

Aus dem Institut für Phytopathologie
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Das IPS-Modell Weizen:
**Untersuchungen zur Effektivität und Funktionalität unter
niedersächsischen Anbau- und Klimabedingungen (1998-2001)**
sowie zum bundesweiten Auftreten von
***Puccinia striiformis* und *Puccinia recondita* (1993-2001)**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Dipl.-Geol. Imme Finger
aus Kiel

Kiel 2005

Dekan:	Prof. Dr. F. Taube
Erster Berichterstatter:	Prof. Dr. J.-A. Verreet
Zweiter Berichterstatter:	Prof. Dr. H. Kage
Tag der mündlichen Prüfung:	19. Februar 2004

Gedruckt mit Genehmigung der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

INHALT

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. MATERIAL UND METHODEN	3
2.1. IPS-Monitoring Niedersachsen (1998-2001)	3
2.1.1. Versuchsanlage und -durchführung	3
2.1.2. Standorte	5
2.1.3. Anbauparameter	7
2.1.4. Datenerhebung	11
2.1.4.1. Witterung	11
2.1.4.2. Pathogene	12
2.1.5. Datenaufbereitung und -auswertung	15
2.2. Monitoring-Projekte zum Epidemieverhalten von Rostpathogenen (1993-2001)	16
3. ERGEBNISSE	19
3.1. IPS-Monitoring Niedersachsen (1998-2001)	19
3.1.1. Witterung	19
3.1.1.1. Temperatur und Niederschlag	19
3.1.1.2. Blattbenetzung	24
3.1.2. Entwicklung der Weizenbestände	26
3.1.3. Pathogenauftreten: unbehandelte Kontroll-Varianten	31
3.1.3.1. <i>Septoria tritici</i>	32
3.1.3.1.1. Befallsstärke	32
3.1.3.1.2. Befallsentwicklung	34
3.1.3.1.3. Beziehung zwischen Ausgangs- und Endbefall	38
3.1.3.2. <i>Stagonospora nodorum</i>	40
3.1.3.3. <i>Erysiphe graminis</i>	40
3.1.3.4. <i>Puccinia striiformis</i>	42
3.1.3.5. <i>Puccinia recondita</i>	44
3.1.3.6. <i>Drechslera tritici-repentis</i>	45
3.1.3.7. <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>	47
3.1.3.8. <i>Rhizoctonia cerealis</i>	50
3.1.3.9. <i>Fusarium</i> spp. und <i>Microdochium nivale</i>	50

3.1.3.10.	Blattpathogene im Sortenvergleich	51
3.1.4.	Fungizideinsatz in den IPS-Varianten	54
3.1.5.	Nekrotisierung: Vergleich zwischen Kontroll- und IPS-Varianten	57
3.1.6.	Pathogenaufreten: Vergleich zwischen Kontroll- und IPS-Varianten	58
3.1.6.1.	<i>Septoria tritici</i>	58
3.1.6.2.	<i>Stagonospora nodorum</i>	63
3.1.6.3.	<i>Erysiphe graminis</i>	64
3.1.6.4.	<i>Puccinia striiformis</i>	67
3.1.6.5.	<i>Puccinia recondita</i>	70
3.1.6.6.	<i>Drechslera tritici-repentis</i>	72
3.1.6.7.	<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>	76
3.1.7.	Erntedaten	77
3.1.7.1.	Hektarerträge	77
3.1.7.2.	Qualitätsparameter	82
3.1.8.	Ökonomische Auswertung	83
3.1.9.	Ökologische Effekte	85
3.2.	Monitoring-Projekte zum Epidemieverhalten von Rostpathogenen (1993-2001)	86
3.2.1.	<i>Puccinia striiformis</i>	86
3.2.1.1.	Befallsbeginn	87
3.2.1.2.	Befallshäufigkeit	88
3.2.1.3.	Befallsstärke	89
3.2.1.3.1.	Auftreten auf der Pflanze	89
3.2.1.3.2.	Auftreten in Untersuchungsregionen	91
3.2.1.3.3.	Auftreten nach Jahren	92
3.2.1.3.4.	Anstieg in Abhängigkeit vom Befallsbeginn	94
3.2.1.3.5.	Ausbreitungsgeschwindigkeit	95
3.2.1.3.6.	Auftreten nach Sorten	96
3.2.1.4.	Beziehung zwischen Befallshäufigkeit und Befallsstärke	98
3.2.2.	<i>Puccinia recondita</i>	100
3.2.2.1.	Befallsbeginn	100
3.2.2.2.	Befallshäufigkeit	102
3.2.2.3.	Befallsstärke	103

3.2.2.3.1.	Auftreten auf der Pflanze	103
3.2.2.3.2.	Auftreten in Untersuchungsregionen	104
3.2.2.3.3.	Auftreten nach Jahren	105
3.2.2.3.4.	Anstieg in Abhängigkeit vom Befallsbeginn	107
3.2.2.3.5.	Ausbreitungsgeschwindigkeit	108
3.2.2.3.6.	Auftreten nach Sorten	109
3.2.2.4.	Beziehung zwischen Befallshäufigkeit und Befallsstärke	110
4.	DISKUSSION	113
5.	ZUSAMMENFASSUNG	135
6.	SUMMARY	139
7.	LITERATUR	143
	ANHANG	153

ABKÜRZUNGEN

α	Irrtumswahrscheinlichkeit
a. i.	Aktivsubstanz
AZ	Ackerzahl
BHB	Befallshäufigkeit im Bestand
BSB	Befallsstärke im Bestand [Anzahl Pyknidien (bei <i>S. tritici</i> und <i>S. nodorum</i>), Prozent befallener Blattfläche (bei <i>E. graminis</i> , <i>P. striiformis</i> , <i>P. recondita</i> , <i>D. tritici-repentis</i>) bzw. Anteil befallenen Halmumfangs (bei <i>P. herpotrichoides</i>)]
BWM	Bundesweite Monitoring-Projekte
Bzst.	Bezirksstelle
DTR	<i>Drechslera tritici-repentis</i>
EC	Wachstumsstadien nach Eucarpia (The European Association for Research in Plant Breeding, vgl. ZADOKS et al. 1974)
EG	<i>Erysiphe graminis</i>
F	Fahnenblatt (oberstes Blatt)
F-1 (-7)	zweit- (bis acht-) oberstes Blatt
Ges.	Gesund-Variante
GES BSB	Befallsstärke im Bestand pro Boniturtermin
IPS	Integriertes Pflanzenschutzsystem / IPS-Variante
K	Kontroll-Variante
KA	Kartoffeln
Kö	Körner
LK	Landwirtschaftskammer
MA	Mais
MV	Mecklenburg-Vorpommern
n	Anzahl
NS	(IPS-Monitoring) Niedersachsen
PH	<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>
PR	<i>Puccinia recondita</i>
PS	<i>Puccinia striiformis</i>
PSM	Pflanzenschutzmittel
r	Korrelationskoeffizient

R ²	Bestimmtheitsmaß
SG	Sommergerste
SH	(IPS-Monitoring) Schleswig-Holstein
SHB	Sporulationshäufigkeit im Bestand
SN	<i>Stagonospora nodorum</i>
ST	<i>Septoria tritici</i>
SUM BSB	Summe der BSB auf den Blatttagen F-6 bis F (bei <i>S. tritici</i> und <i>S. nodorum</i>)
SUM GES BSB	Summe der BSB über die Boniturperiode auf den Blatttagen F-6 bis F (bei <i>E. graminis</i> , <i>P. striiformis</i> , <i>P. recondita</i> und <i>D. tritici-repentis</i>)
Summe BSB	Summe der BSB auf den Blatttagen F-2 (3) bis F (bei <i>S. tritici</i> und <i>S. nodorum</i>)
Summe Max. BSB	Summe der maximalen BSB-Werte im Zuge der Boniturperiode auf den Blatttagen F-2 bis F (bei <i>E. graminis</i> , <i>P. striiformis</i> , <i>P. recondita</i> und <i>D. tritici-repentis</i>)
TKG	Tausendkorngewicht
TR	Triticale
WG	Wintergerste
WR	Winterroggen
WRa	Winterraps
WW	Winterweizen
ZR	Zuckerrüben

1. EINLEITUNG

Seit Mitte der 80er Jahre werden, mit Schwerpunkten an der Technischen Universität München (u. a. KÄSBOHRER 1986, VERREET & HOFFMANN 1989, BÜSCHBELL 1990, HOFFMANN et al. 1991, HABERMEYER 1993, HABERMEYER & HOFFMANN 1994, VERREET 1995) und der Universität Kiel (u. a. KLINK 1997, HEDKE 1999, KRIEG 1999, WITTROCK 2001), umfangreiche Forschungsprojekte durchgeführt mit dem Ziel, detaillierten Einblick in die Epidemiologie pilzlicher Schaderreger landwirtschaftlicher Kulturpflanzen unter Freilandbedingungen zu erhalten. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen in ein Fungizid-Konzept integriert werden und somit zu einer Optimierung des Einsatzes chemischer Präparate in der Praxis beitragen. Die Arbeiten berücksichtigen, daß das Auftreten und die Befallsschwere von Pathogenen durch eine Vielzahl an Faktoren bestimmt werden, die einerseits produktionstechnische Herangehensweisen, andererseits klimatische Rahmenbedingungen umfassen. So können z. B. Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung Bedeutung für die Höhe der Ausgangsinokula haben, Saatzeit und -stärke die Ausbreitung von Schaderregern noch während der Vorwinterzeit beeinflussen, Sortenwahl und Stickstoff-Düngung sich auf die Anfälligkeit der Pflanzen für Parasiten auswirken. Entscheidungen über den einzelbetrieblichen Pflanzenbau, einschließlich der phytosanitären Maßnahmen, unterliegen dem Willen des praktischen Landwirts. Nicht steuerbar dagegen sind die standortspezifischen Witterungsverhältnisse. Vor allem Niederschlag, Temperatur und Luftfeuchte bestimmen Beginn, Verlauf und Stärke von Epidemien, so daß die potentielle Ertragsbeeinflussung durch Pathogene regionalen und jährlichen Abweichungen unterliegt.

Im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes (IPS) wird angestrebt, die Gesamtheit der die Entwicklung von Erregerpopulationen bestimmenden Faktoren in den Entscheidungsprozeß über den Einsatz chemischer Präparate einzubeziehen. Vorrangig sind alle ökonomisch und ökologisch vertretbaren ackerbaulichen Maßnahmen zu nutzen, die zu einer natürlichen Befallsreduktion beitragen können. Fungizidapplikationen sollen erst erfolgen, wenn Befallswerte, die mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erheblichen negativen Auswirkungen auf den Ertrag führen, überschritten werden.

Grundlagen für den Pflanzenschutz Einsatz im IPS-Modell bilden wissenschaftlich begründete Bekämpfungsschwellenwerte. Die Ausbringung von Fungiziden nach Art, Menge und

Terminierung richtet sich nach mehreren, voneinander abhängigen und sich ergänzenden Gesichtspunkten:

- Grundvoraussetzung ist die sichere Diagnose von Pathogenen in qualitativer und quantitativer Hinsicht.
- Bei Überschreitung der erregerspezifischen Bekämpfungsschwelle(n) sind möglichst umgehend chemische Gegenmaßnahmen zu ergreifen, um optimale Pathogenkontrolle in der epidemiologisch sensibelsten Phase des/der Parasiten und in der Folge Minimierung des ökonomischen Schadens zu bewirken.
- Die Wirkstoffwahl erfolgt gemäß dem aktuell vorhandenen Pathogenspektrum; die zu applizierende Einsatzmenge wird bestimmt durch den Entwicklungsstand der Kultur und damit durch die erforderliche Wirkungsdauer des Fungizidschutzes.

Zielsetzung des IPS-Modells ist somit eine Verminderung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes auf den maximal erforderlichen Umfang, so daß einerseits Umweltbelastungen verringert, andererseits im landwirtschaftlichen Betrieb günstige Ertrags-Verlust-Relationen erreicht werden. Aus Sicht des Verbrauchers trägt das Fungizid-Konzept dazu bei, die Nahrungsmittelproduktion in Menge und Qualität sicherzustellen.

Die vorliegende Arbeit ist als Weiterführung des „Weizenmodells Bayern“ und des „IPS-Modells Weizen SH“ (op. cit.) anzusehen. Die biologische und meteorologische Datenerfassung diente zum einen der Überprüfung der Anwendbarkeit der aus früheren Studien unter anderen Anbaubedingungen abgeleiteten Bekämpfungsschwellen auf niedersächsische Verhältnisse, zum anderen der Einführung des IPS-Modells in die dortige Officialberatung und landwirtschaftliche Praxis. Hierzu wurden in Kooperation mit den Landwirtschaftskammern Hannover und Weser-Ems Feldversuche im Winterweizen angelegt; der Untersuchungszeitraum betrug 4 Jahre (1997/98 bis 2000/01). Die Untersuchungen waren Bestandteil des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekts „Einführung des Integrierten Pflanzenschutzsystems (IPS-Modell Weizen) zur Optimierung und Minimierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein“ (Az. 12275).

Die Ausführungen schließen ferner Auswertungen der seit 1993 im Rahmen bundesweiter Monitoring-Projekte erhobenen Befallsdaten des Gelb- und Braunrosts ein, mit dem Ziel, für diese Pathogene eine detaillierte Beschreibung der Populationsdynamik zu geben und zu einer Ergänzung des bestehenden Bekämpfungsschwellen-Konzepts beizutragen.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. IPS-Monitoring Niedersachsen (1998-2001)

2.1.1. Versuchsanlage und -durchführung

Zur Klärung der eingangs geschilderten Zielstellung wurden, beginnend mit der Vegetationsperiode 1997/1998 und durchlaufend bis zum Jahr 2000/2001, Feldversuche angelegt, die, meist in Praxisschläge eingefügt, als randomisierte Blockanlagen mit 4 Wiederholungen pro Variante ausgerichtet waren. Die Parzellengröße betrug zwischen 10 und 20 m²; die Beerntung erfolgte im Kern- oder aber Ganzflächendrusch. Die technische Betreuung der Versuche vor Ort oblag den Mitarbeitern der Landwirtschaftskammern.

Der Fungizideinsatz pro Standort und Sorte umfaßte jeweils drei Varianten. Die unbehandelte Kontrolle diente zur Darstellung des Epidemieverlaufs bei maximalem Krankheitsdruck, mit der Gesund-Variante sollte durch 3-4malige Applikationen das Auftreten und die Ausbreitung von Pathogenen weitgehend vermieden und somit der erzielbare Höchstertag erfaßt werden. Die IPS-Variante, bei der Pflanzenschutzmittel unter Berücksichtigung biologischer und meteorologischer Parameter eingesetzt wurden, hatte zum Ziel, durch geringstmöglichen Aufwand einen ökonomisch optimalen Gewinn zu erreichen. Die Kontroll- und IPS-Varianten wurden jeweils in zweifacher Ausführung angelegt (Probennahme- bzw. Ernteparzellen), die Gesund-Variante nur als Ernteparzellen. Insgesamt kamen 52 Fallstudien zur Auswertung.

Bei der Entscheidung über einen Fungizideinsatz in den IPS-Varianten fanden erregerspezifische Bekämpfungsschwellen Berücksichtigung (Tab. 1), welche in früheren Studien erarbeitet oder in diesen angewendet worden waren (u. a. KÄSBOHRER 1986, KÄSBOHRER et al. 1988a, BÜSCHBELL 1990, VERREET & HOFFMANN 1990, WOLF 1991, SUTY et al. 1993, VERREET 1995, KLINK 1997). Definitionsgemäß stellen die Bekämpfungsschwellen diejenigen Befallswerte dar, „bei deren Überschreitung mit hoher Wahrscheinlichkeit kurz- oder längerfristig wirtschaftliche Verluste eintreten können“ (VERREET 1991), wenn nach ihrer Überschreitung kein gezielter Pflanzenschutz eingesetzt wird.

Tab. 1: Bekämpfungsschwellen der Blatt- und Halmbasispathogene des Winterweizens im IPS-Modell Weizen (1998-2001)

Pathogen	Bekämpfungsschwelle	Behandlung
<i>S. tritici</i>	BHB > 50 % auf F-6 und \geq 3 mm Niederschlag/Tag mit anschließend mindestens 2-tägiger Blattnäse von \geq 98 %	ab EC 32
<i>S. nodorum</i>	12 % BHB auf Indikationsblattetagen: EC 37-39 F-5 oder F-4 EC 41-47 F-4 oder F-3 EC 51-69 F-3 oder F-2	ab EC 37
<i>E. graminis</i>	70 % BHB (Erstbehandlung) bzw. 70 % BHB auf F-2, F-1 und F (Folgebehandlung)	ab EC 32
<i>P. striiformis</i>	30 % BHB oder erste Befallsnester im Bestand (Erstbehandlung) bzw. erste Sporenlager auf F-2, F-1 und/oder F (Folgebehandlung)	ab EC 32
<i>P. recondita</i>	30 % BHB	ab EC 37
<i>D. tritici-repentis</i>	5 % SHB auf Indikationsblattetagen: EC 32 F-6 oder F-5 (nur bei Vorfrucht Weizen) EC 33-39 F-5 oder F-4 EC 41-49 F-4 oder F-3 EC 51-69 F-3 oder F-2 (Erstbehandlung) bzw. 5 % SHB auf F-2, F-1 und/oder F (Folgebehandlung)	ab EC 32
<i>P. herpotrichoides</i>	25 % BHB in EC 31/32 bzw. 30 % BHB in EC 37 (jeweils auf der 2. Blattscheide vor dem Halm)	EC 32-37

Aufgrund 8jähriger Versuchserfahrungen in Schleswig-Holstein erfolgte im Jahr 2001 eine leichte Modifizierung des dargestellten Schwellenkonzepts, indem als frühester Behandlungstermin gegen *S. tritici* das Übergangsstadium EC 31/32, wenn F-2 zu mindestens 50 % sichtbar ist (GLESER 2002), eingeführt wurde, um stärkere Schädigungen des drittobersten Blattes zu verhindern.

Um überregionale Vergleiche innerhalb Niedersachsens - sowie auch mit den durch andere Bearbeiter parallel durchgeführten Untersuchungen in Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen - zu erleichtern, stand für die Pflanzenschutzmaßnahmen eine begrenzte Auswahl an Präparaten zur Verfügung, die seitens des Amtlichen Pflanzenschutzdienstes Schleswig-Holstein zusammengestellt worden war (Anhangtab. 1-4). Applikationen in den Gesundheitsvarianten basierten fast ausschließlich auf dem Entwicklungsstadium des Weizens, Präparat und Aufwandmenge waren vorgegeben. Im Gegensatz dazu bestand in den IPS-Varianten eine Auswahlmöglichkeit in der Wirkstoffwahl, die sich am aktuell vorhandenen Pathogenkomplex orientierte und über die aufgrund der im Institut für Phytopathologie analysierten biologischen Daten, unter Einbeziehung der standortspezifischen

Witterungsparameter, entschieden wurde. Für die ordnungsgemäße, unverzügliche Durchführung der Fungizidmaßnahmen waren die Versuchsansteller vor Ort verantwortlich.

Mit der regelmäßigen, wöchentlichen Probennahme wurde Mitte April (EC 30, Schoßbeginn) begonnen. Diese erfolgte jeweils montags, so daß - nach Versendung über den PostExpress - die Proben am folgenden Tag im Institut eintrafen. Die letzte Probennahme wurde gegen Mitte Juli durchgeführt, wenn der Weizen in das Stadium der frühen Teigreife (um EC 83) eingetreten war. Der Beobachtungszeitraum betrug damit 13-14 Wochen, so daß eine exakte Erfassung der populationsdynamischen Parameter der Weizenpathogene über die Hauptwachstumsphase der Kultur gewährleistet war. Der jeweilige Probenumfang aus den Kontroll- und IPS-Varianten umfaßte ca. 15 Haupttriebe pro Wiederholung, um sicherzustellen, daß für die Untersuchungen je 10 intakte Pflanzen zur Verfügung standen.

Die wöchentlich analysierten Boniturdaten wurden umgehend den am Projekt beteiligten Mitarbeitern der Landwirtschaftskammern übermittelt, so daß diese spätestens zwei Tage nach Probennahme über die aktuelle Pathogensituation informiert waren und die Ergebnisse in die örtliche Officialberatung einfließen lassen konnten.

2.1.2. Standorte

Die Standortauswahl erfolgte durch die Versuchsansteller des Amtlichen Pflanzenschutzdienstes (Tab. 2, Abb. 1).

Tab. 2: Versuchsstandorte, -jahre und -ansteller im IPS-Monitoring Niedersachsen (1998-2001)

Standort	lfd. Nr.	Versuchsjahr(e)	Versuchsansteller
Agathenburg	1	1999	LK Hannover, Bzst. Bremervörde
Bergen	2	2001	LK Hannover, Bzst. Uelzen
Borbeck	3	1999, 2000	LK Weser-Ems
Ditterke	4	1998	LK Hannover, Ref. P/7
Eboldshausen	5	1999, 2000, 2001	LK Hannover, Bzst. Northeim
Goldenstedt	6	2001	A. Homann, Landw. Versuchswesen Lohne
Hespe	7	2001	LK Hannover, Bzst. Nienburg
Huntlosen	8	1999	LK Weser-Ems
Klein Gaddau	9	1998	LK Hannover, Bzst. Uelzen
Lauenhagen	10	1998, 1999, 2000	LK Hannover, Bzst. Nienburg
Lemmie	11	1998	LK Hannover, Ref. P/1
Nenndorf	12	1998, 1999	LK Hannover, Bzst. Uelzen
Ohrensen	13	1998, 2000, 2001	LK Hannover, Bzst. Bremervörde
Raven	14	2000	LK Hannover, Bzst. Uelzen
Schickelsheim	15	1999, 2000, 2001	LK Hannover, Bzst. Braunschweig
Sehnde	16	2000, 2001	LK Hannover, Ref. P/7
Springe	17	2000, 2001	LK Hannover, Ref. P/1
Steinkimmen	18	2000	LK Weser-Ems

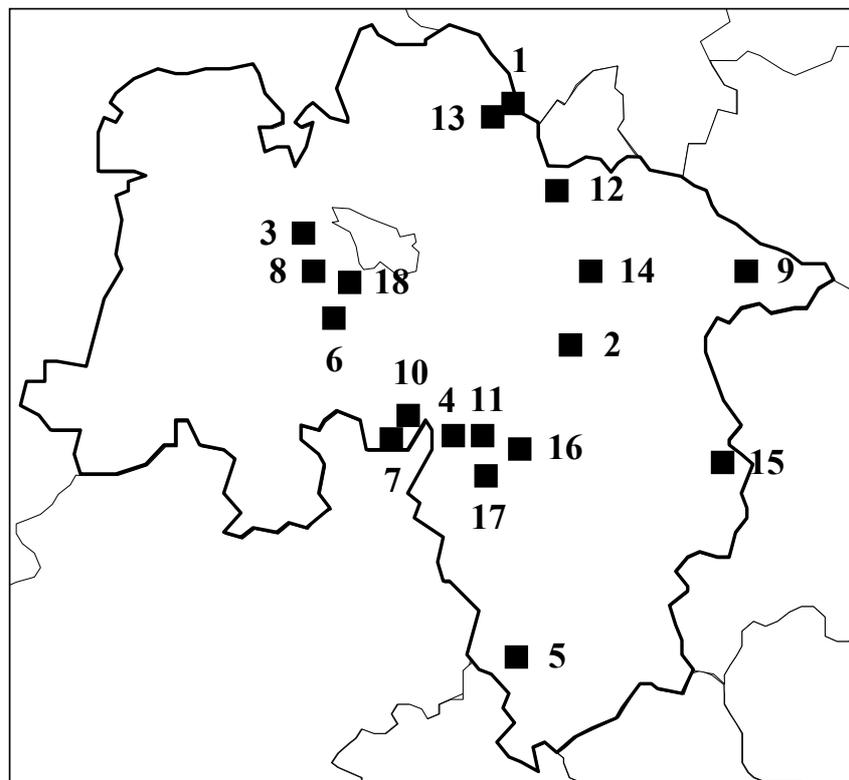


Abb. 1: Geographische Lage der Versuchsstandorte im IPS-Monitoring Niedersachsen (1998-2001) (für die lfd. Nr. vgl. Tab. 2)

Die Mehrzahl der Versuche lag auf Standorten mit potentiell ertragreichen Böden. Als Bodentyp herrschte die Parabraunerde vor mit Ackerzahlen > 60, leichtere Böden waren im Westen und Norden Niedersachsens in die Untersuchungen einbezogen (Tab. 3).

