei hier die Charakterisierung von Fusarien mit dieser Technik genannt (HERING, 1997). Eine noch bessere Auftrennung der erhaltenen PCR-Fragmente lässt sich durch die Verwendung der Polyakrylamid-Gelelektrophorese (PAGE), der denaturierenden Gradienten-Gelelektrophorese (DGGE) oder der Temperatur Gradienten Gelelektrophorese (TGGE) erzielen (UNRUH & WOOLEY, 1999).

Beim „amplifizierten Fragmenten Längen Polymorphismus“ (AFLP) handelt es sich ebenfalls um eine Differenzierungsmethode, basierend auf der PCR-Technik. Dabei wird aufgereinigte DNA des Mikroorganismus mit einem Restriktions-Enzym geschnitten, wobei eine Anzahl von unterschiedlich großen DNA-Fragmenten entsteht. Diese DNA-Fragmente haben alle an ihrem linken und rechten Ende die gleichen einzelsträngigen Nukleotide (sticky ends), entstanden durch das Schneiden der DNA mit dem Restriktions-Enzym. Zu diesen einzelsträngigen Nukleotiden wird ein kleines, zu den sticky ends komplementäres DNA-Fragment gegeben, das mit dem Enzym Ligase fest mit jedem geschnittenen DNA-Fragment verknüpft (ligiert) wird. Da die DNA-Sequenz des ligierten DNA-Fragmentes ca. 20 Nukleotide lang und auch bekannt ist, können sich hier komplementäre Primer während der PCR anlagern.

Um nicht alle DNA-Fragmente der geschnittenen Mikroorganismen-DNA zu amplifizieren, werden Primer synthetisiert, die neben der bekannten, ligierten DNA-Sequenz noch ein zusätzliches Nukleotid angehängt bekommen haben. Dieses zusätzliche Nukleotid ist so an die Primer angebracht, dass es sich an das komplementäre Nukleotid der Mikroorganismen-DNA anlagert. Eine erfolgreiche Amplifikation findet nur in den Fällen statt, bei denen eine 100% Übereinstimmung des zusätzlichen Nukleotids mit der Matrizen-DNA des Mikroorganismus vorhanden ist. Mit dieser Methode wird willkürlich so nur ein Teil der Mikroorganismen-DNA-Fragmente amplifiziert.

Diese Reaktion kann auch mit einem anderen Nukleotid wiederholt werden, das sich nach dem Zufallsprinzip an dann wieder andere Mikroorganismen DNA-Fragmente anlagert und auch in der PCR amplifiziert wird. Diese Technik wurde auch bei *Phytophthora infestans* zur Auffindung von pathogenitäts-korrelierten Genen verwendet (VAN DER LEE et al. 2001) Um die Auftrennung der Vielzahl der mit der PCR erhaltenen Amplifikate zu optimieren, werden bei dieser Methode hochauflösende Gele, wie z. B. ein besonders dünnes Polyakrylamid Gel verwendet (O'DONNELL, 1999).

In Zukunft könnten im Bereich der Diagnose von pflanzenpathogenen Mikroorganismen die sogenannten „Biochips“ zur Anwendung kommen. Diese miniaturisierten Sensoren bieten einer großen Anzahl von verschiedenen DNA-Proben Platz. Das Prinzip eines Biochips beruht auf der DNA-Hybridisierung, bei der eine fest auf einen Träger fixierte DNA immer dann mit einer als Probe zugegeben DNA reagiert, wenn diese 100% homolog ist. Eine Hybridisierung wird dann als lichtemittierender Vorgang von Meßgeräten registriert. Diese Biochips, wenn sie erst einmal hergestellt sind, können dann beliebig oft wiederverwendet werden (KRONER & SCHWERDTKE, 2000).

Bei einer interessanten Weiterentwicklung der PCR könnte sich in Zukunft die benötigte Zeit bis zum Erhalt der Ergebnisse drastisch verkürzen lassen. Ein speziell dafür entwickelter „Licht-Thermozykler“ kann dann 32 Zyklen innerhalb von 20 Minuten durchführen, was dann den Durchsatz von Proben pro Zeiteinheit erhöhen kann (ZIEBOLZ, 2000). Zurzeit beträgt der Zeitaufwand bei einer herkömmlichen PCR ca. 2-3 Stunden.