Tab. 3: Bodentypen, -arten und Ackerzahlen (1998-2001)

Standort	Bodentyp	Bodenart	Ackerzahl
Agathenburg	Parabraunerde	IS	35
Bergen	Parabraunerde	sL	60
Borbeck	Sandmischkultur	h'S	26-30
Ditterke	Parabraunerde	L	80-90
Eboldshausen	Parabraunerde	L	75-85
Goldenstedt	Parabraunerde	IS	48
Hespe	Parabraunerde	sL	80-83
Huntlosen	Sandmischkultur	h'S	28
Klein Gaddau	Parabraunerde	sL	56
Lauenhagen	Parabraunerde	L	75-78
Lemie	Parabraunerde	L	84
Nenndorf	Parabraunerde	sL	60-65
Ohrensen	Pseudogley	hS	32
Raven	Parabraunerde	sL	45-50
Schickelsheim	Parabraunerde	sL	80-85
Sehnde	Schwarzerde	L	90
Springe	Parabraunerde	sL	77-81
Steinkimmen	Braunerde	IS	38

2.1.3. Anbauparameter

Nachstehend werden die wesentlichsten Anbauparameter in zusammengefaßter Form aufgelistet, standortspezifische Detailangaben sind der Anhangtabelle 5 zu entnehmen.

Fruchtfolge

An den meisten Standorten wurde eine 3-gliedrige Fruchtfolge mit einem Getreideanteil von 66,7 % praktiziert. Dabei dominierte, vor allem im Süden und Osten des Landes, der Anbau von Winterweizen nach Winterweizen bzw. Wintergerste, gefolgt von Zuckerrüben. Differenziertere Verhältnisse fanden sich auf den westlichen und nördlichen Versuchsflächen, auf denen außerdem Winterroggen, Triticale, Sommergerste, Winterrapen, Kartoffeln und Mais in der Rotation auftraten (Tab. 4).

Tab. 4: Fruchtfolgegestaltung (1998-2001)

Kultur	Vorfrucht	Vorvorfrucht
	[Anzahl Versuche]	
Winterweizen	20	12
Wintergerste	2	10
Zuckerrübe	13	19
Winterroggen	4	2
Sommergerste	2	
Triticale		1
Winterraps	9	
Mais	1	2
Kartoffel	1	6

Bodenbearbeitung

Bedingt durch die im Rahmen der Fruchtfolge angebauten Kulturen wurde die Bodenbearbeitung zumeist mit Pflug, Packer und Kreiselegge durchgeführt. Eine pfluglose Bestellung fand lediglich in 4 Versuchen statt, in denen zweimal der Grubber zur Tiefenlockerung genutzt wurde.

Sortenspektrum

Im Versuchsjahr 1997/1998 wurde pro Standort eine Winterweizensorte, seit der Vegetationsperiode 1998/1999 jeweils zwei Sorten gedrillt (Ausnahmen: Agathenburg im Jahr 1998/1999 und Goldenstedt im Jahr 2000/2001 mit nur einer Sorte). Überregional war die Sorte Ritmo vertreten, während die Vergleichssorte seitens des Amtlichen Pflanzenschutzdienstes gemäß ihrer regionalen Bedeutung ausgewählt wurde (Tab. 5).

Tab. 5: Sortenspektrum (1998-2001)

Standort	1998 Sorte	1999 Sorte(n)		2000 Sorten		2001 Sorte(n)	
Agathenburg	Rialto	Ritmo				Ritmo	Certo
Bergen		Ritmo	Batis	Ritmo	Batis		
Borbeck							
Ditterke	Contur						
Eboldshausen		Ritmo	Toronto	Ritmo	Toronto	Ritmo	Biscay
Goldenstedt						Ritmo	
Hespe						Ritmo	Drifter
Huntlosen		Ritmo	Batis				
Klein Gaddau	Ritmo						
Lauenhagen	Ritmo	Ritmo	Asketis	Ritmo	Asketis		
Lemmie	Ritmo						
Nenndorf	Ritmo	Ritmo	Pegassos				
Ohrensen				Ritmo	Hybnos 1	Ritmo	Biscay
Raven				Ritmo	Drifter		
Schickelsheim		Ritmo	Bandit	Ritmo	Bandit	Ritmo	Bandit
Sehnde				Ritmo	Bandit	Ritmo	Bandit
Springe				Ritmo	Bandit	Ritmo	Bandit
Steinkimmen				Ritmo	Batis		
Σ Versuche	6	7	6	9	9	8	7

Nach der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamts (ANONYM 2001b) weisen die in die Untersuchungen einbezogenen Weizensorten unterschiedliche Anfälligkeiten gegenüber einzelnen Pathogenen auf (Tab. 6); keine Einstufung erfuhren die EU-Sorten Bandit, Contur und Rialto.

Tab. 6: Anfälligkeit der einbezogenen Weizensorten gegenüber pilzlichen Schaderregern
(Quelle: ANONYM 2001b; 1 = sehr gering, 9 = sehr stark anfällig)

Sorte	Anfälligkeit für						
	ST	SN	EG	PS	PR	DTR	PH
Asketis	4	5	3	3	3	5	6
Batis	4	5	3	3	3	5	5
Biscay	6	5	3	4	3	6	3
Certo	3	5	2	3	4	5	3
Drifter	6	4	2	3	4	6	4
Hybnos 1	5	4	5	6	3	5	4
Pegassos	4	4	3	3	3	5	6
Ritmo	6	6	5	4	7	6	3
Toronto	5	5	8	3	7	5	5

Gemäß den Klassifizierungen liegen die Sorten in ihrer Toleranz gegenüber *S. nodorum* und *D. tritici-repentis* auf nahezu gleichem Niveau. Als vergleichsweise hoch anfällige Sorten, vor allem für *E. graminis* und die Rostarten, sind Ritmo und Toronto, in geringerem Umfang auch Hybnos 1 anzusprechen; die Sorten Biscay, Drifter und Ritmo sind gekennzeichnet durch hohe Anfälligkeit für *S. tritici*.

Saattermin und Saatstärke

Über den gesamten Untersuchungszeitraum betrachtet wurden die Parzellen zwischen dem 20. September und dem 30. November gedrillt, wobei jedoch deutliche Jahresunterschiede aufgetreten waren (Tab. 7).

Tab. 7: Saattermine (1997-2000)

Herbst	Aussaat							
	[Anzahl Versuche]							
	2. Dekade September	3. Dekade September	1. Dekade Oktober	2. Dekade Oktober	3. Dekade Oktober	1. Dekade November	2. Dekade November	3. Dekade November
1997		1		4	1			
1998		2	2	3		2	2	2
1999		6	4	7		1		
2000	2	3	4	6				
Σ	2	12	10	20	1	3	2	2

Unter günstigen Klimabedingungen, wie im Herbst der Jahre 1999 und 2000, erfolgte die Aussaat zwischen dem 20. September und dem 20. Oktober, innerhalb der in Niedersachsen üblichen Zeitspanne (VON KRÖCHER pers. Mitt.); die mittleren Termine lagen beim 7. Oktober (Herbst 1999) bzw. 6. Oktober (Herbst 2000). Im Gegensatz hierzu verzögerten sich die Bestellungen aufgrund niederschlagsreicher Perioden im Herbst 1997 und insbesondere im Herbst 1998, so daß die Aussaaten im Schnitt erst am 15. Oktober (1997) bzw. 30. Oktober (1998) und damit rund 8 bzw. 24 Tage später als in den beiden Vergleichsjahren mit Normalsaaten abgeschlossen waren.

Die Saatstärken unterschieden sich in Abhängigkeit vom Aussaattermin. So lagen die mittleren Saatstärken im Ritmo 1997 bei 405 Körnern/m² (Spannbreite: 365-480), 1998 bei

415 (295-450), 1999 bei 325 (220-400) und 2000 bei 315 (230-440). Ähnliche Zahlen finden sich in den Vergleichssorten mit Ausnahme des Versuchs im Hybnos 1, bei dem sortenbedingt nur 140 Körner/m² ausgedrillt wurden.

Stickstoff-Düngung

In der Mehrzahl der Versuche wurde ausschließlich mineralischer Stickstoff-Dünger ausgebracht. Nur an den Standorten Nenndorf (Jahr 1998 und 1999) sowie Hespe (Jahr 2001) kam zusätzlich organischer Dünger - in Form von Rindergülle bzw. Hühnermist - zum Einsatz, welcher in die Berechnungen mit einem Wirkungsgrad von 50 % einfloß. Die Höhe der Stickstoff-Düngung zeigte in den pro Standort und Jahr parallel angelegten Versuchen nur minimale Unterschiede. Die Bodengüte und damit das potentielle Ertragsniveau hatten größeren Einfluß, wengleich auch zwischen leichteren und schwereren Böden im Mittel nur Abweichungen von 20 kg N/ha auftraten (Tab. 8).

Tab. 8: Stickstoff-Düngung (1998-2001)

Stickstoff-Düngung [kg/ha]	schwere Böden (ab AZ 60)	leichte Böden (< AZ 60)
Mittelwert	214,7	195,4
Spannbreite	165-260	160-225
Anzahl Versuche	34	18

2.1.4. Datenerhebung

2.1.4.1. Witterung

Ab dem Frühjahr 1999 wurden die Standorte mit Agrarmeteorologischen Stationen (Typ Thies/Weihofen) ausgestattet, welche Niederschlagsmenge, relative Luftfeuchte und Lufttemperatur in 20 und 200 cm Höhe, Bodentemperatur in 30 und 60 cm Tiefe sowie Blattbenetzung im Bestand erfaßten. Letztere wurde mittels eines ein Weizenblatt simulierenden Baumwollstreifens, dessen feuchteabhängige elektrische Leitfähigkeit aufgenommen und geräteintern auf den entsprechenden Blattnässewert umgerechnet wurde,

ermittelt. Die Meßfühler für die Blattbenetzung wurden im Laufe der Vegetationszeit dem wachsenden Bestand angepaßt, so daß die erhobenen Werte jeweils die Feuchtebedingungen auf Höhe des dritten Blatts von oben widerspiegeln. Datenmessungen erfolgten im 15 sec-Takt; das in den Stationen integrierte Rechenprogramm faßte diese Werte zu Stundenmittelwerten zusammen. Die während der Boniturperiode aufgezeichneten Daten wurden mittels Laptop ausgelesen und wöchentlich nach Kiel zur Auswertung gesandt.

Neben den Wetterstationen, die in den Parzellen der Sorte Ritmo aufgestellt wurden, kam in der jeweiligen Vergleichssorte - wie auch ausschließlich im Jahr 1998 - der „SeptoriaTimer“ zum Einsatz, so daß bei der Messung der Blattbenetzung Unterschiede in der Bestandsdichte berücksichtigt werden konnten. Auch diese Meßfühler wurden im Laufe der Beobachtungsphase dem Pflanzenwachstum angepaßt.

2.1.4.2. Pathogene

Die Blatt- und Halmbasispathogene des Weizens sowie der Nekrotisierungsgrad wurden mit Hilfe des Binokulars (20-40-fache Vergrößerung) und Mikroskops (100-400-fache Vergrößerung) erfaßt. Die detaillierten Analysen erfolgten an jeweils 10 Haupttrieben pro Wiederholung, an denen außerdem das Entwicklungsstadium des Weizens nach ZADOKS et al. (1974) bestimmt wurde. Proben, welche nicht am Tag des Eintreffens im Institut aufgearbeitet werden konnten, wurden im Kühlraum bei 2° C gelagert, um weitere Schaderregerentwicklung zu unterbinden.

Nekrotisierungsgrad

Bei der Bestimmung des Nekrotisierungsgrads wurde, nach Blattetagen getrennt, derjenige Anteil der Blattfläche geschätzt, der Absterbesymptome zeigte. Die Daten spiegeln einerseits den Vitalitätszustand der Pflanzen wider und bildeten andererseits die Grundlage für die Entscheidung darüber, wie lange einzelne Blattetagen untersucht wurden: Ab einer durchschnittlichen Nekrotisierung von mindestens 95 % erfolgten in den Folgewochen keine weiteren Untersuchungen.

E. graminis*, *P. striiformis* und *P. recondita

Befall mit den obligat biotrophen Erregern *E. graminis*, *P. striiformis* und *P. recondita* wurde makroskopisch erfaßt. Pflanzenweise erfolgte, getrennt nach Blattetagen und Ähren, eine Abschätzung des prozentualen Blatt- bzw. Ährenanteils, der von Mehltau-Mycelien bzw. Uredosporenlagern bedeckt war. Dieser Wert stellt die Befallsstärke im Bestand (BSB, als Mittelwert pro Blattetage) dar. Der durchschnittliche Gesamtbefall des Bestands pro Boniturtermin (GES BSB) ergibt sich durch Mittelwert-Bildung aus den Einzeldaten derjenigen Blattetagen, welche im Durchschnitt eine maximale Nekrotisierung von 50 % aufweisen, um der biotrophen Lebensweise der Erreger zu entsprechen. Aus der qualitativen Wertung der einzelnen Pflanzen errechnet sich die Befallshäufigkeit im Bestand (BHB).

S. tritici* und *S. nodorum

Die Diagnose von *S. tritici* und *S. nodorum* wurde mit Hilfe des Binokulars durchgeführt und basierte auf der Auszählung der auf den Blättern und - bei *S. nodorum* - Ähren befindlichen Pyknidien; bei sehr hohem Befall wurde dieser Wert geschätzt. Während die Symptome der *Septoria*-Blattdürre kaum mit denen anderer Pilze zu verwechseln sind, gestaltet sich, vor allem in Frühstadien, die zweifelsfreie Abgrenzung der Fruchtkörper von *S. nodorum* gegenüber denen der *Ascochyta-/Didymella*-Gruppe schwieriger. Zur Absicherung des Befunds dienten mikroskopische Sporenanalysen. Aus der gemittelten Anzahl an Pyknidien ergibt sich die Befallsstärke pro Blattetage (BSB); die Aufsummierung der Einzelwerte führt zur Feststellung des pro Boniturtermin vorhandenen Gesamtbefalls (GES BSB). Die Befallshäufigkeit (BHB) spiegelt den qualitativen Aspekt wider.

D. tritici-repentis

Die Symptomerfassung von *D. tritici-repentis* erfolgte ebenso unter Einsatz optischer Geräte. Analog der für die biotrophen Pathogene dargestellten Vorgehensweise wurden die BSB- und BHB-Werte ermittelt, ergänzt um den mikroskopischen Nachweis der Konidien zur Feststellung der Sporulationshäufigkeit im Bestand (SHB). In der Berechnung der pro

Boniturtermin gegebenen GES BSB fanden hier jedoch alle Blattetagen, d. h. unabhängig vom Nekrotisierungsgrad, Berücksichtigung.

Halmbasispathogene

Für die Analyse des Gesundheitszustands der Halmbasis wurden ab EC 32 (2-Knoten-Stadium) bis EC 37 (Spitzen des Fahnenblatts) mikroskopische Untersuchungen der jeweils zweiten Blattscheide vor dem Halm gemäß dem Anfärbetest nach MAULER-MACHNIK & NAB (1990) vorgenommen, durch den die charakteristischen Mycelstrukturen von *P. herpotrichoides*, *R. cerealis* sowie von Fusarien (echte Fusarien der Gattung *Fusarium* sowie die davon bei Anwendung dieser Methode nicht eindeutig unterscheidbaren Mycelien von *Microdochium nivale*) erkennbar sind. Aus der Anzahl befallener Blattscheiden errechnet sich die BHB; Aussagen zur BSB können nicht getroffen werden.

Ab EC 39 (Ligula-Stadium) bis zum Ende der Milchreife (EC 79) wurden die Halmbasispathogene durch makroskopische Sichtbonitur erfaßt. Der Bestimmung der BSB lag ein 5 Klassen umfassendes Wertungssystem zugrunde, welches auf dem anteiligen Grad der Symptomausprägung am Halmgrund basiert (Tab. 9).

Tab. 9: Wertungssystem für die Halmbasispathogene (1998-2001)

Klasse	Wichtungsfaktor
ohne Symptome	0
Symptome an 1/3 des Halmumfangs	1
Symptome an 1/2 des Halmumfangs	2
Symptome an 2/3 des Halmumfangs	3
Symptome halmumfassend	4

Zur Berechnung der durchschnittlichen BSB wurden die Anzahlen der in die einzelnen Klassen eingestuften Halme mit dem entsprechenden Wichtungsfaktor multipliziert; die BHB ergibt sich wiederum aus dem Anteil befallener Pflanzen.

2.1.5. Datenaufbereitung und -auswertung

Nach Ablauf des jeweiligen Probennahme- und Boniturzeitraums wurden die Einzeldaten verrechnet. Dabei wurden unabhängig von der tatsächlichen Boniturdauer nur diejenigen Erhebungen berücksichtigt, die - je nach Jahr - vom 17., 19. bzw. 20. April bis zum 10., 12., 13. bzw. 16. Juli durchgeführt worden waren.

Das über die Zeit beobachtete Pathogenaufkommen wurde wie folgt dargestellt:

S. tritici und *S. nodorum*: Der Endbefall errechnet sich als Summe aus den einzelnen, pro Blatttage erhobenen BSB-Werten. Dabei geht jeweils nur die zuletzt ermittelte Pyknidienanzahl in die Berechnung ein. Der in den Kontrollen aufgetretene, maximale Befall ergibt sich durch Aufsummierung der Boniturdaten der Blatttagen F-6 bis F (nachstehend als SUM BSB bezeichnet); Vergleiche zwischen den Kontroll- und IPS-Varianten beziehen sich auf die Blatttagen F-2 bis F (nachstehend als Summe BSB geführt).

E. graminis, *P. striiformis*, *P. recondita* und *D. tritici-repentis*: Bei der Bewertung des Befalls mit diesen Erregern wurden - je nach Fragestellung - zwei unterschiedliche Methoden benutzt. Zur Darstellung des über den gesamten Boniturzeitraum auf F-6 bis F aufgetretenen Krankheitsdrucks wurden die pro Probennahmetermin erfaßten und über die Blatttagen gemittelten BSB-Werte aufsummiert; der sich ergebende Wert wird als SUM GES BSB bezeichnet. Beim Vergleich der Befallsdaten der Kontroll- und IPS-Varianten wurden wiederum nur die drei obersten Blattinsertionen berücksichtigt. Hier erfolgte eine Aufsummierung des jeweils pro Blatt aufgetretenen höchsten Befallsstärkewerts; die sich ergebende Kenngröße wird als Summe Max. BSB geführt.

P. herpotrichoides: Zur Darstellung von Ausgangs- und Endbefall mit dem Parasitären Halmbruch wurden die während bestimmter Wachstumsphasen des Weizens erhobenen Befallswerte gemittelt. Somit ergibt sich der Ausgangsbefall aus den zwischen EC 32 und 37 im Färbetest festgestellten BHB-Werten (meist drei Analysen), der Endbefall aus den in der Milchreife (EC 73-79) erfaßten BSB- und BHB-Werten (meist drei Sichtbonituren).

Statistik und Graphik: Die Verrechnung der Daten erfolgte mittels des Tabellenkalkulationsprogramms Excel 97 sowie des Statistikprogramms SAS, in der

graphischen Aufbereitung des Datenmaterials fanden die Programme Excel 97, Harvard Graphics 3 und Power Point 97 Anwendung.

2.2. Monitoring-Projekte zum Epidemieverhalten von Rostpathogenen (1993-2001)

Für die Beschreibung der Populationsdynamik von *P. striiformis* und *P. recondita* wurden neben den niedersächsischen Versuchen außerdem Boniturergebnisse aus weiteren Projekten herangezogen. Berücksichtigung fanden die Daten des in Schleswig-Holstein durchgeführten IPS-Monitorings (1993-2001, 228 Versuche) sowie bundesweiter Erhebungen (1995-1996, 1998-2001, 107 Versuche).

Datenerhebung, -aufarbeitung und -auswertung erfolgten wie in den Kapiteln 2.1.4.-2.1.5. geschildert. Die Tabelle 10 listet die Versuche nach Standort, Jahr und Sorte auf, die geographische Lage der Versuchsorte ist der Abbildung 2 zu entnehmen.

Tab. 10: Versuchsstandorte, -jahre und Sorten im IPS-Monitoring Schleswig-Holstein (1993-2001) und in den bundesweiten Projekten (1995-1996, 1998-2001) zum Auftreten von Weizenpathogenen

Standort	lfd. Nr.	Versuchsjahr(e) und Sorten
Alsfeld	19	1999-2000: Batis, Kanzler; 2001: Kanzler, Ludwig
Axien	20	2000: Thasos, Victo; 2001: Aristos, Monopol
Badbergen	21	1996: Contra
Barnin	22	1998: Mikon, Ritmo; 1999: Flair, Pegassos
Birkenmoor	23	1993: Agent, Arkona, Contra, Corado, Fregatt, Greif, Ibis, Kanzler, Kraka, Orestis, Ortler, Sleipner, Sperber, Toronto, Zentos; 1994: Astron, Kraka, Orestis, Xanthos, Zentos; 1995: Pepital, Ritmo, Zentos; 1996-1997: Ritmo, Zentos; 1998: Hanseat, Ritmo; 1999: Flair, Ritmo; 2000: Drifter, Ritmo; 2001: Ritmo
Bodenwerder	24	1998-2001: Bandit, Ritmo
Coesfeld	25	2001: Bandit, Florida
Eesch	26	1993: Kanzler, Pepital, Toronto; 1994: Kanzler, Pepital; 1995: Kanzler, Pepital, Ritmo; 1996-1999: Kanzler, Ritmo; 2000: Flair, Ritmo; 2001: Ritmo
Fegetasch	27	1993: Anja; 1995: Kraka, Pepital, Ritmo, Zentos; 1996: Ritmo, Zentos; 1998: Hanseat, Ritmo; 1999: Flair, Ritmo; 2001: Ritmo
Finkhaushallig	28	1993: Kanzler, Orestis, Tristan
Friedrichskoog	29	1995: Kraka
Futterkamp	30	1995: Contra, Ritmo, Toronto, Zentos; 1996: Ritmo, Zentos; 1999: Ritmo, Flair; 2000: Aspirant, Drifter, Flair, Ritmo; 2001: Ritmo
Gammelby	31	1993: Kraka, Orestis; 1994: Zentos
Großmehring	32	1999: Batis, Previa; 2000: Batis, Petrus
Groß Niendorf (SH)	33	1993: Haven, Konsul, Orestis; 1994: Kraka, Orestis, Zentos; 1995: Pepital, Ritmo, Zentos; 1996-1997: Ritmo, Zentos; 1998: Hanseat, Ritmo; 1999: Flair, Ritmo; 2000: Drifter, Ritmo; 2001: Ritmo
Groß Niendorf (MV)	34	2001: Kornett, Ritmo
Grünhof	35	1996: Zentos

Tab. 10: Versuchsstandorte, -jahre und Sorten im IPS-Monitoring Schleswig-Holstein (1993-2001) und in den bundesweiten Projekten (1995-1996, 1998-2001) zum Auftreten von Weizenpathogenen (Fortsetzung)

Standort	lfd. Nr.	Versuchsjahr(e) und Sorten
Havighorst	36	1993: Astron, Kanzler, Kraka, Orestis, Pepital, Zentos
Hemmelte	37	2001: Flair, Hybnos 1
Hennef	38	1995: Astron
Höfchen	39	1995: Agent, Haven (2 x); 1996: Agent, Haven
Hopen	40	1995: Kanzler
Isseroda	41	1995: Monopol
Kattrepel	42	1996: Kanzler
Klausdorf	43	1994: Pepital, Xanthos; 1995: Pepital, Ritmo, Zentos; 1996-1997: Ritmo
Klvensiek	44	1993: Andros, Contra, Konsul, Kraka, Lambros, Toronto, Xanthos, Zentos; 1995: Kraka, Pepital, Ritmo, Zentos; 1996-1997: Ritmo, Zentos; 1998: Hanseat, Ritmo; 1999: Flair, Ritmo; 2000: Drifter, Ritmo; 2001: Ritmo
Leezen	45	1993: Kraka
Lensahn	46	1993: Astron, Kanzler, Kraka, Orestis, Pepital, Xanthos
Lindenholzhausen	47	1995: Ritmo
Lintor	48	1995: Monopol
Louisenkoog	49	1995: Kanzler, Pepital; 1996-1998: Kanzler, Ritmo
Lübbersdorf	50	2001: Ritmo
Marienkoog	51	1999: Kanzler, Ritmo; 2000: Flair, Ritmo; 2001: Ritmo
Marmerow	52	1995: Greif
Mettmann	53	1996: Soissons
Mitterharthausen	54	1995: Batis
Möhnese	55	1995: Apollo
Müllheim	56	1995: Greif
Münster	57	1998-1999: Contra, Ritmo; 2000: Contra, Semper
Namsen	58	1995: Kanzler
Neckarsulm	59	1996: Monopol
Nenndorf	12	1995: Toronto; 1996: Ritmo
Neuenburg	60	1995: Rektor
Neuvorwerk	61	1994: Kraka; 1995: Pepital, Ritmo, Zentos; 1996: Ritmo, Zentos
Niederbrechen	62	1996: Contra
Nienrade	63	1994: Kraka, Orestis, Pepital, Xanthos Zentos; 1995: Pepital, Ritmo, Zentos; 1996-1997: Ritmo, Zentos; 1998: Hanseat, Ritmo; 1999: Flair, Ritmo
Nürtingen	64	1999: Flair, Rialto; 2000-2001: Aron, Flair
Oberwiera	65	2001: Contur, Tarso
Rabenholz	66	1994: Haven, Kraka, Orestis, Zentos; 1997: Ritmo, Zentos; 2000: Drifter, Ritmo
Rade	67	1998: Pegassos, Ritmo; 1999: Batis, Ritmo
Reußenkoog	68	1994: Kanzler, Zentos
Roggenstein	69	1998: Batis, Toronto
Schönberg	70	1994: Bovictus, Contra, Konsul, Kraka, Orestis, Ritmo, Xanthos, Zentos; 1995: Kraka, Pepital, Ritmo, Zentos; 1996-1997: Ritmo, Zentos; 1998: Hanseat, Ritmo
Schwartbuck	71	1995: Kanzler, Zentos; 1996: Kraka; 1998: Kanzler, Ritmo; 1999: Kanzler, Toronto; 2000-2001: Ritmo, Toronto
Seestermühe	72	1993: Astron, Kanzler; 1994: Kanzler; 1995: Kanzler, Pepital, Ritmo; 1996-1999: Kanzler, Ritmo; 2000: Flair, Ritmo; 2001: Ritmo
Sengkofen	73	1995: Kanzler
Steinkimmen	18	1999: Contra, Ritmo; 2000: Batis, Ritmo
Tannroda	74	1995: Zentos; 1996: Bussard
Voldagsen	75	1995: Zentos; 1996: Batis
Walbeck	76	1996: Borenos
Wallerndorf	77	1999: Complet, Monopol; 2000: Monopol, Pajero; 2001: Borneo, Monopol
Wankum	78	1995: Borenos
Wessin	79	2000: Ritmo, Zentos

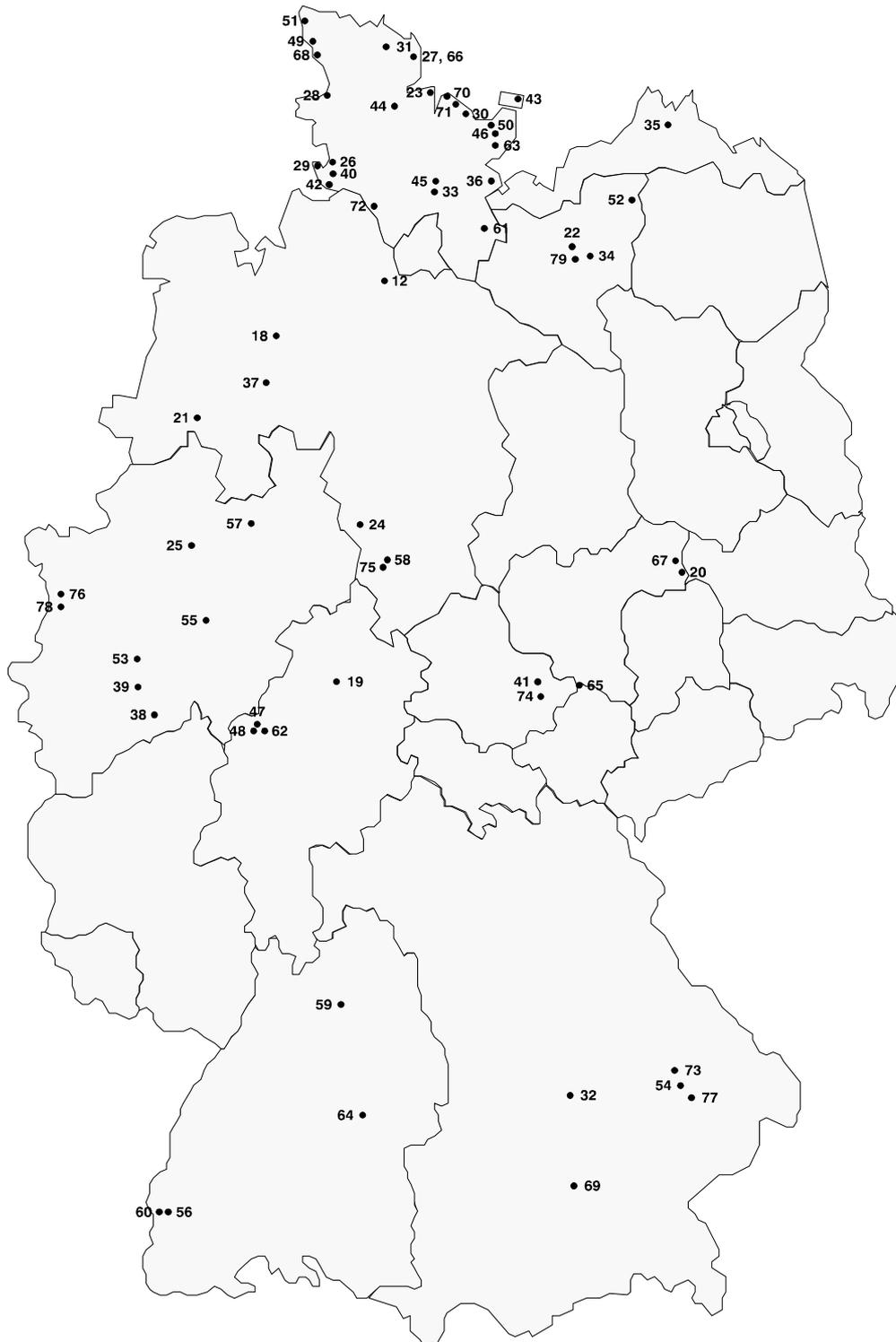


Abb. 2: Geographische Lage der Versuchsstandorte im IPS-Monitoring Schleswig-Holstein (1993-2001) und in den bundesweiten Projekten (1995-1996, 1998-2001) zum Auftreten von Weizenpathogenen (für die lfd. Nr. vgl. Tab. 10)

3. ERGEBNISSE

3.1. IPS-Monitoring Niedersachsen (1998-2001)

3.1.1. Witterung

Nachstehend soll anhand der Temperatur- und Niederschlags- (Jahre 1999-2001) sowie Blattbenetzungsdaten (Jahre 1998-2001) das standort- und jahresspezifische Witterungsgeschehen nachgezeichnet werden. Dabei wird jeweils nur die Zeitspanne zwischen dem 16. April und dem 10. Juli dargestellt, um Vergleichbarkeit zwischen den Jahren zu gewährleisten.

3.1.1.1. Temperatur und Niederschlag

Die standortspezifischen Temperatur- und Niederschlagsdaten sind den Abbildungen 3-5 zu entnehmen, in den Tabellen 11-12 sind die jeweils über die Standorte gemittelten Werte nebst Standardabweichung dokumentiert.

Tab. 11: Standortübergreifende Tagesdurchschnittstemperatur (°C im Bestand, Mittelwert und Standardabweichung, 1999-2001)

Jahr(e)		Zeitraum					
		16.-30.4.	1.-15.5.	16.-31.5.	1.-15.6.	16.-30.6.	1.-10.7.
1999	Mittelwert	9,73	11,84	14,85	14,75	14,79	18,55
	Stand.abw.	± 0,30	± 0,79	± 1,26	± 1,24	± 1,48	± 1,32
2000	Mittelwert	13,10	15,49	12,47	16,25	15,60	15,61
	Stand.abw.	± 0,43	± 0,60	± 0,33	± 0,75	± 0,42	± 0,36
2001	Mittelwert	7,53	13,74	13,60	11,95	15,74	18,61
	Stand.abw.	± 0,50	± 0,81	± 0,79	± 0,47	± 0,52	± 0,48
1999-2001	Mittelwert	10,12	13,69	13,64	14,32	15,38	17,59

Tab. 12: Standortübergreifende Niederschlagsmenge (Σ mm, Mittelwert und Standardabweichung, 1999-2001)

Jahr(e)		Zeitraum					
		16.-30.4.	1.-15.5.	16.-31.5.	1.-15.6.	16.-30.6.	1.-10.7.
1999	Mittelwert	17,60	32,65	20,60	31,37	29,40	16,63
	Stand.abw.	$\pm 17,12$	$\pm 11,38$	$\pm 20,85$	$\pm 5,22$	$\pm 18,80$	$\pm 11,57$
2000	Mittelwert	20,54	5,33	40,76	24,04	27,51	26,07
	Stand.abw.	$\pm 5,24$	$\pm 5,19$	$\pm 17,40$	$\pm 5,13$	$\pm 18,19$	$\pm 19,11$
2001	Mittelwert	26,28	6,25	23,40	41,91	45,70	24,74
	Stand.abw.	$\pm 14,66$	$\pm 6,49$	$\pm 7,98$	$\pm 8,30$	$\pm 28,11$	$\pm 11,84$
1999-2001	Mittelwert	21,47	14,74	28,25	32,44	34,20	22,48

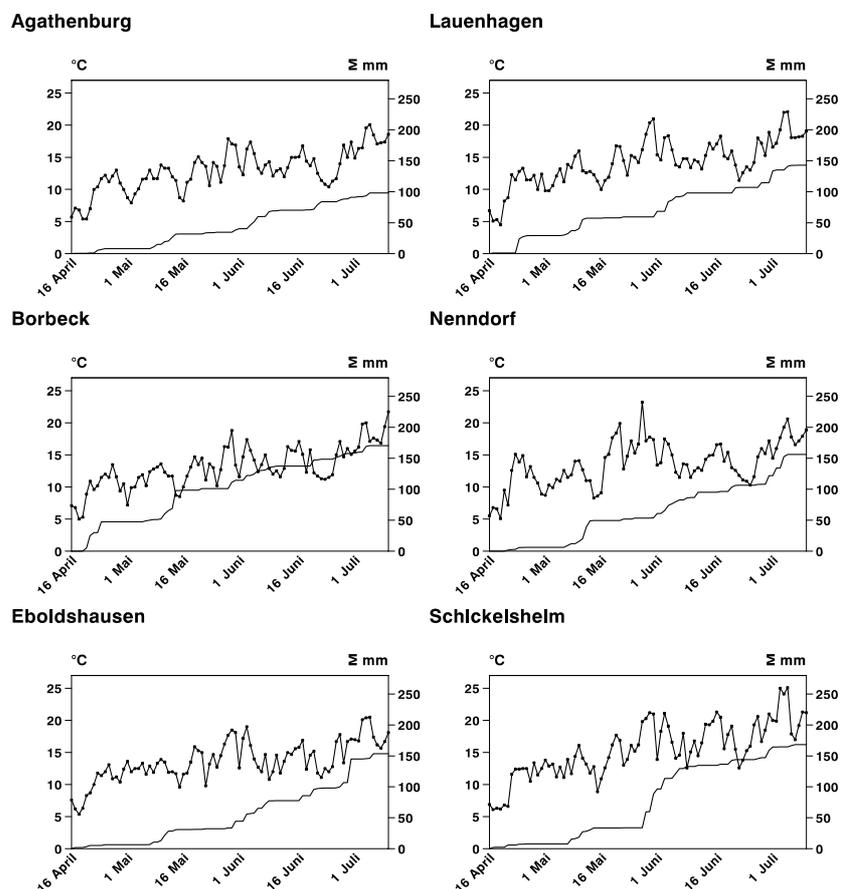


Abb. 3: Standortspezifische Tagesdurchschnittstemperatur ($^{\circ}\text{C}$ im Bestand) und aufsummierter Niederschlag (Σ mm) während des Beobachtungszeitraums 16.4. - 10.7.1999

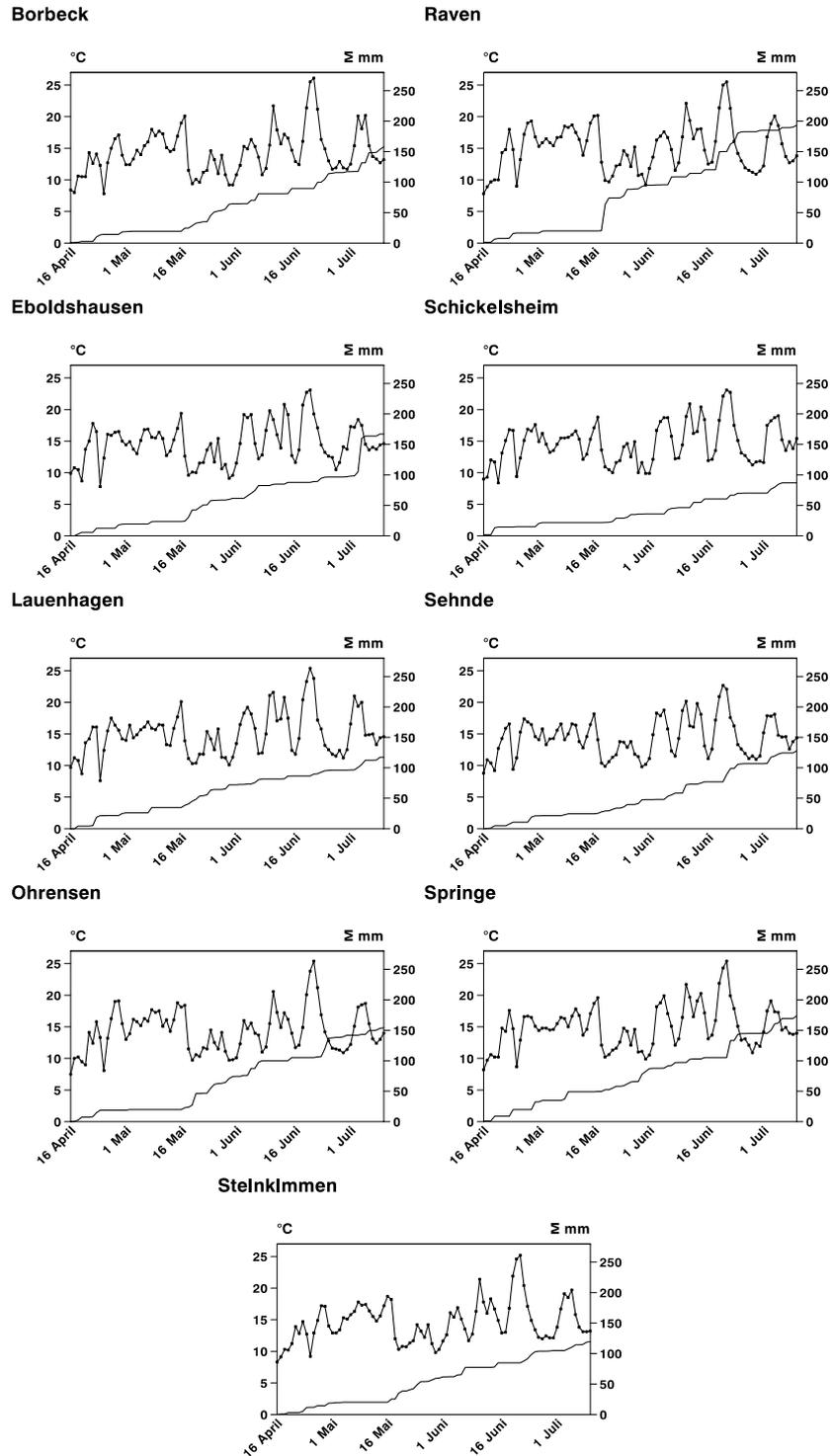


Abb. 4: Standortspezifische Tagesdurchschnittstemperatur (°C im Bestand) und aufsummierter Niederschlag (Σ mm) während des Beobachtungszeitraums 16.4. - 10.7.2000

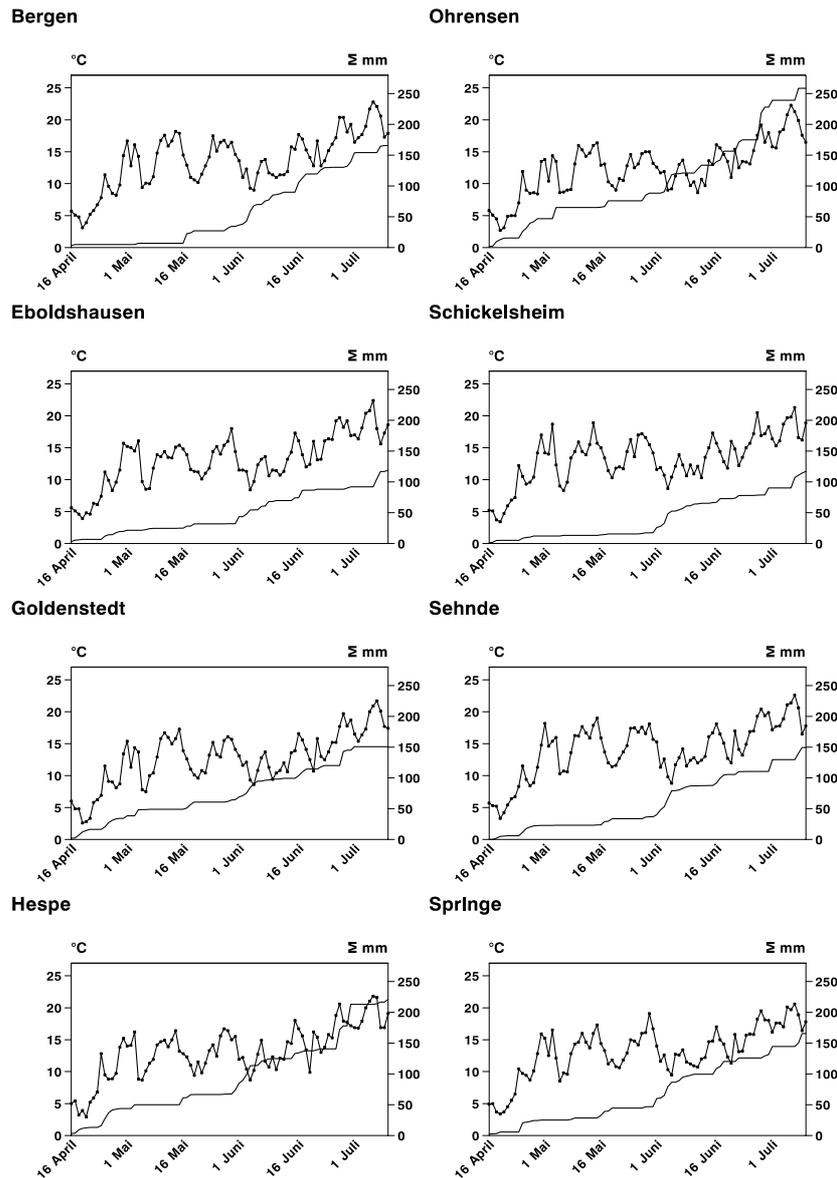


Abb. 5: Standortspezifische Tagesdurchschnittstemperatur ($^{\circ}\text{C}$ im Bestand) und aufsummierter Niederschlag (Σ mm) während des Beobachtungszeitraums 16.4. - 10.7.2001

Wie anhand der Graphiken und der Standardabweichungen, die meist $< 1^{\circ}\text{C}$ betragen, ablesbar ist, hatten die an den einzelnen Versuchsorten aufgezeichneten Temperaturwerte innerhalb der jeweiligen Beobachtungszeiträume weitgehend parallelen Verlauf, was auf ausgeprägten Einfluß von Großwetterlagen hindeutet. Zwischen den Vegetationsperioden waren jedoch deutliche Abweichungen nachweisbar. Das Jahr 1999 zeigte bis Mitte Mai unterdurchschnittliche Temperaturen, späterhin Angleichung an den dreijährigen Mittelwert.

Im Gegensatz hierzu wurden im Jahr 2000 während des ersten Monats vergleichsweise hohe Wärmegrade erreicht. Einem Temperaturabfall in der zweiten Maihälfte folgte zunächst ein Anstieg auf überdurchschnittlich hohe Werte, ab Mitte Juni hingegen herrschten relativ kühle Verhältnisse vor. Das Jahr 2001 war gekennzeichnet durch sehr niedrige April- und mittlere Maitemperaturen sowie eine erhebliche Abkühlung in der ersten Junihälfte. Nachhaltige Erwärmung war erst im weiteren Beobachtungszeitraum zu verzeichnen.

Ähnlich den Temperaturwerten ergaben sich ebenso innerhalb der Untersuchungsjahre Parallelitäten bezüglich des Niederschlags, in diesem Fall jedoch nur in qualitativer Hinsicht. Die absoluten Regenmengen an den Standorten unterlagen z. T. merklichen Schwankungen (vgl. die relativ hohen Standardabweichungen in Tab. 12).

Im Jahr 1999 fiel an den Versuchsstandorten zwischen dem 16. April und dem 10. Juli im Schnitt 148 mm Niederschlag. Dabei wich vor allem der Standort Agathenburg, mit 100 mm, stark vom Gesamtmittel ab. Während die Durchschnittswerte im April auf mittlerem Niveau lagen, wurden in der ersten Maihälfte, zumeist infolge von Starkregenereignissen, mit rund 33 mm weitaus höhere Regenmengen als in den Vergleichsjahren 2000 und 2001 (5 bzw. 6 mm) gemessen. Ab Mitte Mai hielten sich die Werte wieder auf durchschnittlicher Höhe.

Im Jahr 2000 betrug der über die Standorte gemittelte Niederschlag zwischen dem 16. April und dem 10. Juli 144 mm. Als regenarme Standorte heben sich Schickelsheim (85 mm), Lauenhagen und Steinkimmen (115 bzw. 120 mm) hervor, die höchsten Werte traten in Springe (170 mm) und Raven (190 mm) auf. Die Aprildaten spiegeln den dreijährigen Durchschnitt wider. In der ersten Maihälfte fiel kaum, in der zweiten hingegen vergleichsweise viel Regen, die Juniwerte lagen unterhalb, die Julimengen leicht oberhalb des Gesamtmittels.

Das Jahr 2001 war - mit durchschnittlichen Niederschlägen von 168 mm zwischen dem 16. April und dem 10. Juli - das regenreichste des dreijährigen Zeitraums. Auch in dieser Periode zeigten einige Standorte eher niedrige (Eboldshausen und Schickelsheim mit je rund 120 mm) oder aber extrem hohe Werte (Hespe mit 220 und Ohrensen mit 260 mm). In den ersten Wochen entsprachen die gemittelten Regenmengen denjenigen des Vorjahrs. Erneut fielen zwischen dem 1. und 15. Mai mit rund 6 mm nur unerhebliche Niederschläge. Nach Ablauf

der Maitrockenheit ergaben sich wiederum feuchtere Verhältnisse. Vor allem der Juni war durch ausgesprochen nasse Witterung gekennzeichnet.

3.1.1.2. Blattbenetzung

Der Blattbenetzungsgrad ist zu interpretieren als Funktion aus Niederschlagshöhe, Temperatur, Windverhältnissen und Bestandesdichte. Aus den Aufzeichnungen der Wetterstationen, untermauert durch die Daten der „SeptoriaTimer“, lassen sich anhand der Blattnässewerte Rückschlüsse auf Anzahl und Verteilung potentieller Infektionsereignisse für *S. tritici* ziehen. Diese sind nach KLINK (1997) definiert durch Niederschlagsmengen von mindestens 3 mm/Tag, gefolgt von einer über mindestens 48 Stunden andauernden Blattnässe von ≥ 98 %. Anzahl und Verteilung derartiger Konstellationen während der 4jährigen Untersuchungsperiode sind in Abbildung 6 dargestellt.

Die Graphik weist deutliche Jahresunterschiede aus. Während 1998, 2000 und 2001 jeweils im Mittel rund 5 mögliche Infektionsereignisse pro Standort aufgezeichnet wurden, lag dieser Wert im Jahr 1999, mit einer durchschnittlichen Anzahl von rund 3, erheblich niedriger. Daneben ist ersichtlich, daß innerhalb eines Jahres überregional zumeist nahezu gleichzeitig Witterungskonstellationen beobachtet wurden, welche die Ausbreitung von *S. tritici* begünstigen, was, wie zuvor bereits angesprochen, auf den Einfluß von Großwetterlagen zurückgeführt werden muß.

3.1.2. Entwicklung der Weizenbestände

Die morphologische Entwicklung der Weizenpflanzen wird anhand der in den unbehandelten Kontrollen der Sorte Ritmo erhobenen Daten dargestellt. Ziel der Untersuchungen war festzustellen, in welchem Umfang Saattermin, Bodengüte und Witterung als bestimmende Parameter auf das Pflanzenwachstum einwirken.

Einfluß des Saattermins

Anhand der Wachstumskurven zweier ausgewählter Standorte wird die Auswirkung unterschiedlicher Aussaattermine dargestellt. Hierzu werden Daten des Jahres 1998/1999 herangezogen, in welchem die größten Unterschiede beim Saatzeitpunkt aufgetreten waren. Der Entwicklung am Standort Borbeck (Aussaat: 6.10.1998) wird die am Standort Huntlosen (Aussaat: 30.11.1998) gegenübergestellt (Abb. 7).

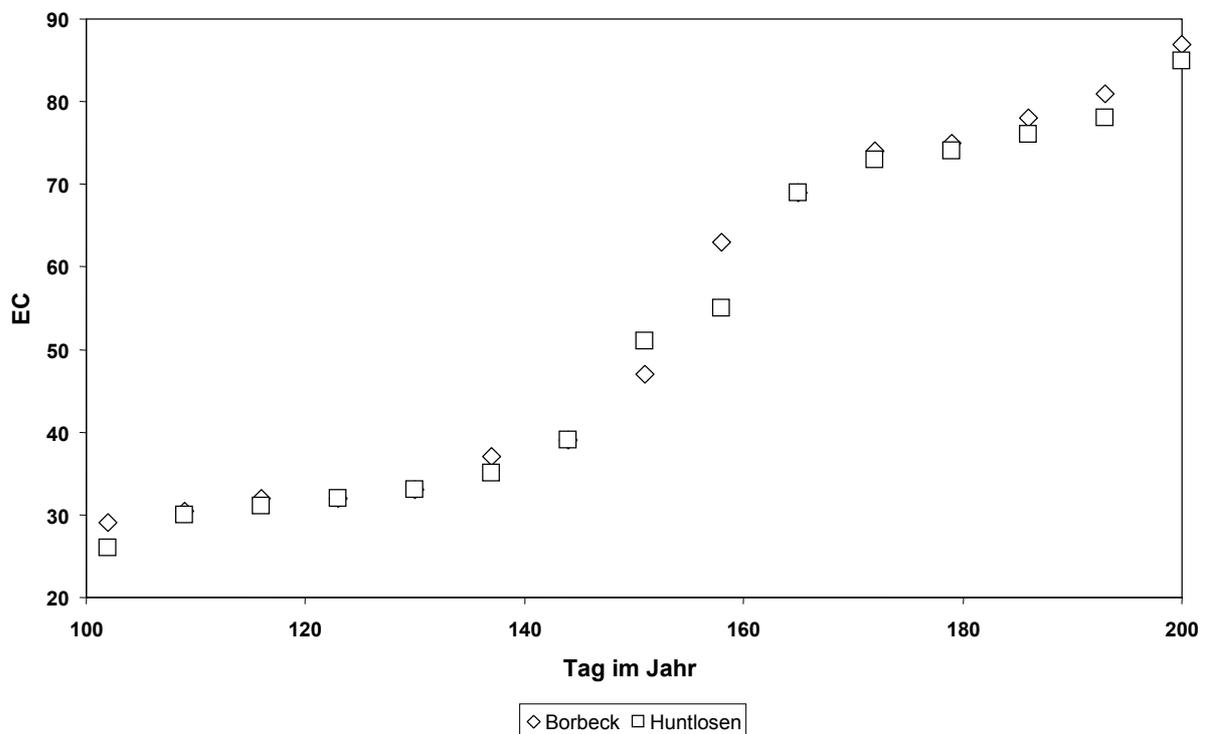


Abb. 7: Einfluß des Saattermins auf die Entwicklung der Weizenpflanzen an den Standorten Borbeck und Huntlosen (Jahr 1999, Sorte Ritmo)

Trotz des fast 2 Monate auseinander liegenden Saattermins verlief der Wachstumsprozeß an beiden Standorten nahezu gleichförmig. Die maximal beobachteten Differenzen traten zwischen EC 47 (Öffnen der Fahnenblattscheide) und 63 (Beginn bis Mitte Blüte) auf und betrug 4 bzw. 8 EC-Stadien (Boniturtermine vom 31.5. und 7.6., entsprechend 151. bzw. 158. Tag.).

Einfluß der Bodengüte

Zur Darstellung der Auswirkung von Standorteigenschaften auf die Entwicklung der Bestände werden zunächst Daten des Jahres 2000 herangezogen. Ausgewählt wurden zwei Versuche, die sich vornehmlich in der Bodengüte unterschieden, während Aussaattermin und Witterungsdaten nur relativ geringfügig differierten. Verglichen wird der Wachstumsverlauf des Weizens am Standort Borbeck (AZ: 26, Aussaat: 7.10.1999, Σ mm: 158, $\bar{\theta}$ °C: 14,34) mit dem am Standort Eboldshausen (AZ: 75, Aussaat: 24.9.1999, Σ mm: 167, $\bar{\theta}$ °C: 14,60) (Abb. 8).

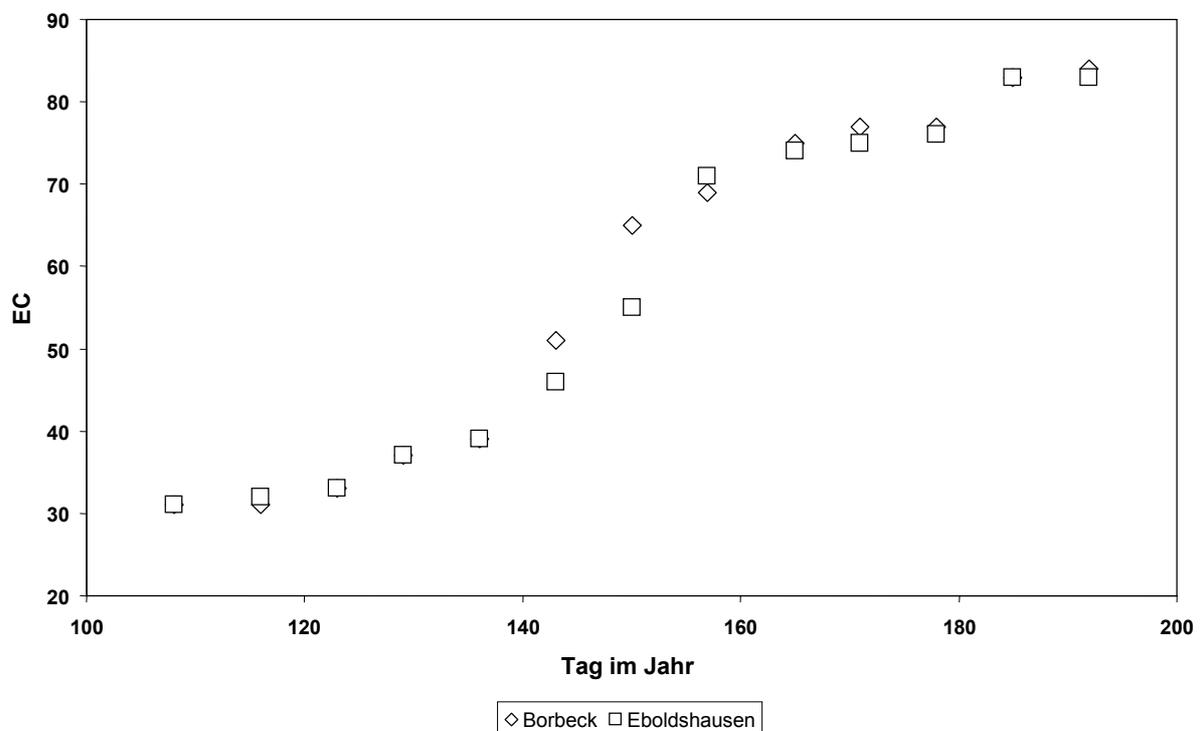


Abb. 8: Einfluß der Bodengüte auf die Entwicklung der Weizenpflanzen an den Standorten Borbeck und Eboldshausen (Jahr 2000, Sorte Ritmo)

Ähnlich den zuvor geschilderten Verhältnissen traten in der Entwicklung des Weizens an beiden Standorten kaum Unterschiede auf. Die stärksten Abweichungen zeigten sich zwischen EC 46 und 65 (Boniturtermine vom 22.5. und 29.5., entsprechend 143. bzw. 150. Tag). Während dieser Zeitspanne verzögerte sich das Wachstum am Standort Eboldshausen gegenüber dem am Standort Borbeck um 5-10 EC-Stadien. Ab dem Boniturtermin vom 5.6. (157. Tag) hingegen waren nur noch sehr geringe Differenzen nachweisbar.

Die Daten verdeutlichen, daß die Bodengüte - unter sonst ähnlichen Rahmenbedingungen - kaum Einfluß auf die Entwicklung der Bestände ausübte. Dies war jedoch auch dann nicht der Fall, wenn zusätzlich starke Unterschiede in den Niederschlagsmengen auftraten (Abb. 9).

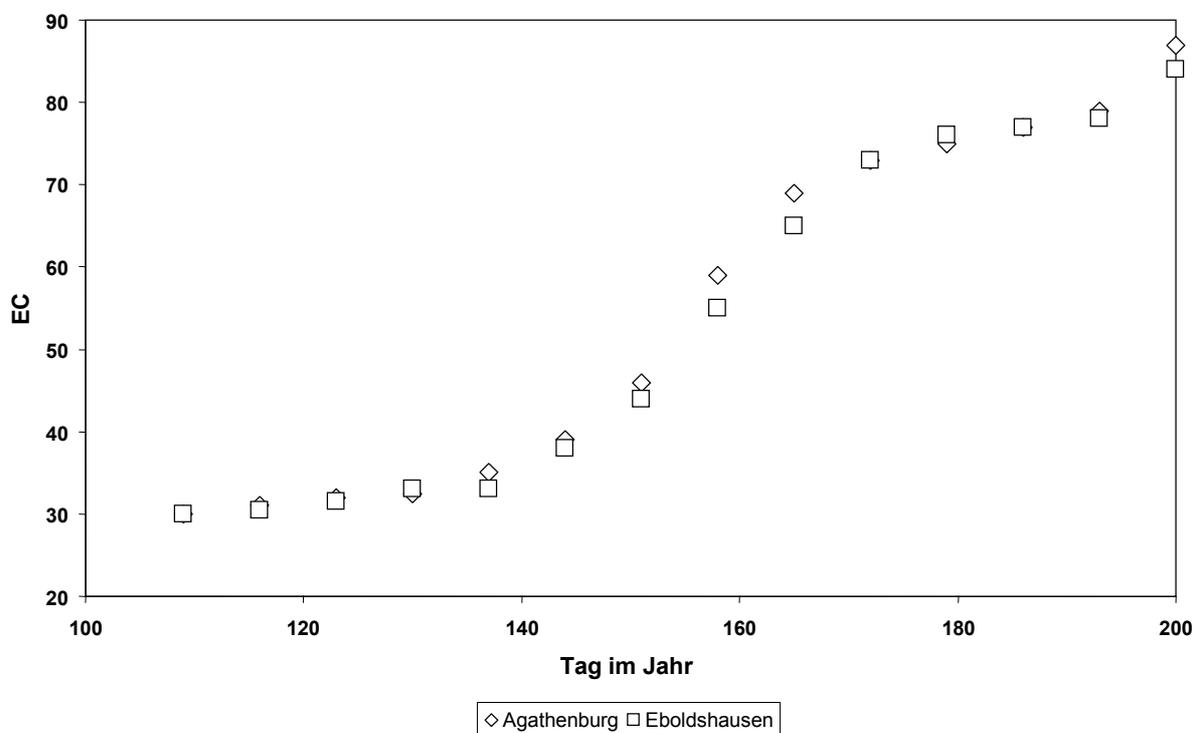


Abb. 9: Einfluß der Bodengüte auf die Entwicklung der Weizenpflanzen an den Standorten Agathenburg und Eboldshausen (Jahr 1999, Sorte Ritmo)

Verglichen wird in diesem Beispiel das Wachstum im Jahr 1999 am Standort Agathenburg mit dem am Standort Eboldshausen. Die Versuche sind einerseits gekennzeichnet durch stark differierende Bodenverhältnisse, andererseits durch unterschiedlich hohe Regenmengen: Während die Fallstudie in Agathenburg auf lehmigem Sand mit einer AZ von 35 durchgeführt wurde, war der Versuch in Eboldshausen auf schwerem, lehmigem Boden mit einer AZ von

85 angelegt. Die Niederschlagsmengen vom 16.4.-10.7. beliefen sich auf 98 resp. 154 mm. Trotz dieser Unterschiede traten kaum Abweichungen im Wachstumsverlauf auf. Die höchsten, in ihrem Ausmaß vernachlässigbaren Differenzen von 4 EC-Stadien wurden im Laufe des Ährenschiebens und der Blüte ermittelt (Boniturtermine vom 7.6. und 14.6., entsprechend 158. bzw. 165. Tag).

Jahreseinfluß

Bei Heranziehung der innerhalb der einzelnen Vegetationsperioden ermittelten Daten konnte ein deutlicher jahresspezifischer Einfluß auf die morphologische Entwicklung des Weizens nachgewiesen werden. Dieser war sowohl an einzelnen Standorten zu erkennen als auch an den pro Jahr über alle Standorte hin gemittelten Werten (Abb. 10).

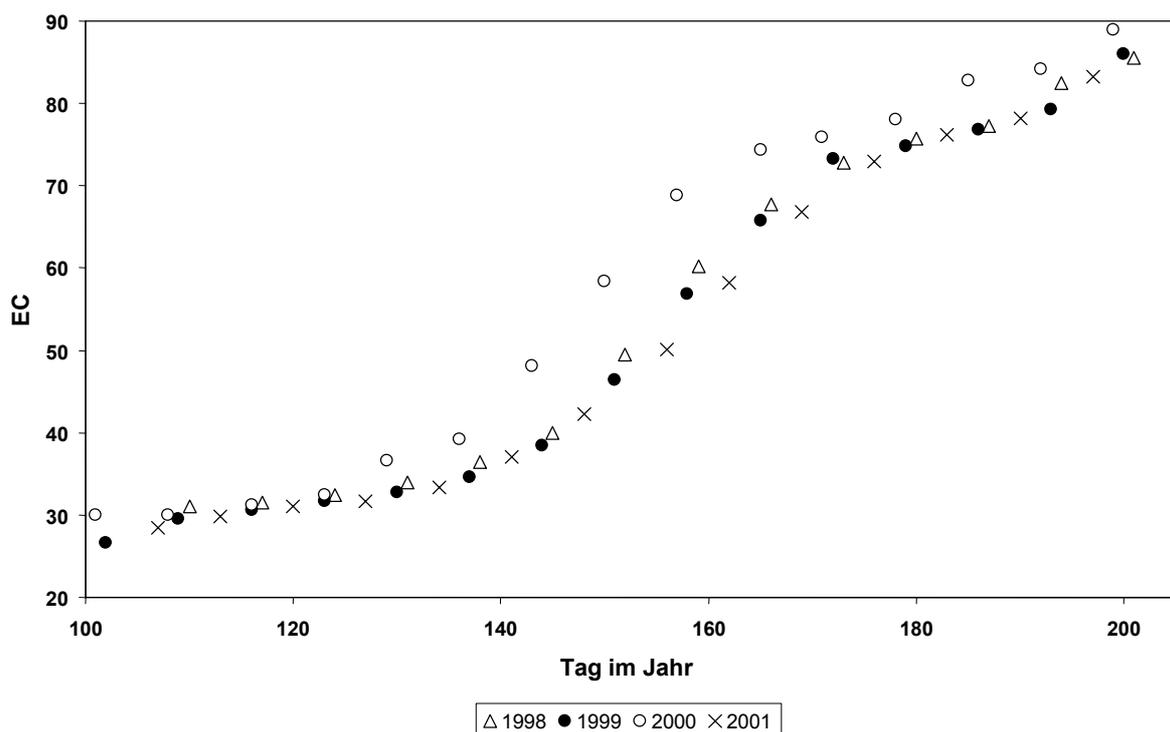


Abb. 10: Einfluß des Jahres auf die Entwicklung der Weizenpflanzen (gemittelte EC-Stadien aller Standorte, Sorte Ritmo)

Aus der Graphik ist ein erheblicher Unterschied in der Weizenentwicklung zwischen den Jahren 1998, 1999 und 2001 einerseits und dem Jahr 2000 andererseits ablesbar. Dieser trat besonders nach der Entwicklung des Fahnenblatts (ab EC 37) in Erscheinung und hielt bis zum Ende der Teigreife (EC 89) an. Ursache hierfür waren die relativ hohen April- und Maitemperaturen des Jahres 2000 (vgl. Kap. 3.1.1.1.), die vergleichsweise rasches Wachstum bewirkten. Während die in den anderen Jahren ermittelten Zuwachsdaten sehr eng beieinander lagen und sich rechnerisch pro Boniturtermin um höchstens rund 3 EC-Stadien unterschieden, waren im Jahr 2000 maximale Abweichungen von 14 EC-Stadien (bezogen auf den Mittelwert der Jahre 1998, 1999 und 2001) nachzuweisen.

Erkennbar ist ferner eine leicht verzögerte Anfangsentwicklung der Pflanzen in den Jahren 1999 und 2001, die erklärbar ist durch die vergleichsweise niedrigen Temperaturwerte während der ersten Wochen der Beobachtungszeiträume.

Sieht man von den Daten des Jahres 2000 ab, so wurden die einzelnen Entwicklungsstadien des Weizens im Mittel während definierter Zeitspannen durchlaufen: Die Schoßphase (EC 30-39) umfaßte den Zeitraum zwischen dem 110. und 145. Tag (20. April bis 25. Mai), Ährenscheiden (EC 40-49) erfolgte vom 26. Mai bis zum 2. Juni (146.-153. Tag), Ährenschieben (EC 50-59) vom 3. bis zum 9. Juni (147.-160. Tag), Weizenblüte (EC 60-69) vom 10. bis 19. Juni (161.-170. Tag). Im Durchschnitt begann die Kornfüllungsphase (EC 70-79) am 20. Juni (171. Tag) und war am 11. Juli (192. Tag) abgeschlossen. Körner im Teigreifestadium wurden im Mittel ab dem 12. Juli beobachtet.

Betrachtet man die Pflanzenentwicklung unabhängig vom konkreten Datum, so ergeben sich bezüglich der Zeitspannen, die zwischen den Hauptwachstumsphasen liegen, bemerkenswerte Übereinstimmungen zu den zuvor geschilderten Beobachtungen (Abb. 11).

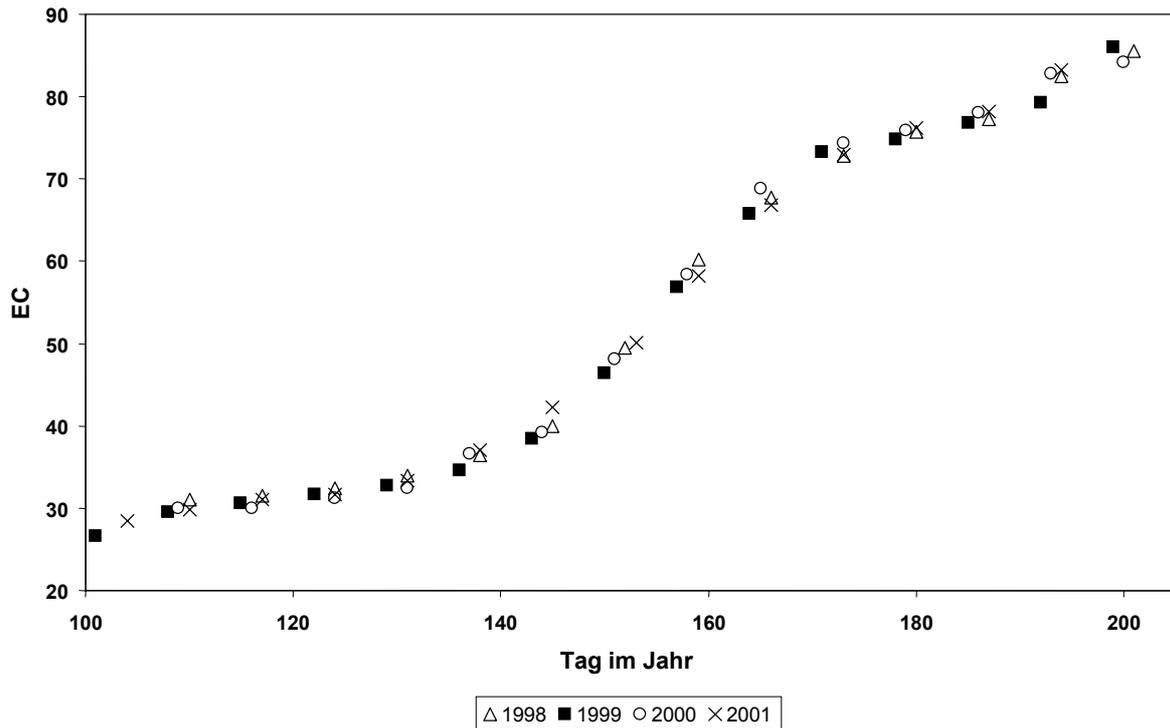


Abb. 11: Entwicklung der Weizenpflanzen (zur Deckung gebrachte Kurven der gemittelten EC-Stadien, Sorte Ritmo)

Für die Darstellung wurden die Daten der Jahre 1999 und 2001 um 1 bzw. 3 Tage vordatiert, die des Jahres 2000 dagegen um 8 Tage zurückdatiert. Jahresunabhängig war danach eine zeitlich sehr gleichmäßige Abfolge einzelner Wachstumsstadien aufeinander festzustellen, die die fixierten Abläufe in der Phänologie des Weizens belegt.

3.1.3. Pathogenaufreten: unbehandelte Kontroll-Varianten

Nachstehende Ausführungen geben Einblick in die während des 4jährigen Untersuchungszeitraums ermittelte maximale Befallsstärke der Blatt- und Halmbasispathogene. Berücksichtigung findet - soweit nicht ausdrücklich anders erwähnt - nur die Sorte Ritmo, um Vergleichbarkeit zwischen den Jahren und Standorten zu gewährleisten.

3.1.3.1. *Septoria tritici*

Der Erreger der *Septoria*-Blattdürre trat in allen Fallstudien auf und kann als bedeutsamstes Pathogen angesprochen werden, welches, wie in Kapitel 3.1.4. dargestellt, in der Mehrzahl der Versuche durch Überschreitung der Bekämpfungsschwelle Fungizideinsatz auslöste.

3.1.3.1.1. Befallsstärke

Zwischen den Untersuchungsperioden waren erhebliche Unterschiede in der Befallsstärke von *S. tritici* nachzuweisen. So bewegte sich der Befall 1998 und 1999 auf relativ niedrigem Niveau, dagegen erfuhr der Erreger hohe Ausbreitung in den Jahren 2000 und 2001 (Abb. 12).

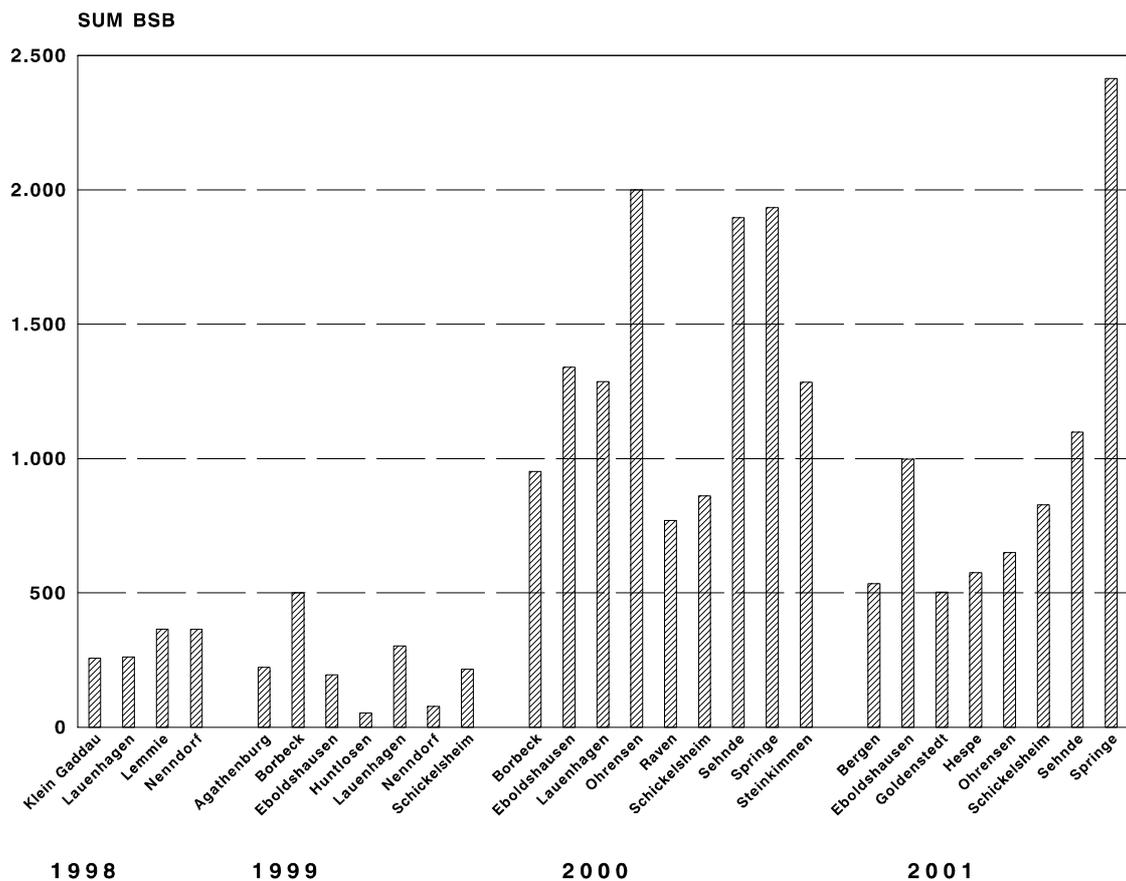


Abb. 12: *S. tritici*: Endbefall in den unbehandelten Kontrollen (SUM BSB auf F-6 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

Das Jahr 1998 war gekennzeichnet durch sehr geringen Anfangsbefall (30-100 Pyknidien auf den Blattetagen F-6 und F-5) sowie ebenfalls niedrige Endbefallswerte von durchschnittlich 310 Fruchtkörpern (SUM BSB auf F-6 bis F, Spannbreite: 260-360). Ähnliche Daten lagen 1999 vor. Das Ausgangsinokulum auf den Blattetagen F-6 und F-5 betrug zwischen 30 und 210 Pyknidien (Mittel: 100), der Endbefall belief sich auf durchschnittlich 220 Fruchtkörpern (SUM BSB auf F-6 bis F, Spannbreite: 50-500).

Die Versuchsperioden 2000 und 2001 zeigten ein merklich abweichendes Bild. Im Jahr 2000 wurde ein mittleres Ausgangsinokulum von rund 600 Pyknidien (Spannbreite: 330-1580) auf den Blattetagen F-6 und F-5 festgestellt, dem ebenfalls, mit durchschnittlich 1370 Fruchtkörpern (SUM BSB auf F-6 bis F, Spannbreite: 770-2000) hohe Befallswerte am Ende des Boniturzeitraums gegenüberstanden. Im Versuchsjahr 2001 trat zu Beginn der Bonituren ebenfalls hohes Inokulum auf, das allerdings mit durchschnittlich 270 Pyknidien auf F-6 und F-5 (Spannbreite: 160-500) nicht das Niveau des Jahres 2000 erreichte. Während der Beprobungsphase breitete sich der Erreger der *Septoria*-Blattdürre jedoch auch in diesem Jahr in starkem Umfang in den Beständen aus. Die Endbefallswerte betrugen im Schnitt 950 Pyknidien (SUM BSB auf F-6 bis F, Spannbreite: 500-2420).

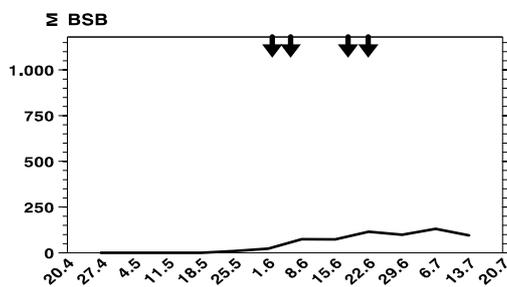
Die geschilderten Jahresunterschiede ließen sich statistisch absichern. Nach dem U-Test (vgl. SACHS 1972: 230 ff) lagen sowohl die Ausgangs- als auch die Endbefallswerte der Jahre 1998 und 1999 mit $\alpha < 0,0001$ auf signifikant niedrigerem Niveau als die der Jahre 2000 und 2001. Offenbar hatten die späten Drilltermine der ersten beiden Untersuchungsperioden die Ausbreitungsmöglichkeiten des Erregers noch vor Eintritt der Vegetationsruhe erheblich eingeschränkt, während die Normalsaaten der Jahre 2000 und 2001 günstigere Bedingungen für Herbstinfektionen geschaffen hatten.

Eine Auswirkung der Fruchtfolgegestaltung auf die *Septoria*-Blattdürre war nicht zu ermitteln. Weder bei Betrachtung der Vorkultur (Weizen gegenüber sonstiger) noch unter Einbeziehung des Weizenanteils in der Rotation (66,7 % gegenüber geringerer Konzentration) ergaben sich bezüglich des Ausgangs- und Endbefalls signifikante Unterschiede zu den entsprechenden Vergleichsgruppen (U-Test, jeweils $\alpha > 0,05$).

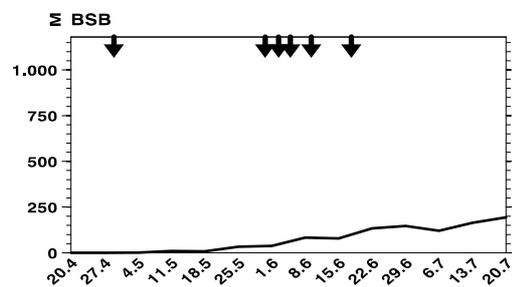
3.1.3.1.2. Befallsentwicklung

Die an den Versuchsstandorten in der Sorte Ritmo ermittelte Erregerprogression von *S. tritici* geht aus den Abbildungen 13-16 hervor. Dargestellt werden jeweils die Summenwerte der Befallsstärke der Blattetagen F-3 bis F, also derjenigen Pflanzenorgane, die erst nach Boniturbeginn vollständige Entwicklung erfahren und somit auch erst dann möglichen Infektionen ausgesetzt waren.

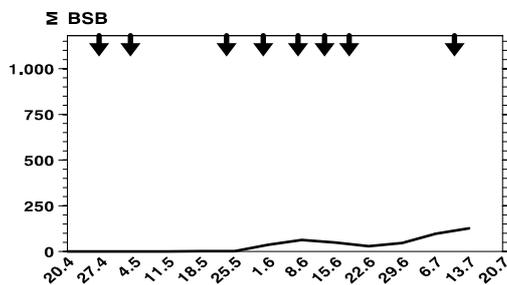
Klein Gaddau



Lemie



Lauenhagen



Nennndorf

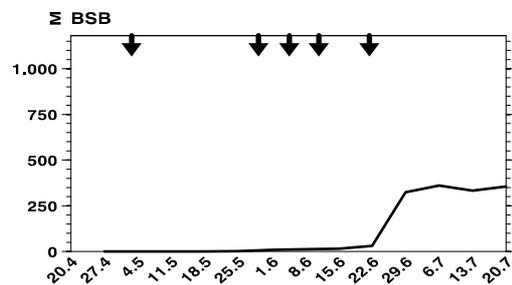
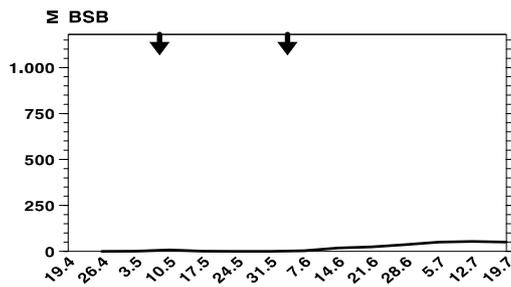
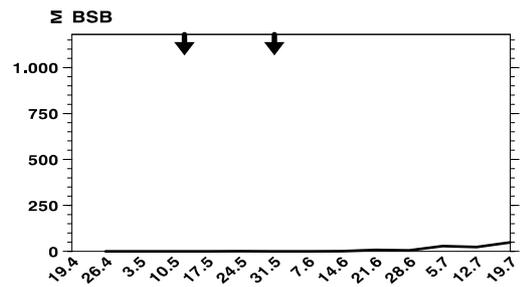


Abb. 13: *S. tritici*: Erregerprogression im Jahr 1998 (Summe BSB auf F-3 bis F, unbehandelte Kontrollen, Sorte Ritmo)
(Pfeile geben Zeiträume günstiger Infektionsbedingungen wieder)

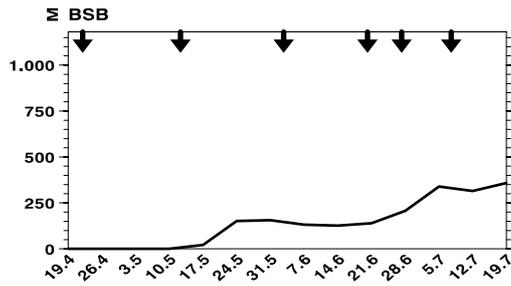
Agathenburg



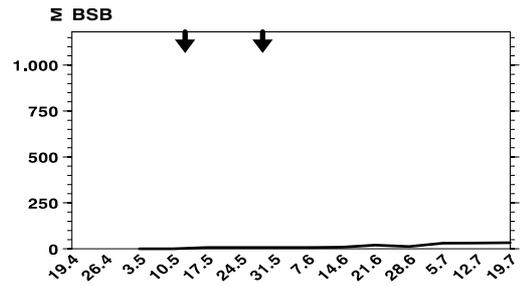
Huntlosen



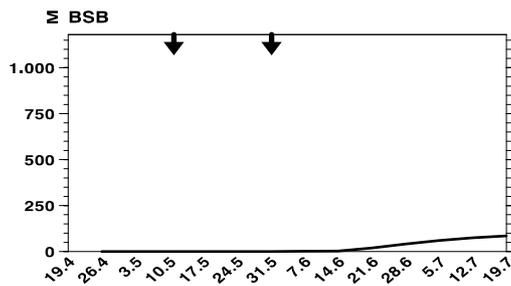
Borbeck



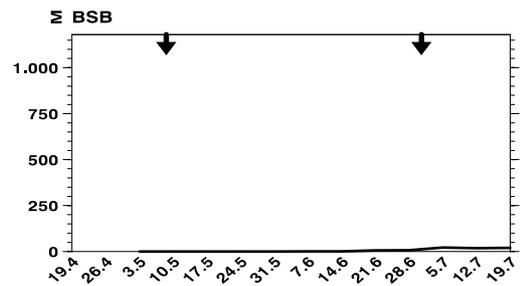
Lauenhagen



Eboldshausen



Nenndorf



Schickelsheim

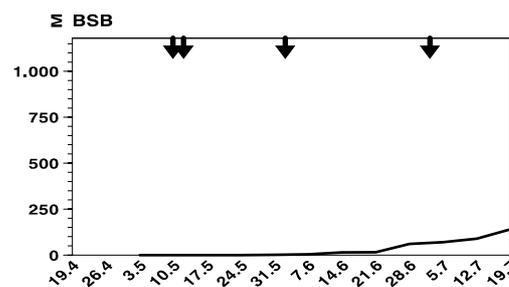
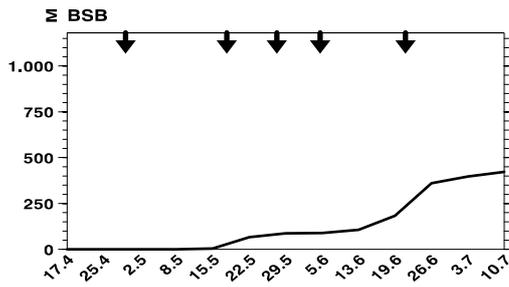
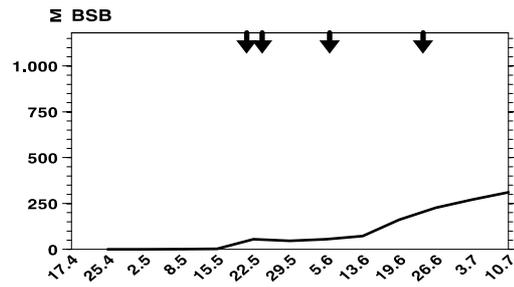


Abb. 14: *S. tritici*: Erregerprogression im Jahr 1999 (Summe BSB auf F-3 bis F, unbehandelte Kontrollen, Sorte Ritmo) (Pfeile geben Zeiträume günstiger Infektionsbedingungen wieder)

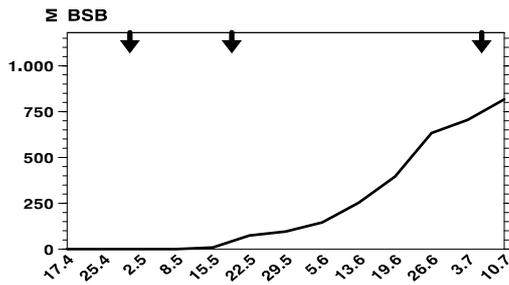
Borbeck



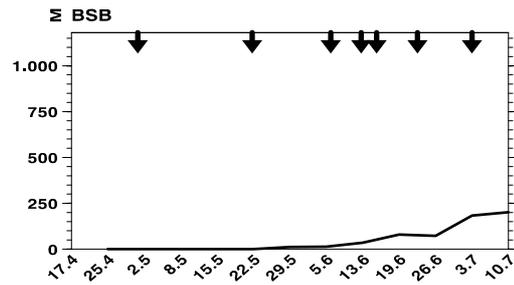
Raven



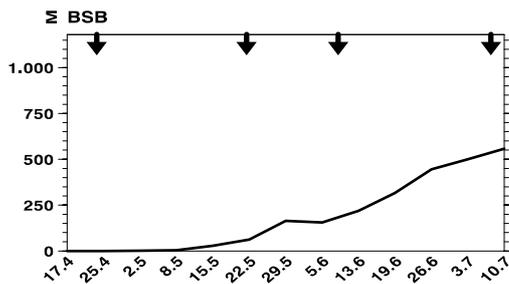
Eboldshausen



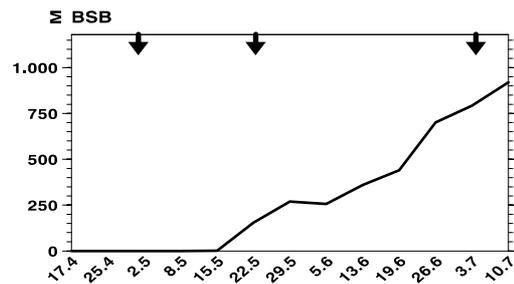
Schickelsheim



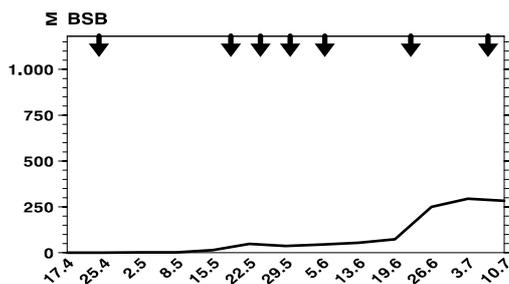
Lauenhagen



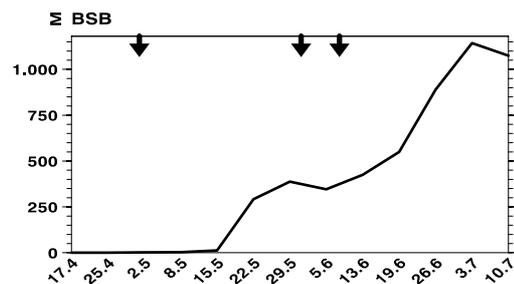
Sehnde



Ohrensen



Springe



Steinkimmen

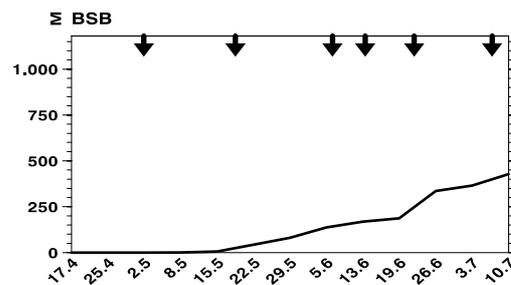
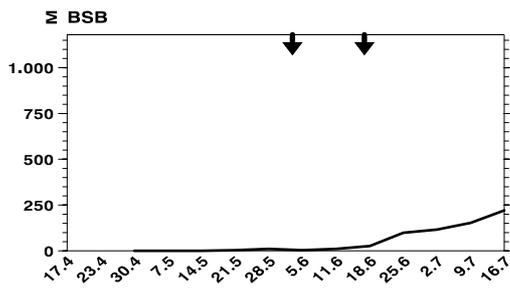
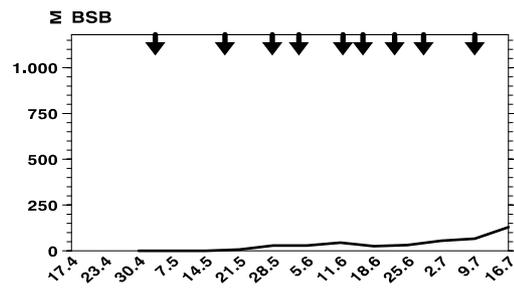


Abb. 15: *S. tritici*: Erregerprogression im Jahr 2000 (Summe BSB auf F-3 bis F, unbehandelte Kontrollen, Sorte Ritmo) (Pfeile geben Zeiträume günstiger Infektionsbedingungen wieder)

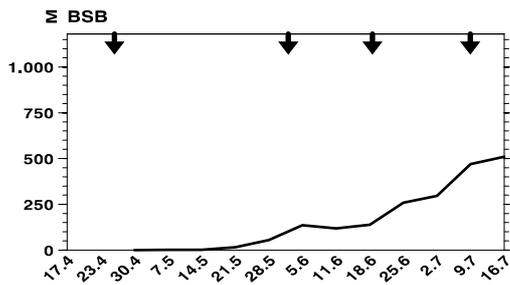
Bergen



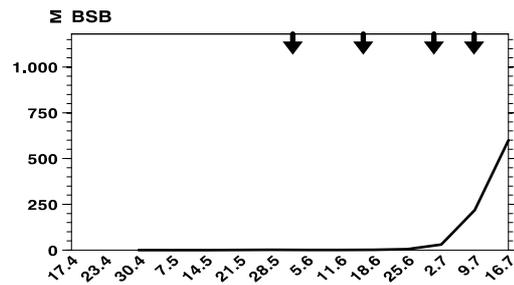
Ohrensen



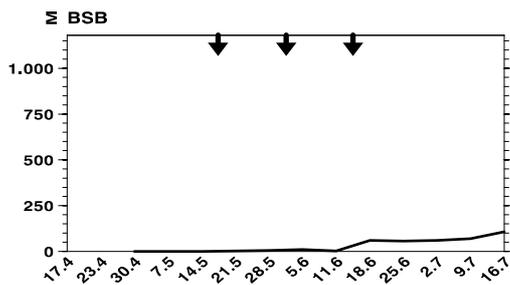
Eboldshausen



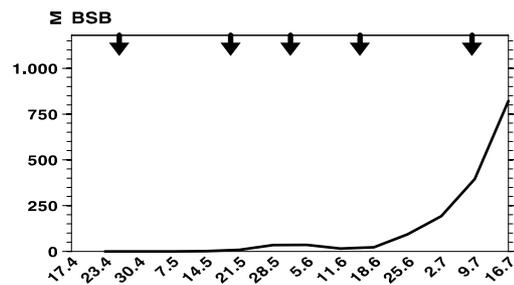
Schickelsheim



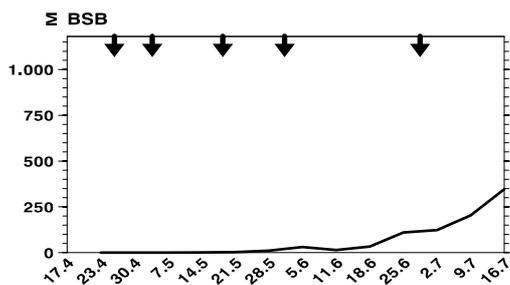
Goldenstedt



Sehnde



Hespe



Springe

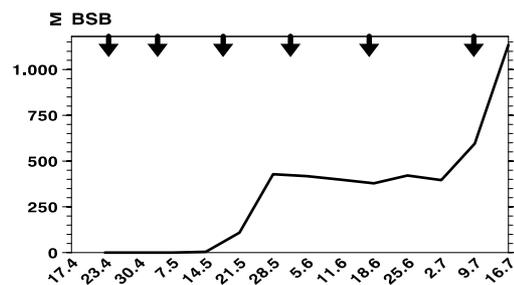


Abb. 16: *S. tritici*: Erregerprogression im Jahr 2001 (Summe BSB auf F-3 bis F, unbehandelte Kontrollen, Sorte Ritmo)
(Pfeile geben Zeiträume günstiger Infektionsbedingungen wieder)

Wie die Graphiken erkennen lassen, reagierte der Erreger der *Septoria*-Blattdürre in den einzelnen Jahren sowie an einzelnen Standorten in unterschiedlichem Umfang auf günstige Infektionsbedingungen. Zurückführbar auf die geringen Ausgangsinokula in den Jahren 1998 und 1999 ergab sich in diesen Untersuchungsperioden meist auch eingeschränkte Ausbreitung

auf dem oberen Blattapparat (Abb. 13-14); Infektionsbedingungen vor Mitte Mai hatten kaum Befallssteigerungen bewirkt. Im Gegensatz hierzu sind die Jahre 2000 und 2001 zu sehen (Abb. 15-16), in denen die Blattetagen F-6 und F-5 z. T. extrem hohe Ausgangsinokula zu Beginn der Boniturperiode aufwiesen. In der Folge wurden zum einen wesentlich höhere Befallsstärken erreicht, zum anderen fand, besonders ausgeprägt im Jahr 2000, eine erheblich frühzeitigere Ausbreitung von *S. tritici* statt, die in Zusammenhang mit den Ende April bis Anfang Mai beobachteten Witterungsverhältnissen steht.

Aus den Kurvenverläufen sind ferner Rückschlüsse auf die Bedeutsamkeit einzelner Infektionsperioden erkennbar. So bestand keine Beziehung zwischen der absoluten Anzahl potentieller Infektionszeiträume und der an den Standorten diagnostizierten Befallsstärke mit *S. tritici*, da Pyknidien, die in Folge ausreichender Niederschläge ihre Sporen entlassen und im Bestand verbreitet haben, eine bestimmte Zeit zur neuerlichen Bildung reifer Pyknosporen benötigen. Aus den Daten läßt sich ableiten, daß dieser Zeitraum rund zwei Wochen beträgt. Enger aufeinander folgende Phasen, in denen die Kriterien für Infektionsbedingungen erfüllt waren, verursachten keine nennenswerte Befallsprogression, so daß vornehmlich der Verteilung potentieller Infektionsereignisse über die Vegetationsperiode ein entscheidendes Gewicht für die Ausbreitungsmöglichkeit der *Septoria*-Blattdürre zukommt.

3.1.3.1.3. Beziehung zwischen Ausgangs- und Endbefall

Wie erwähnt, waren jahresspezifische Unterschiede in der Höhe der Ausgangs- und Endbefallsstärkewerte feststellbar. Die Daten ließen allerdings aufgrund der starken Streuung keinen signifikant absicherbaren Zusammenhang zwischen den beiden Parametern erkennen (Abb. 17). Deutlichere Abhängigkeiten ergaben sich nach Glättung der Extremwerte durch Logarithmieren des Datenmaterials (Abb. 18).

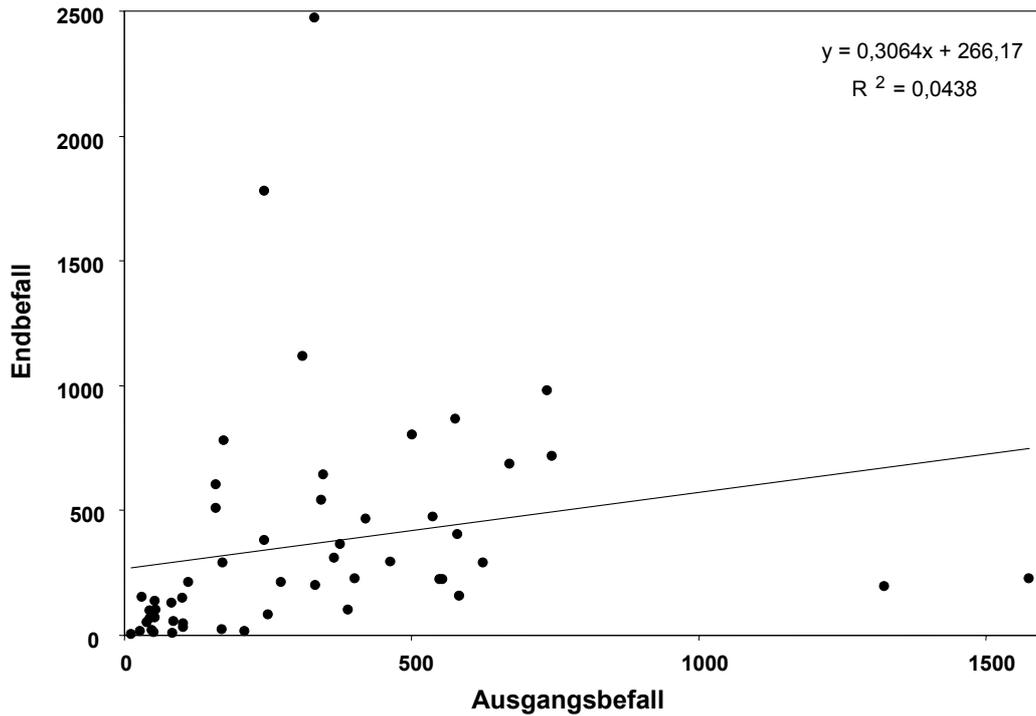


Abb. 17: *S. tritici*: Beziehung zwischen Ausgangs- und Endbefall (Summe BSB auf F-6 und F-5 bzw. F-2 bis F, unbehandelte Kontrollen, alle Sorten, 52 Versuche, 1998-2001)

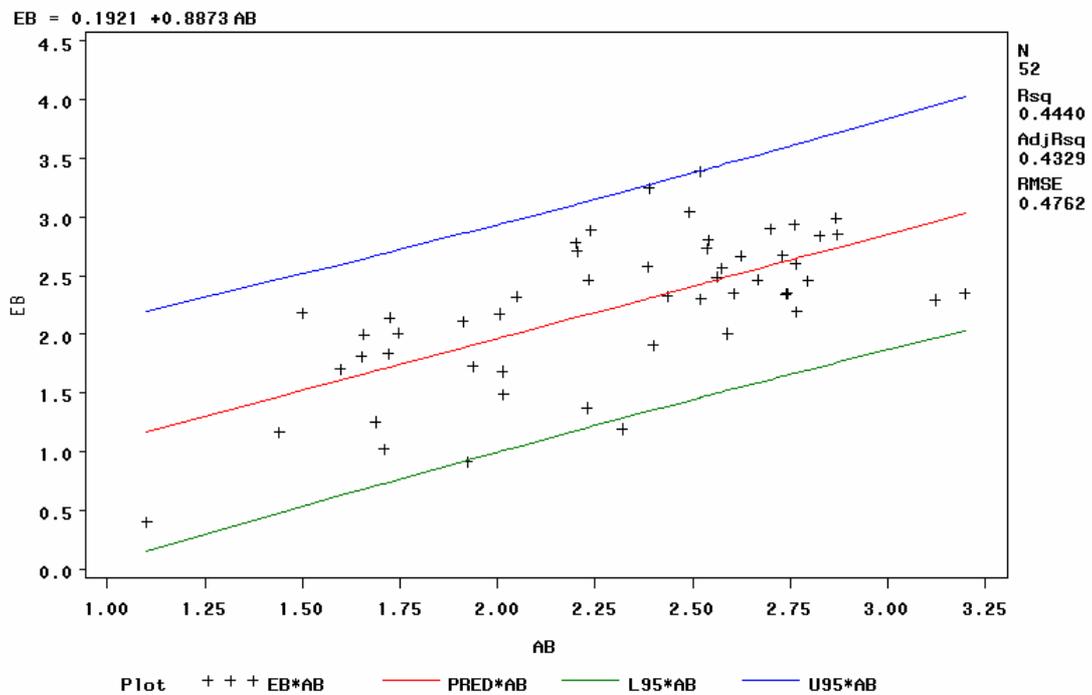


Abb. 18: *S. tritici*: Beziehung zwischen Ausgangs- (AB) und Endbefall (EB) mit Vertrauensbereich für die individuelle Vorhersage (logarithmierte Summe BSB auf F-6 und F-5 bzw. F-2 bis F, unbehandelte Kontrollen, alle Sorten, 52 Versuche, 1998-2001)

Nach Logarithmierung betragen die berechneten Korrelationskoeffizienten $r = 0,67$ (bei Einbeziehung aller 52 Versuche), $r = 0,61$ (bei Einbeziehung der 28 Versuche im Ritmo) und $r = 0,72$ (bei Einbeziehung der 24 Versuche in den Vergleichssorten). Alle Werte sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha < 0,001$ hoch signifikant. In der Interpretation dieser Resultate muß jedoch, wie auch aus dem in der Graphik 18 ausgewiesenen Konfidenzbereich der Regressionsgerade ablesbar ist, berücksichtigt werden, daß durch die hohe Streuung der Originalwerte quantitative Vorhersagen des Endbefalls aus den Daten eines vorhandenen Ausgangsbefalls mit einem sehr hohen Unsicherheitsfaktor belastet sind. Vereinfacht besagt dies, daß hohes Inokulum im Frühjahr wahrscheinlich auch hohen Befall am Ende der Vegetationsperiode nach sich zieht und vice versa. Eine hinreichend sichere quantitative Vorhersage im Einzelfall ist nach den in Niedersachsen erhobenen Daten nicht realisierbar; die tatsächliche Erregerprogression wird vornehmlich durch die übergeordnete Einflußgröße Witterung dominiert.

3.1.3.2. *Stagonospora nodorum*

Die Blatt- und Spelzenbräune hatte während der 4jährigen Untersuchungsperiode nur geringe Bedeutung. In 31 % der Versuche trat *S. nodorum* nicht auf, in 65 % der Fallstudien mit einem maximalen Befallswert von bis zu 30 Fruchtkörpern (SUM BSB auf F-6 bis F). Zwei Versuche zeigten mit 70 bzw. 170 SUM BSB höheren Befall.

Leichter Ährenbefall wurde lediglich im Jahr 2000 am Standort Steinkimmen in der Sorte Batis diagnostiziert.

3.1.3.3. *Erysiphe graminis*

Befall mit dem Echten Mehltau trat in allen Fallstudien auf (Abb. 19).

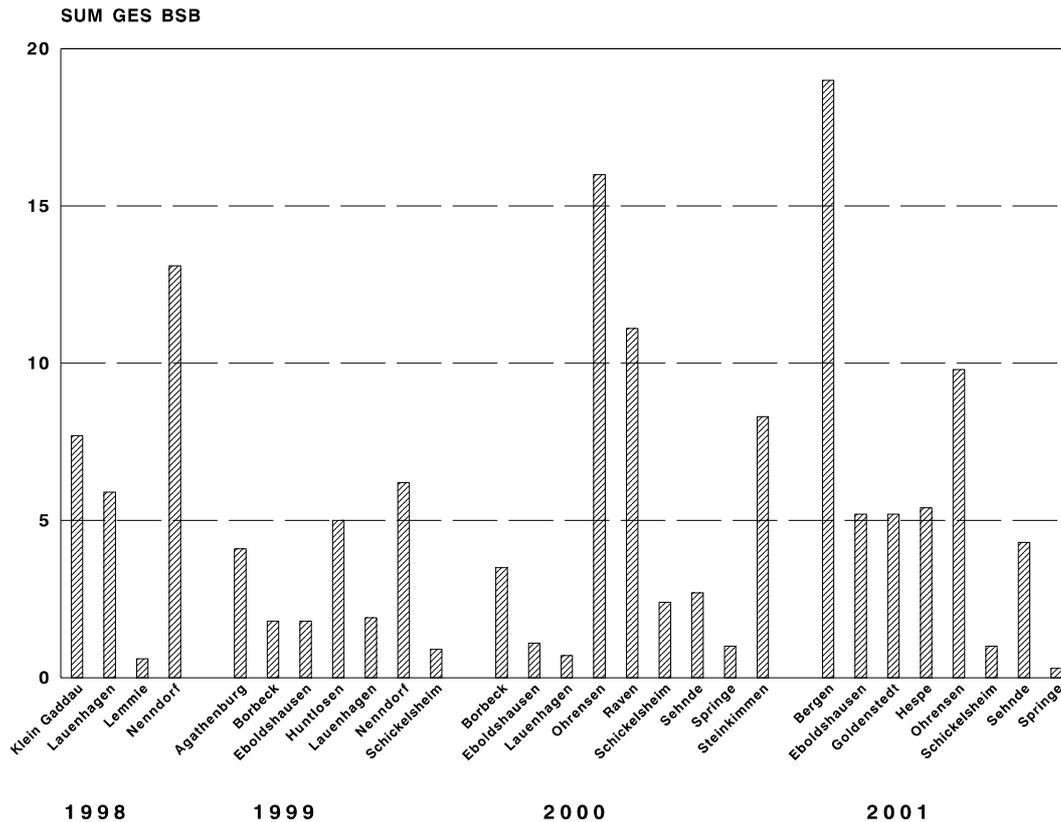


Abb. 19: *E. graminis*: Endbefall in den unbehandelten Kontrollen (SUM GES BSB auf F-6 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

Der durchschnittlich niedrigste Endbefall wurde mit 3,1 SUM GES BSB auf F-6 bis F im Jahr 1999 ermittelt, höhere, auf ähnlichem Niveau liegende Erregerausbreitung war in den übrigen Vegetationsperioden festzustellen (6,2-6,8 SUM GES BSB). Unabhängig von den absoluten Zahlen ergaben sich jahresspezifische Differenzen in der Besiedlung einzelner Pflanzenorgane. 1998 konzentrierte sich der Befall vornehmlich auf die unteren Blattetagen, 1999-2001 wurde relativ hohes Pathogenaufkommen auf den obersten drei Blättern erreicht (vgl. Kap. 3.1.6.3., Abb. 31). Diese Unterschiede ließen sich auf abweichende Witterungsverhältnisse zurückführen. In der ersten Untersuchungsperiode fielen im gesamten Monat Mai kaum Niederschläge (ANONYM 1998), wodurch vorhandene Mehltau-Mycelien abstarben und die Infektionskette eine nachhaltige Unterbrechung erfuhr. In den Jahren 1999-2001 hingegen lagen nach Ende der Trockenphase ab der zweiten Maihälfte wieder feuchtere Bedingungen vor, die die vertikale Befallsausbreitung von *E. graminis* förderten.

Eine statistisch absicherbare Beziehung zwischen Saattermin und Endbefallsstärke (Vergleich der Spätsaaten der Jahre 1998 und 1999 gegenüber den Normalsaaten der Jahre 2000 und 2001) war nicht zu ermitteln (U-Test, $\alpha > 0,05$). Dies ist vermutlich auf die innerhalb einer Vegetationsperiode zwischen den Standorten beobachteten Befallsunterschiede zurückzuführen. So unterlagen zumeist die im Westen und Norden (z. B. an den Standorten Agathenburg, Bergen, Huntlosen, Klein Gaddau, Nenndorf, Ohrensen, Raven, Steinkimmen) durchgeführten Versuche einem vergleichsweise höheren Pathogenaufkommen als Fallstudien im südlichen und östlichen Niedersachsen. Ungeklärt blieben die Gründe für diese Abweichungen. Die Vermutung, daß die unterschiedlichen Befallswerte durch mikroklimatische Differenzen zwischen den Versuchsorten verursacht wurden, ließ sich anhand der aufgezeichneten Witterungsdaten nicht verifizieren. Auch die Fruchtfolgegestaltung hatte keine Auswirkungen (Vergleich von Versuchen mit Weizen als Vorfrucht gegenüber sonstigen bzw. Vergleich von Versuchen mit 66,7 %-igem Weizenanteil in der Rotation gegenüber geringerer Konzentration; U-Test, jeweils $\alpha > 0,05$).

Ährenbefall trat nur sehr vereinzelt und auch dann in nur geringem Ausmaß auf.

3.1.3.4. *Puccinia striiformis*

Gelbrost wurde, mit Ausnahme der Fallstudien des ersten Untersuchungsjahrs, in nahezu allen anderen Versuchen in der Sorte Ritmo nachgewiesen (Abb. 20). Höherer Befall fand sich vor allem 1999 und 2001 (durchschnittlich 4,3 resp. 3,2 SUM GES BSB). Dagegen zeigte das Jahr 2000 mit einem mittleren Befall von 1,1 SUM GES BSB einen eher niedrigen Pathogendruck.

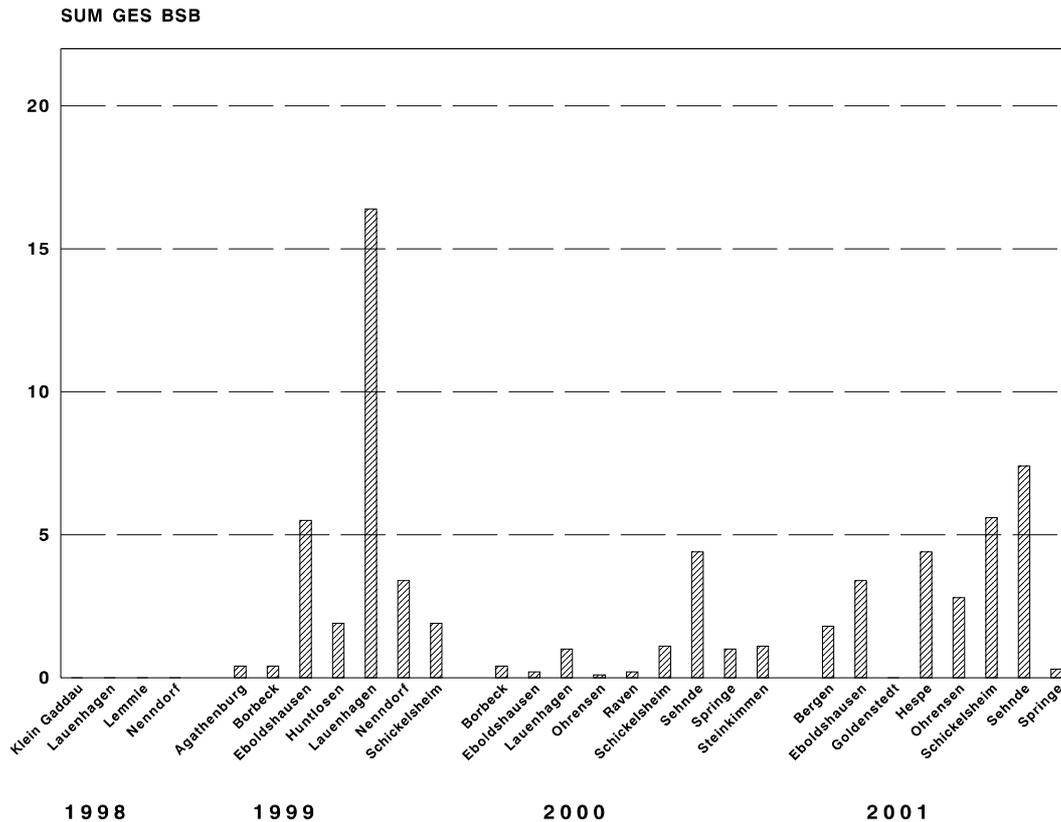


Abb. 20: *P. striiformis*: Endbefall in den unbehandelten Kontrollen (SUM GES BSB auf F-6 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

Im Gegensatz zu *E. graminis* erfuhr der Gelbrost tendenziell höhere Ausbreitung an den südlichen und östlichen Standorten (z. B. Eboldshausen, Hespe, Lauenhagen, Schickelsheim, Sehnde), was jedoch wiederum nicht auf Unterschiede in der Fruchtfolgegestaltung zurückzuführen war (Vergleich von Versuchen mit Weizen als Vorfrucht gegenüber sonstigen bzw. Vergleich von Versuchen mit 66,7 %-igem Weizenanteil in der Rotation gegenüber geringerer Konzentration; U-Test, jeweils $\alpha > 0,05$). Eine Abhängigkeit der Erregerausbreitung vom Saattermin war gleichfalls nicht feststellbar (U-Test, $\alpha > 0,05$). Nach Spätsaaten (Herbst 1997, 1998) trat ebenso wie nach Normalsaaten (Herbst 1999, 2000) unter- (1998, 2000) resp. überdurchschnittlicher Befall (1999, 2001) auf.

Ährenbefall trat während der 4jährigen Untersuchungsperiode nicht auf.

3.1.3.5. *Puccinia recondita*

Die aufsummierten Endbefallsstärkewerte für *P. recondita* in den unbehandelten Kontrollvarianten der Sorte Ritmo sind in Abbildung 21 dargestellt. Auch hier waren jahresspezifische Unterschiede im Pathogenaufkommen festzustellen.

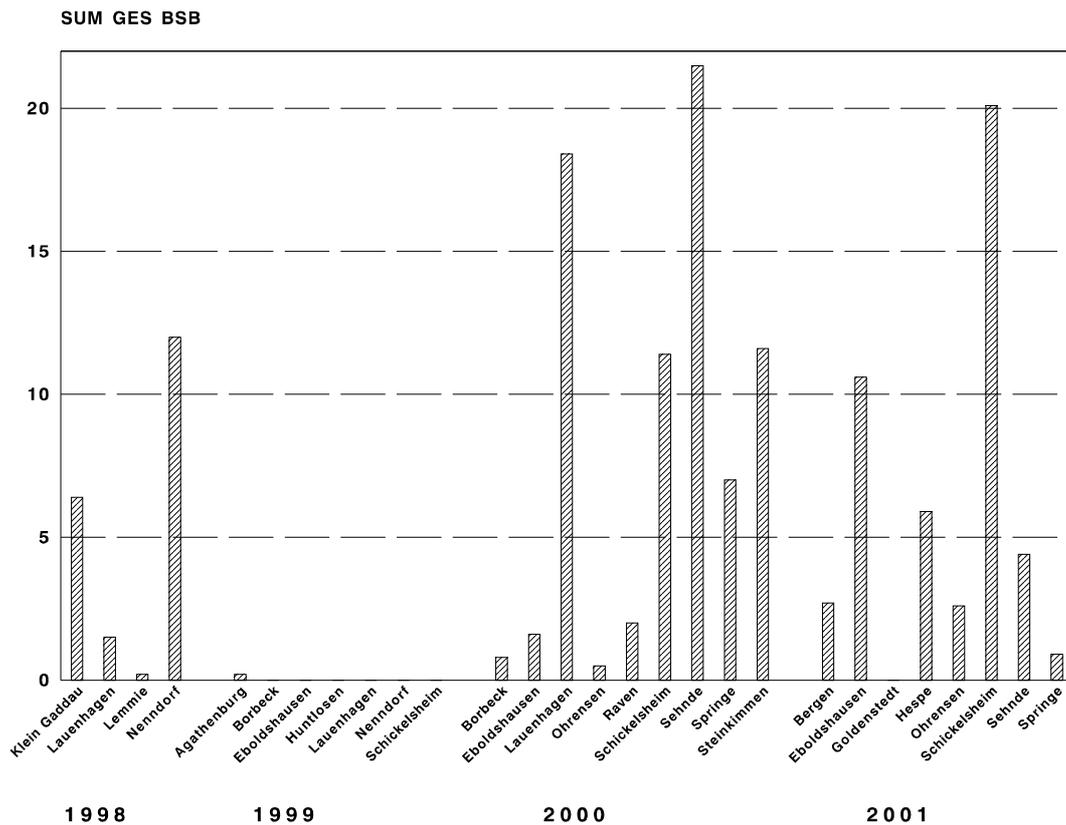


Abb. 21: *P. recondita*: Endbefall in den unbehandelten Kontrollen (SUM GES BSB auf F-6 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

Die Vegetationsperiode 1999 blieb nahezu befallsfrei, 1998 und 2001 hatte der Befall im Durchschnitt ähnliches Niveau (5,0 resp. 5,9 SUM GES BSB), im Jahr 2000 wurde eine mittlere Befallsstärke von 8,3 erreicht. Insbesondere die Versuche in Nenndorf (1998), Lauenhagen, Schickelsheim, Sehnde und Steinkimmen (2000) sowie Eboldshausen und Schickelsheim (2001) zeigten mit Werten von > 10 SUM GES BSB eine sehr hohe Erregerausbreitung. Regionale Befallsschwerpunkte traten nicht auf.

Die durchschnittliche Befallshöhe in Jahren mit Spätsaaten (1998, 1999) lag signifikant niedriger als nach Normalsaaten (2000, 2001) (U-Test, $\alpha = 0,004$); Fruchtfolgeeffekte hingegen waren nicht nachweisbar (Vergleich von Versuchen mit Weizen als Vorfrucht gegenüber sonstigen bzw. Vergleich von Versuchen mit 66,7 %-igem Weizenanteil in der Rotation gegenüber geringerer Konzentration; U-Test, jeweils $\alpha > 0,05$).

3.1.3.6. *Drechslera tritici-repentis*

Der Erreger der DTR-Blattfleckenkrankheit wurde während des gesamten Untersuchungszeitraums in unterschiedlichem Befallsumfang nachgewiesen (Abb. 22).

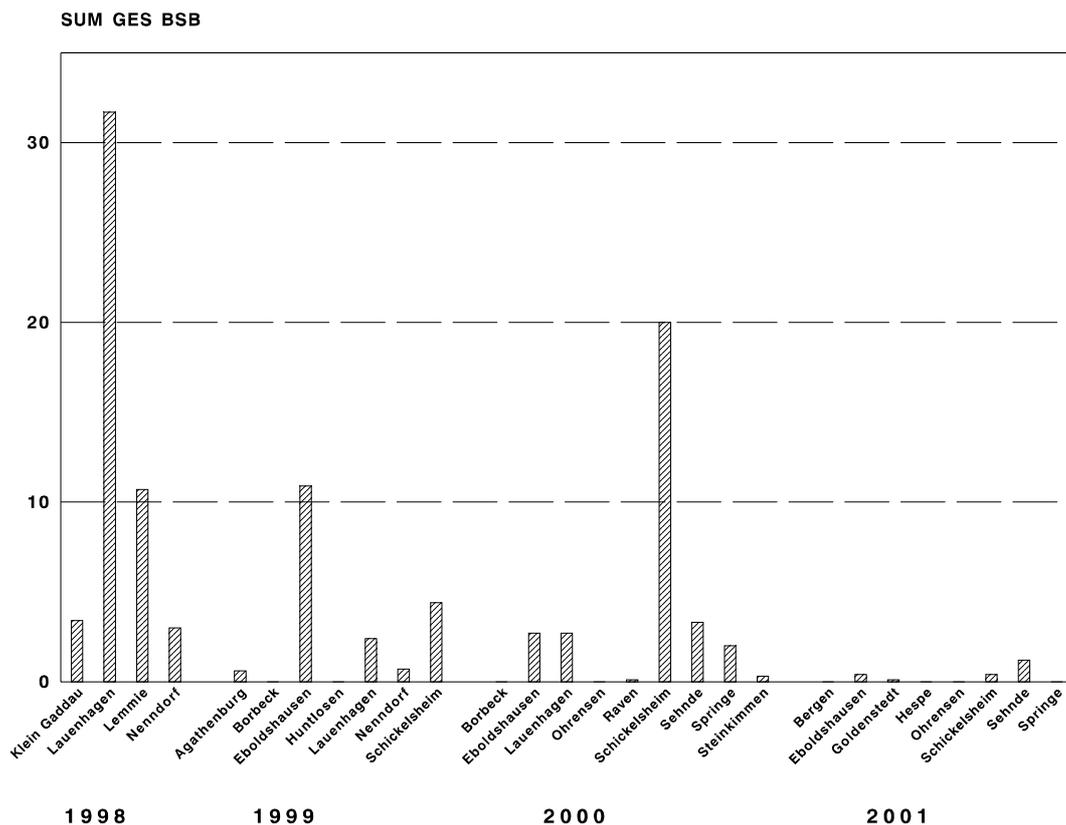


Abb. 22: *D. tritici-repentis*: Endbefall in den unbehandelten Kontrollen (SUM GES BSB auf F-6 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

Im Jahr 1998 trat das Pathogen in allen Versuchen und mit relativ hohen Befallsstärken auf (durchschnittlicher Befall von 12,2 SUM GES BSB), dagegen konnte DTR in der letzten Untersuchungsperiode nur an der Hälfte der Standorte diagnostiziert werden und erreichte im Schnitt eine SUM GES BSB von 0,3. Die Jahre 1999 und 2000 zeigten mittlere Werte (durchschnittlich 2,7 resp. 3,5 SUM GES BSB). Diese Beobachtungen ließen sich durch einen Vergleich der Befallsdaten der ersten und letzten beiden Untersuchungsperioden statistisch absichern (U-Test, $\alpha = 0,04$).

Die Boniturergebnisse deuten außerdem auf regionale Unterschiede im Pathogenaufkommen hin. Während die im südlichen und östlichen Niedersachsen gelegenen Standorte meist höherem Befallsdruck unterlagen, blieben die im westlichen und nördlichen Gebiet lokalisierten Versuche nahezu befallsfrei, Differenzen, die sich jedoch nicht durch Auswertungen der Daten unter Berücksichtigung der Fruchtfolgegestaltung erklären ließen. Fallstudien, in denen Weizen als Vorkultur stand, zeigten ebensowenig wie diejenigen mit hohem Weizenanteil in der Rotation (66,7 %) stärkeren Befall als solche der entsprechenden Vergleichsgruppen (U-Test, jeweils $\alpha > 0,05$).

Einfluß auf die Entwicklungsmöglichkeit des Pathogens nahm hingegen der Zeitpunkt des Erstauftretens im Zuge der Hauptwachstumsperiode des Weizens. So waren in 70 % der Versuche erste DTR-Blattflecken und -Konidien ab dem Stadium des Ährenschiebens, verstärkt in der Blüte und mit Einsetzen der Milchreife, nachzuweisen, während in denjenigen 5 Fallstudien, in welchen die höchsten Endbefallswerte ermittelt wurden, der Epidemiebeginn zumeist wesentlich frühzeitiger einsetzte (Tab. 13).

Tab. 13: *D. tritici-repentis*: Epidemiebeginn und Endbefall an ausgewählten Standorten (SUM GES BSB auf F-6 bis F, Sorte Ritmo)

Standort	Jahr	Erstauftreten	Endbefall [SUM GES BSB]
Lauenhagen	1998	Mitte des Ährenswellens (EC 47)	31,7
Lemie	1998	Mitte der Blüte (EC 65)	10,7
Eboldshausen	1999	3-Knoten-Stadium (EC 33)	10,9
Schickelsheim	1999	Ende der Bestockung (EC 28)	4,4
Schickelsheim	2000	Ligula-Stadium (EC 39)	20,0

3.1.3.7. *Pseudocercospora herpotrichoides*

Anhand des zwischen den Entwicklungsstadien EC 32 und 37 durchgeführten Färbetests konnten in nahezu allen Versuchen Mycelien des Parasitären Halmbruchs festgestellt werden. Im Jahresvergleich zeigten Fallstudien der Perioden 1998 und 1999 häufiger Symptome als solche der Jahre 2000 und 2001 (U-Test, $\alpha = 0,03$). Allerdings belief sich der Ausgangsbefall generell, mit BHB-Werten von meist 0-20 %, auf niedrigem Niveau (Tab. 14).

Tab. 14: *P. herpotrichoides*: Ausgangsbefall in den unbehandelten Kontrollen (BHB in EC 32-37, alle Sorten, Anzahl und Prozent der Versuche, 1998-2001)

Jahr	Ausgangsbefall					
	0-10		[BHB] > 10-20		> 20-30	
	n	%	n	%	n	%
1998	2	33,3	1	16,7	3	50,0
1999	8	61,5	5	38,5		
2000	15	83,3	3	16,7		
2001	8	53,3	6	40,0	1	6,7

Sortenunterschiede waren nicht nachzuweisen: Unter Berücksichtigung der Klassifizierungen des Bundessortenamts (vgl. Tab. 6) zeigte die Sorte Ritmo gemäß dem Vorzeichentest (vgl. SACHS 1972: 247 ff) gleich starke Pathogenausbreitung wie die als anfälliger eingestuft, parallel angebauten Sorten ($\alpha > 0,05$).

Analog den Befallswerten während der Schoßphase ergaben sich auch im Stadium der Milchreife Jahresunterschiede (Tab. 15).

Tab. 15: *P. herpotrichoides*: Endbefall in den unbehandelten Kontrollen (BSB in EC 73-79, alle Sorten, Anzahl und Prozent der Versuche, 1998-2001)

Jahr	Endbefall [BSB]									
	0-10		> 10-20		> 20-30		> 30-50		> 50	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1998			2	33,3	3	50,0	1	16,7		
1999	6	46,1	4	30,8	1	7,7	2	15,4		
2000	2	11,1	7	38,9	3	16,7	6	33,3		
2001					3	20,0	4	26,7	8	53,3

In Umkehrung der Rangfolge wurde nun in den Versuchen der letzten beiden Vegetationsperioden signifikant höherer Befall als in den Jahren 1998 und 1999 ermittelt (U-Test, $\alpha = 0,002$), wobei vornehmlich 2001 überproportional starke Besiedlung aufgetreten war. Sortenunterschiede wurden nicht festgestellt (Vorzeichenstest, $\alpha > 0,05$). Unabhängig von den absoluten Zahlen verlief die Erregerprogression in den einzelnen Beobachtungszeiträumen nahezu gleichgerichtet. So stagnierte der Befall zunächst auf niedrigem Niveau, ein deutlicher Anstieg der BHB- und BSB-Werte war in der Regel erst ab Anfang/Mitte Juni, im Stadium der Blüte, nachweisbar.

Lagerung der Bestände infolge Halmbruchbefalls trat in keiner Fallstudie auf.

Beziehung zwischen Ausgangs- und Endbefall

Zur Darstellung einer möglichen Beziehung zwischen den Ausgangs- und Endbefallswerten wurden Korrelationsanalysen, zunächst auf der Basis der Originaldaten, durchgeführt (Abb. 23).

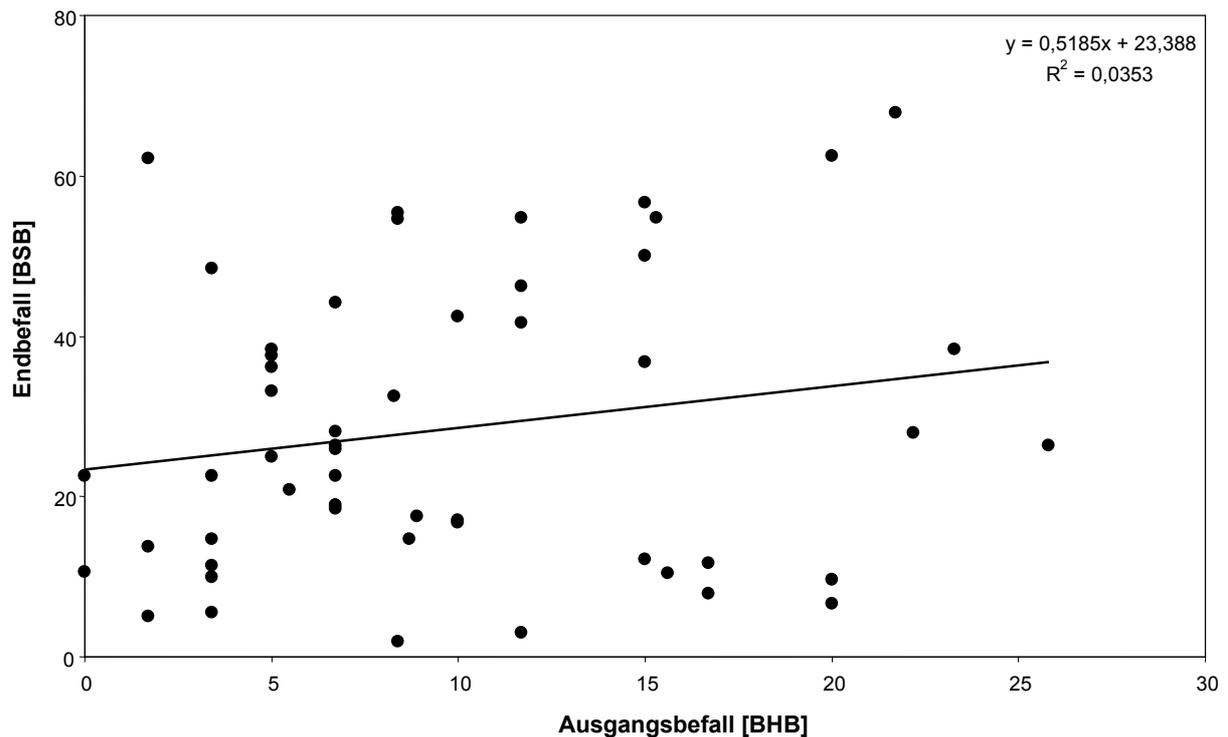


Abb. 23: *P. herpotrichoides*: Beziehung zwischen Ausgangs- und Endbefall (Originaldaten, unbehandelte Kontrollen, alle Sorten, 52 Versuche, 1998-2001)

Mit $y = 0,5185x + 23,388$ und einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,19$ war keine statistisch absicherbare Abhängigkeit zwischen den beiden Parametern festzustellen.

Im folgenden wurden die Originaldaten transformiert. Dieses Vorgehen begründet sich darauf, daß die Populationsentwicklung von Pathogenen exakter mittels einer logistischen Wachstumsfunktion zu beschreiben ist, die durch die sogenannte logit-Transformation linearisiert werden kann (SEEM 1984, HAU & KRANZ 1990, MADDEN & CAMPBELL 1990). Entsprechend wurden die Befallswerte mit nachstehender Formel transformiert, wobei der Faktor 1 im Nenner die maximal mögliche BHB bzw. BSB wiedergibt:

$$x_2 = \ln \left(\frac{x_1/100}{1-x_1/100} \right)$$

mit: x_1 = Ausgangswert BHB bzw. BSB

x_2 = logarithmierte BHB bzw. BSB

Als Mangel dieser Herangehensweise ist hervorzuheben, daß die Funktion nicht für Werte von 0 und 100 % definiert ist: Werte von 100 % gingen mit 99 %, Werte von 0 % mit 1 % in die Berechnung ein.

Auch nach Transformation der Daten ließ sich, mit $y = 0,211x - 0,622$ und einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,17$, kein signifikanter Zusammenhang zwischen den betrachteten Kenngrößen erkennen. Eine Prognose des im Stadium der Milchreife zu erwartenden Endfalls von *P. herpotrichoides* auf der Basis der BHB-Werte in der Schoßphase ist demnach anhand des in Niedersachsen erhobenen Datenmaterials nicht realisierbar.

3.1.3.8. *Rhizoctonia cerealis*

Der Erreger des Spitzen Augenflecks hatte während des 4jährigen Untersuchungszeitraums nur äußerst geringe Bedeutung. Im Färbetest (EC 32-37) konnten die spezifischen Mycelstrukturen an lediglich rund 0,5 % aller analysierten Blattscheiden beobachtet werden. Der maximale Endbefall in EC 73-79 betrug 5 % BSB; in 73 % der Versuche waren im Stadium der Milchreife keine Symptome festzustellen.

3.1.3.9. *Fusarium* spp. und *Microdochium nivale*

Verbräunungen der Halmbasis, verursacht durch den Erregerkomplex der Pilze der Gattung *Fusarium* und/oder *Microdochium nivale*, traten in nahezu allen Versuchen auf. In der Schoßphase (EC 32-37) war meist geringe Pathogenausbreitung gegeben; Befallswerte von > 10 BHB wurden nur in den Jahren 1998 und 2001 diagnostiziert. Der Endbefall in EC 73-79 belief sich in 77 % der Versuche auf niedrigem Niveau (bis 20 % BSB), in den übrigen Fallstudien wurden höhere Werte (bis > 60 % BSB) gefunden. Stärkerer Befall konzentrierte sich nahezu ausschließlich auf Standorte in Regionen, in welchen durch relativ weitläufigen Anbau von Silomais von vergleichsweise hohem Infektionspotential mit *Fusarium* spp. auszugehen ist.

Blattsymptome waren nicht festzustellen; Ährenbefall geringer Intensität trat nur vereinzelt im Versuchsjahr 1998 auf.

3.1.3.10. Blattpathogene im Sortenvergleich

Im folgenden werden die sortenspezifisch aufgetretenen Befallssituationen des Blattpathogenkomplexes dargestellt. Beispiele geben die Abbildungen 24 und 25. Ausgewählt wurden Fallstudien, für die jeweils über drei Jahre (1999-2001) Untersuchungen in zwei Weizensorten am selben Standort (Schickelsheim, Abb. 24) bzw. an räumlich sehr eng beieinanderliegenden Versuchsorten (Lauenhagen/Hespe, Abb. 25) vorlagen.

In der Sorte Ritmo erreichten, wie zuvor erregerspezifisch aufgeführt, mit Ausnahme von *S. nodorum* alle Pathogene relativ hohe Befallsstärken. Dabei war das Jahr 1999 durch generell geringen Krankheitsdruck gekennzeichnet, während 2000 und 2001 überregional extreme Ausbreitung von *S. tritici*, begleitet von oft hohem Befall mit den anderen Blattkrankheitserregern, beobachtet wurde. Das erste Versuchsjahr nahm eine mittlere Position hinsichtlich der Befallsschwere ein; die Werte von *S. tritici* lagen auf relativ geringem Niveau, dagegen hatten *E. graminis*, *P. striiformis*, *P. recondita* und *D. tritici-repentis* an einzelnen Standorten hohe Bedeutung.

Auch die Vergleichssorten ließen Jahresunterschiede erkennen. In den ersten beiden Beobachtungsperioden wiesen alle Pathogene relativ niedrige Befallsintensitäten auf, die Jahre 2000 und 2001 waren wiederum durch extrem hohes Schaderregerauftreten der *Septoria*-Blattdürre charakterisiert.

Ein Vergleich der Boniturwerte auf der Basis der Anfälligkeitseinstufungen des Bundessortenamts (vgl. Tab. 6) belegt Unterschiede in der Toleranz der Sorten gegenüber einzelnen Erregern. Dabei wurden im Vorzeichentest (vgl. SACHS 1972: 247 ff) jeweils diejenigen Parallelversuche betrachtet, in denen Sorten mit geringerer bzw. gleicher und höherer Anfälligkeit als der Ritmo zum Anbau gekommen waren. Nach den Auswertungen zeigten Sorten, die gemäß den Klassifizierungen als toleranter gegenüber *S. tritici* anzusprechen sind, signifikant geringeren Befall als die Referenzsorte ($n = 11$, $\alpha < 0,01$). In den Sorten Biscay, Drifter und Bandit (Eingruppierung der Sorte Bandit nach Boniturwerten) hingegen war stärkere Pathogenbesiedlung zu beobachten ($n = 11$, $\alpha < 0,005$).

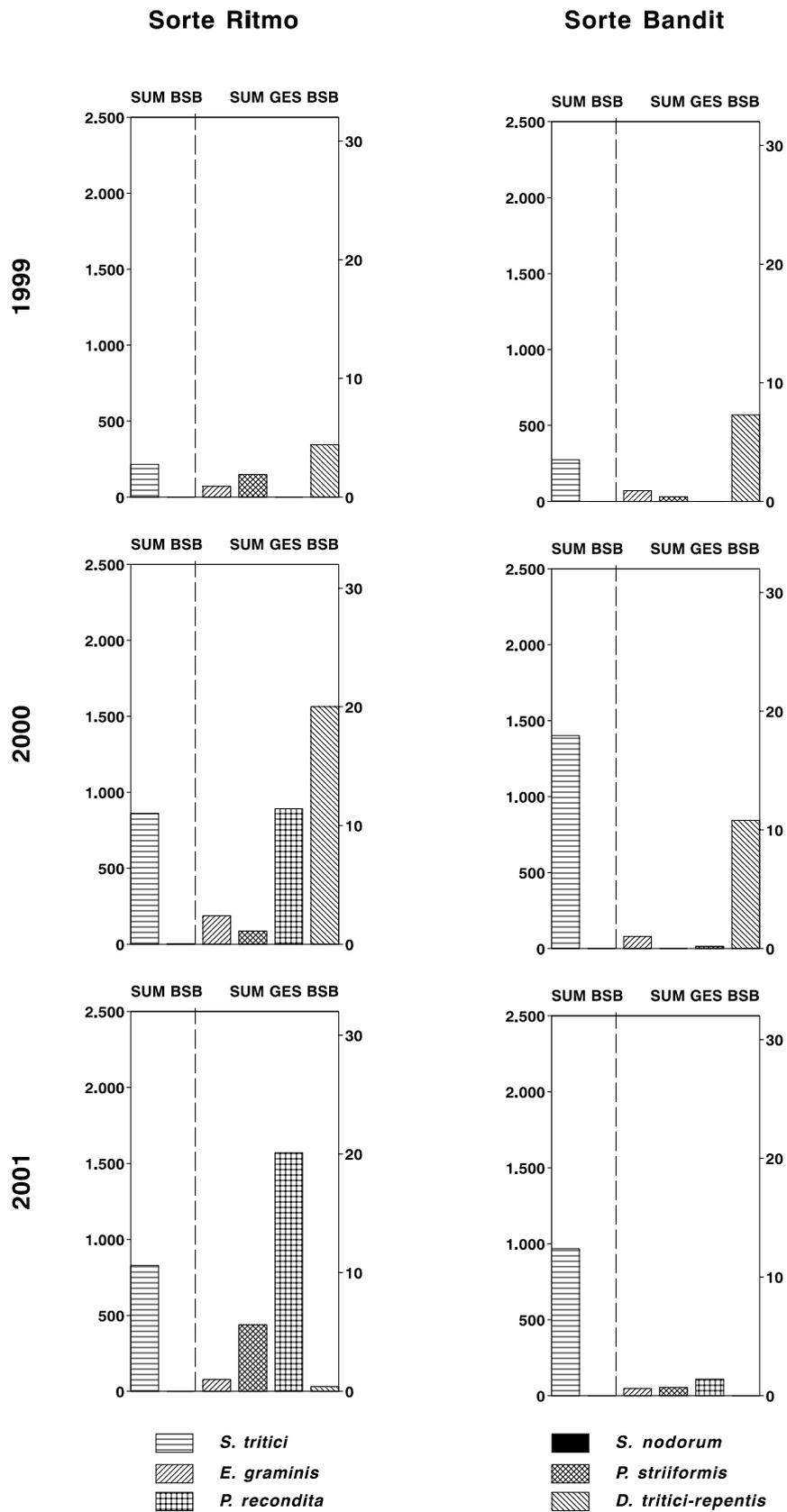


Abb. 24: Auftreten von Blattpathogenen am Standort Schickelsheim (Endbefall in den unbehandelten Kontrollen, SUM BSB bzw. SUM GES BSB auf F-6 bis F, 1999-2001)

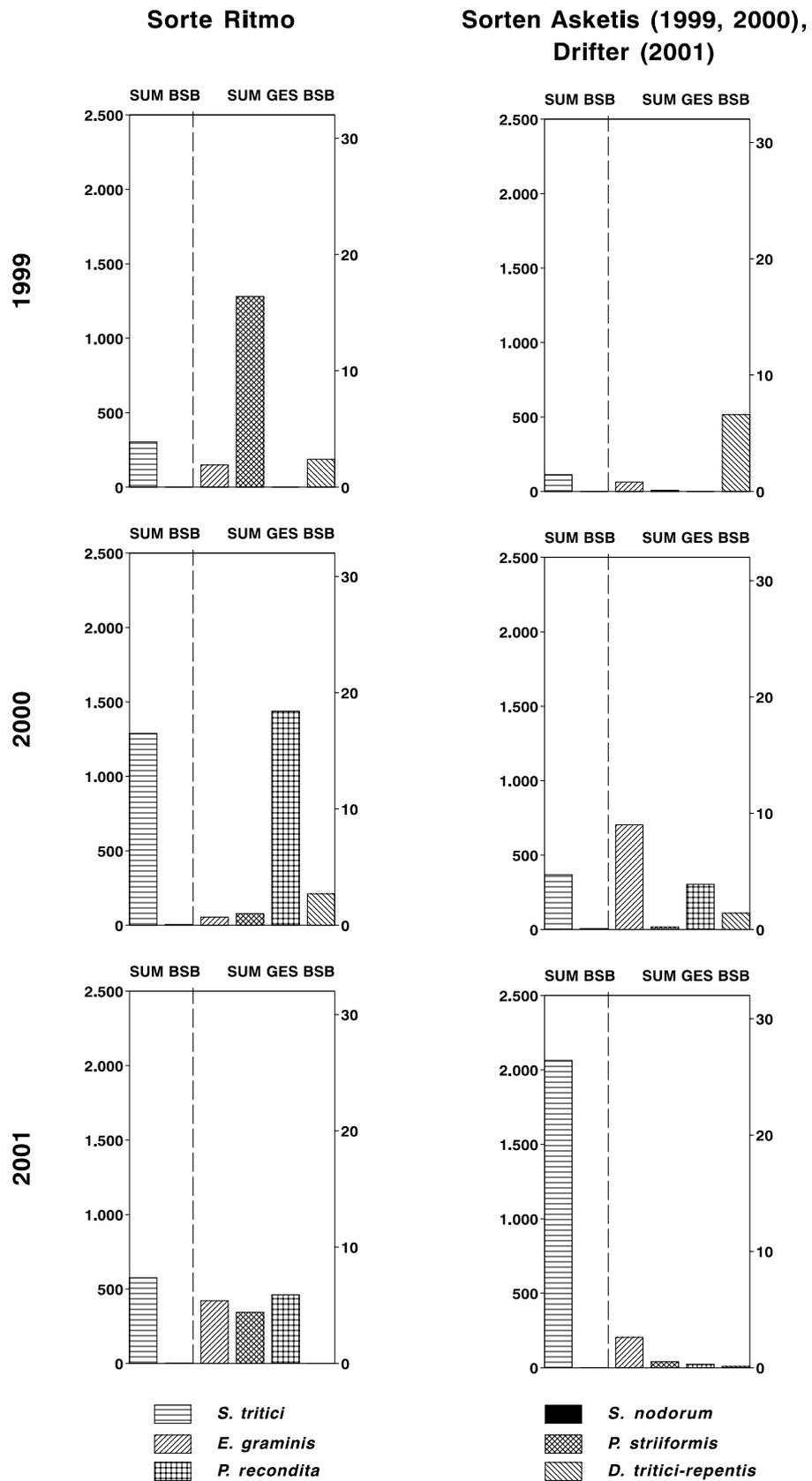


Abb. 25: Auftreten von Blattpathogenen am Standort Lauenhagen/Hespe (Endbefall in den unbehandelten Kontrollen, SUM BSB bzw. SUM GES BSB auf F-6 bis F, 1999-2001)

Gleichermaßen lag der Befall mit *E. graminis*, *P. striiformis* und *P. recondita* in Sorten, die in niedrigere Anfälligkeitsklassen als der Ritmo eingestuft sind, auf geringerem Niveau als in der Referenzsorte (für *E. graminis*: $n = 19$, $\alpha < 0,005$; für *P. striiformis*: $n = 20$, $\alpha < 0,005$; für *P. recondita*: $n = 20$, $\alpha < 0,005$); Sorten mit höherer Einstufung konnten aufgrund des geringen Probenumfangs von $n = 2$ bzw. 3 nicht beurteilt werden. Diese Unterschiede waren nicht nur in qualitativer, sondern ebenso in quantitativer Hinsicht feststellbar, was besonders deutlich aus den Befallsdaten der beiden Rostarten hervorgeht. Während im Ritmo im Mittel der Versuche auf rund 3% der Blattfläche Gelbrost- und $5,5\%$ Braunrost-Symptome nachzuweisen waren, hielten sich die entsprechenden Befallswerte in den Vergleichssorten, mit $0,5\%$ bzw. $0,4\%$, auf deutlich niedrigerem Niveau. Im Gegensatz zu den aufgeführten Pathogenen ergaben sich bezüglich des Befallsgrads von *D. tritici-repentis* keine Sortenunterschiede ($\alpha > 0,05$), was den Klassifizierungen des Bundessortenamts (alle Sorten mit Einstufung in die Klassen 5 bzw. 6) entspricht. Stärkere Besiedlung trat nur an denjenigen Standorten auf, an denen auch in der parallel untersuchten Sorte Ritmo hoher Befall festzustellen war. Es zeigte sich erneut ein Zusammenhang zum Epidemiebeginn. Überdurchschnittliche Befallsstärken wurden im Jahr 1999 an den Standorten Lauenhagen (Sorte Asketis: 6,7 SUM GES BSB) und Schickelsheim (Sorte Bandit: 7,3) sowie 2000 am Standort Schickelsheim (Sorte Bandit: 10,8) diagnostiziert und damit in Versuchen, die durch Frühbefall zwischen EC 30 und 32 gekennzeichnet waren.

3.1.4. Fungizideinsatz in den IPS-Varianten

In den IPS-Varianten erfolgten die Fungizidapplikationen nach Zeitpunkt, Präparat und Aufwandmenge unter Berücksichtigung der ermittelten biologischen und meteorologischen Daten. Detaillierte Angaben zum Pflanzenschutzmitteleinsatz sind den Anhangtabellen 6-9 zu entnehmen.

In der Mehrzahl der Versuche wurden zwei Behandlungen durchgeführt. Ausgenommen hiervon sind jeweils 2 Fallstudien des Jahres 1999 (Standort Huntlosen, Sorte Batis; Standort Schickelsheim, Sorte Ritmo) sowie des Jahres 2001 (Standort Schickelsheim, Sorten Ritmo und Bandit) mit nur einer Spritzung, ferner 3 Versuche des Jahres 2001 (Standort Hesse, Sorten Ritmo und Drifter; Standort Springe, Sorte Bandit), in denen aufgrund eng aufeinanderfolgender *Septoria*-Infektionen ein zweiter Pflanzenschutzmitteleinsatz noch

während der Schoßphase in EC 39 erforderlich war, so daß drei Applikationen gesetzt wurden.

Die bedeutsamsten Pathogene für die Entscheidung über einen Fungizideinsatz waren *S. tritici* und *E. graminis* (Abb. 26). Die erste Applikation erfolgte in 67 %, die zweite in 73 % der Versuche nach Schwellenüberschreitungen durch diese beiden Erreger; unter Einbeziehung gleichzeitigen Erreichens der Bekämpfungsschwellen mehrerer Pathogene wurden fungizide Maßnahmen in 94 resp. 83 % eingeleitet. Dagegen hatten *S. nodorum*, *P. striiformis* und *D. tritici-repentis* nur untergeordnete, *P. recondita* und *P. herpotrichoides* keine Bedeutung.

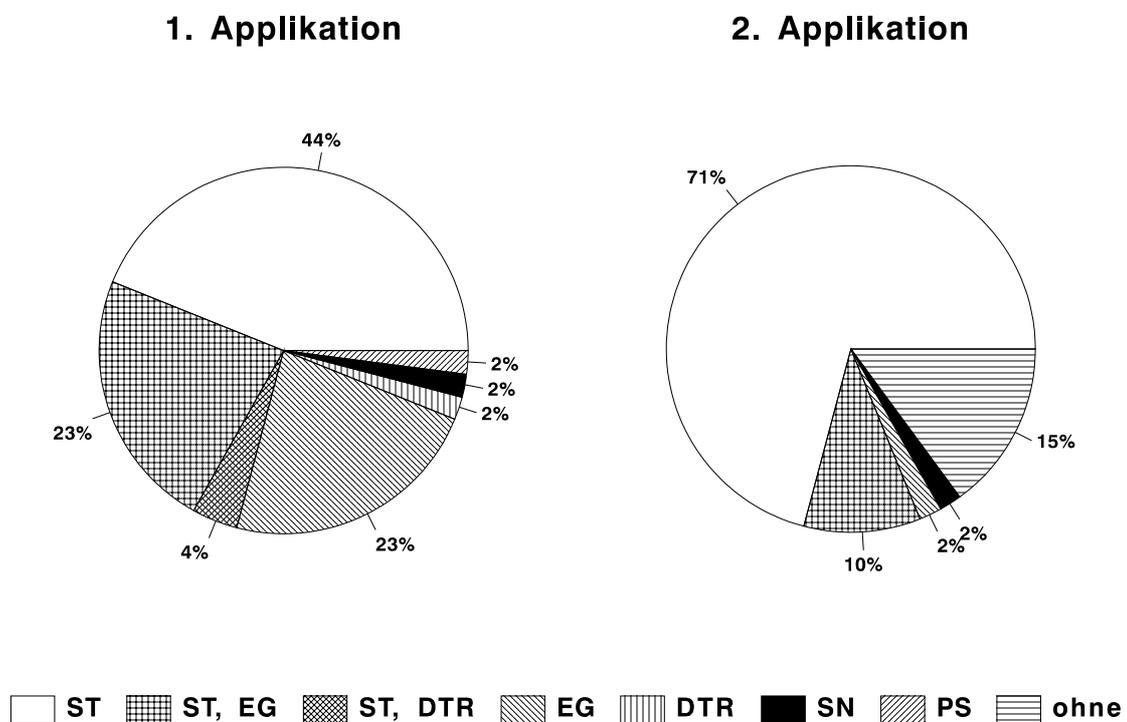


Abb. 26: Bekämpfungsschwellenüberschreitende Pathogene für die 1. bzw. 2. Applikation (alle Sorten, 52 bzw. 48 Versuche, 1998-2001)

In 15 % der Fallstudien wurde nach der ersten Fungizidmaßnahme keine erneute Schwellenüberschreitung diagnostiziert, so daß gemäß dem Fungizid-Konzept am Ende der Blüte eine Abschlußbehandlung zur Absicherung der Kornbildungsphase gegen spät einsetzenden Befall mit *P. recondita* durchzuführen war.

Die Erstapplikationen erfolgten im Durchschnitt der Jahre in 73 % der Versuche im 2- bis 3-Knotenstadium, in weiteren 19 % in höheren Stadien des Schossens. In 8 % der Fallstudien wurden diese Behandlungen während späterer Entwicklungsphasen des Weizens vorgenommen (Tab. 16).

Tab. 16: Terminierung der Erstapplikationen in den IPS-Varianten nach EC-Stadien (alle Sorten, 52 Versuche, 1998-2001)

Jahr	Erstapplikation [% der Versuche]		
	EC 32-33	EC > 33-39	EC > 39-59
1998	83,3	16,7	
1999	30,8	61,5	7,7
2000	94,4		5,6
2001	80,0	6,7	13,3
Mittelwert	73,1	19,2	7,7

Im allgemeinen galten für den 4jährigen Untersuchungszeitraum ähnliche Bedingungen. Eine Ausnahme stellte das Jahr 1999, in dem die erste schwelleninduzierte Applikation meist relativ spät, in EC 33/34-39, erfolgte. Die Ursachen hierfür lagen einerseits in der vergleichsweise verzögerten Entwicklung der Bestände, die dazu beitrug, daß die Niederschlagsereignisse in der dritten Aprildekade keine Schwellenüberschreitungen von *S. tritici* auslösten, andererseits in der sich anschließenden Trockenperiode, die erst durch Regenfälle um den 10. Mai herum unterbrochen wurde.

Die Zweitapplikationen wurden zwischen EC 39 und EC 69 ausgebracht, wobei der Schwerpunkt meist in der Phase des Ährenschiebens lag (Tab. 17).

Tab. 17: Terminierung der Zweitapplikationen in den IPS-Varianten nach EC-Stadien (alle Sorten, 48 Versuche, 1998-2001)

Jahr	Zweitapplikation [% der Versuche]		
	EC 39-49	EC 51-59/61	EC 61-69
1998		83,3	16,7
1999		36,4	63,6
2000		66,7	33,3
2001	30,8	61,5	7,7
Mittelwert	8,3	60,4	31,3

Abweichungen vom 4jährigen Mittelwert ergaben sich vor allem 1999 und 2001. So erfolgte im Jahr 1999, bedingt durch spät gesetzte Erstbehandlungen und unterdurchschnittliches Pathogenaufkommen, ein relativ hoher Anteil der Abschlußbehandlungen erst während der Blüte, im Jahr 2001 dagegen waren, wie zuvor angesprochen, in drei Versuchen noch während des Schossens erneute Fungizidmaßnahmen nötig, so daß insgesamt drei Applikationen durchgeführt wurden.

3.1.5. Nekrotisierung: Vergleich zwischen Kontroll- und IPS-Varianten

Die Nekrotisierung der Pflanzen wird zum einen durch natürliche Seneszenz gesteuert, unterliegt zum anderen aber vor allem dem Ausmaß des Pathogenbefalls. Ein Vergleich der Boniturwerte der Kontroll- und IPS-Varianten belegt den Beitrag, den Pflanzenschutzmaßnahmen zur Gesunderhaltung der Bestände leisten (Tab. 18).

Tab. 18: Nekrotisierung in den Kontroll- und IPS-Varianten während der Milchreife (Mittelwert auf F-2 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

Jahr	Nekrotisierung auf F-2 bis F [% der Blattfläche]	
	K	IPS
1998	39,6	9,6
1999	32,7	19,4
2000	30,1	15,0
2001	31,6	14,1

Während des Stadiums der Milchreife, d. h. über einen Boniturzeitraum von meist 3 bis 4 Wochen, ergaben sich auf den obersten drei Blättern in den Kontrollen Nekrotisierungsgrade von durchschnittlich 30-40 %, in den IPS-Varianten beliefen sich diese Werte auf 10-20 %.

Die über die Jahre beobachteten Unterschiede sind vornehmlich zurückzuführen auf Differenzen im Pathogenaufkommen, daneben auf jahresspezifische Witterungsverhältnisse. In den Vegetationsperioden 2000 und 2001 lag die Nekrotisierung in der Phase der Fruchtbildung in den IPS-Varianten bei rund 50 % der Werte der Kontroll-Parzellen; im ersten Untersuchungsjahr dagegen verzögerte sich in den IPS-Varianten die Seneszenz der Pflanzen erheblich, so daß in den behandelten Proben die mittlere Nekrotisierung rund 25 %

der Kontrollen betrug. Diese Daten stehen im Einklang mit den erhobenen Befallswerten. Der hohe Krankheitsdruck der *Septoria*-Blattdürre in den Jahren 2000 und 2001 bewirkte auch in den gespritzten Parzellen eine relativ starke Pathogenausbreitung und in der Folge schnellere Nekrotisierung, im Jahr 1998 hingegen lag unterdurchschnittlicher Befall mit *S. tritici* vor und damit auch geringere Beeinträchtigung der behandelten Pflanzen. Die Daten des allgemein befallsschwachen Jahres 1999 lassen sich erklären durch vergleichsweise ausgedehnte Trockenphasen, die insbesondere auf den leichteren Standorten zu einer Unterversorgung der Böden mit Wasser und frühzeitiger Pflanzenalterung führten, so daß der Nekrotisierungsgrad in den IPS-Varianten während der Milchreife bereits rund 60 % der Kontroll-Werte erreicht hatte.

3.1.6. Pathogenaufreten: Vergleich zwischen Kontroll- und IPS-Varianten

Nachstehende Ausführungen geben Einblick in den durch die Fungizidmaßnahmen erzielten Bekämpfungserfolg. Berücksichtigung finden die Blattpathogene sowie der Parasitäre Halmbruch. Bei ersteren wird zum einen anhand typischer Fallbeispiele die Populationsdynamik in den Kontroll- und IPS-Varianten nachgezeichnet, zum anderen in einer Gesamtbetrachtung der Endbefall der unbehandelten dem der gespritzten Parzellen gegenübergestellt. Die Darstellungen umfassen wiederum, soweit nicht ausdrücklich anders erwähnt, nur die Boniturergebnisse für die Sorte Ritmo.

3.1.6.1. *Septoria tritici*

Fallbeispiel: Populationsdynamik von *S. tritici*

Die Befallsentwicklung von *S. tritici* wird exemplarisch anhand der Fallstudie am Standort Lauenhagen, Versuchsjahr 2000, dargestellt (Abb. 27).