Zusammenfassung

Routinemäßig in der Pflanzenpathologie angewandte Nachweismethoden und deren Weiterentwicklungen auf dem serologischen und gentechnischen Bereich werden kurz vorgestellt. Auf die beiden gängigsten Methoden, der „ELISA-Test“ und die „PCR“, wird ausführlicher eingegangen, wobei auch die noch in der Entwicklung befindlichen Nachweismethoden „Biochips“ und „Licht-Thermozykler“ berücksichtigt werden.

Summary

Routinely applied detection methods in plant pathology and its further development in serology and gene technology are shortly described. The most common two detection techniques “ELISA” and “PCR” are presented in more details, considering also the newly developing detection methods “biochips” and “light thermocycler”.

Literatur

- BDLIYA B., RUDOLPH, K., LANGERFELD, E. and F. NIEPOLD, 1995: A simple method for extraction of electrophoresed proteins from SDS-polyacrylamid gels and its use for the production of monospecific polyclonal antiserum against the soft rot erwinias. Proceedings of the International Symposium „75 Years of Phytopathological and Resistance Research at Aschersleben“, BML, 1995, 207 - 210.
- HARPER, K. and A. ZIEGLER, 1999: Recombinant antibodies-application in plant science and plant pathology, eds. (HARPER, K., ZIEGLER, A., Eds.) London and Philadelphia: Taylor and Francis Co.
- HERING, O., 1997: Charakterisierung und Differenzierung bei Fusarien Link mittels RAPD und ITS-RFLP. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem **331**, 133 S.
- KRONER, W.G. und R. SCHWERDTLE, 2000: Biochips für die Arzneimittelentwicklung. Bio World **2**, 4 - 9.
- MILLER, S.A. and T.R. JOAQUIM, 1994: Diagnostic techniques for plant pathogens. In: Biotechnology in Plant Disease Control, (Chet I. Ed.). Wiley-Liss Co., pp. 322 - 340.
- NIEPOLD, F., 1994: Anwendung der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) zum Nachweis von *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica*, dem Erreger der Schwarzbeinigkeit und Naßfäule bei Kartoffeln. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **46**, 243 - 246.
- NIEPOLD F. and B. SCHÖBER-BUTIN, 1997: Application of the one-tube PCR technique in combination with a fast DNA extraction procedure for detecting *Phytophthora infestans* in infected potato tubers. Microbiological Research **152**, 345 - 351.
- O'DONNELL, K.J., 1999: Plant pathogen diagnosis: present status and future developments. Potato Research **42**, 437 - 447.
- SCHÖBER-BUTIN, B., 1998: *Phytophthora infestans* (MONT.) DE BARY: Zur Geschichte der Kraut- und Braunfäule der Kartoffel. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem **335**, 8 - 30.
- SMANT, G., BAKKER, J., GOMMERS, F.J. and A. SCHOTS, 1999: Engineering antibody-mediated resistance to plant root nematodes-potential and prospects. Recombinant Antibodies-Application in Plant Science and Plant Pathology, eds. (HARPER, K., ZIEGLER, A., Eds.). Taylor and Francis Co., pp. 171 - 181.
- UNRUH, T.R. and J.B. Woolley, 1999: Molecular methods in classical biological control, in: Handbook of Biological Control, (Bellows T.S., Fisher, T.W., Eds.) Academic Press, pp. 57 - 85.
- VAN DER LEE, T., ROBOLD, A., TESTA, A., VAN 'T KLOOSTER, J.W. and F. GOVERS, 2001: Mapping of avirulence genes in *Phytophthora infestans* with amplified fragment length polymorphism markers selected by bulked segregant analysis. Genetics **157**, 949 - 956.
- WEIDEMANN, H.L., 1998: Abbaukrankheiten der Kartoffel: Der Weg von den Anfängen zur modernen Kartoffelvirologie. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem **335**, 88 - 114.
- ZIEBOLZ, B., 2000: Automation enhancements boost efficiency of PCR. Biotech Journal **5**, 10 - 11.

Anschrift der Autoren

- DR. GERHARD BARTELS Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Messeweg 11/12, 38304 Braunschweig
- CHRISTA EGGERS Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Messeweg 11/12, 38304 Braunschweig
- DR. KERSTIN FLATH Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow
- DR. UDO HEIMBACH Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Messeweg 11/12, 38304 Braunschweig
- DR. HORST MIELKE Schapenstr. 24b, 38104 Braunschweig
- PD DR. FRANK NIEPOLD Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Messeweg 11/12, 38304 Braunschweig
- DR. BERND RODEMANN Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Messeweg 11/12, 38304 Braunschweig
- DR. EDELGARD SACHS Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow
- DR. BÄRBEL SCHÖBER-BUTIN Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig
- DR. HANS STACHEWICZ Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow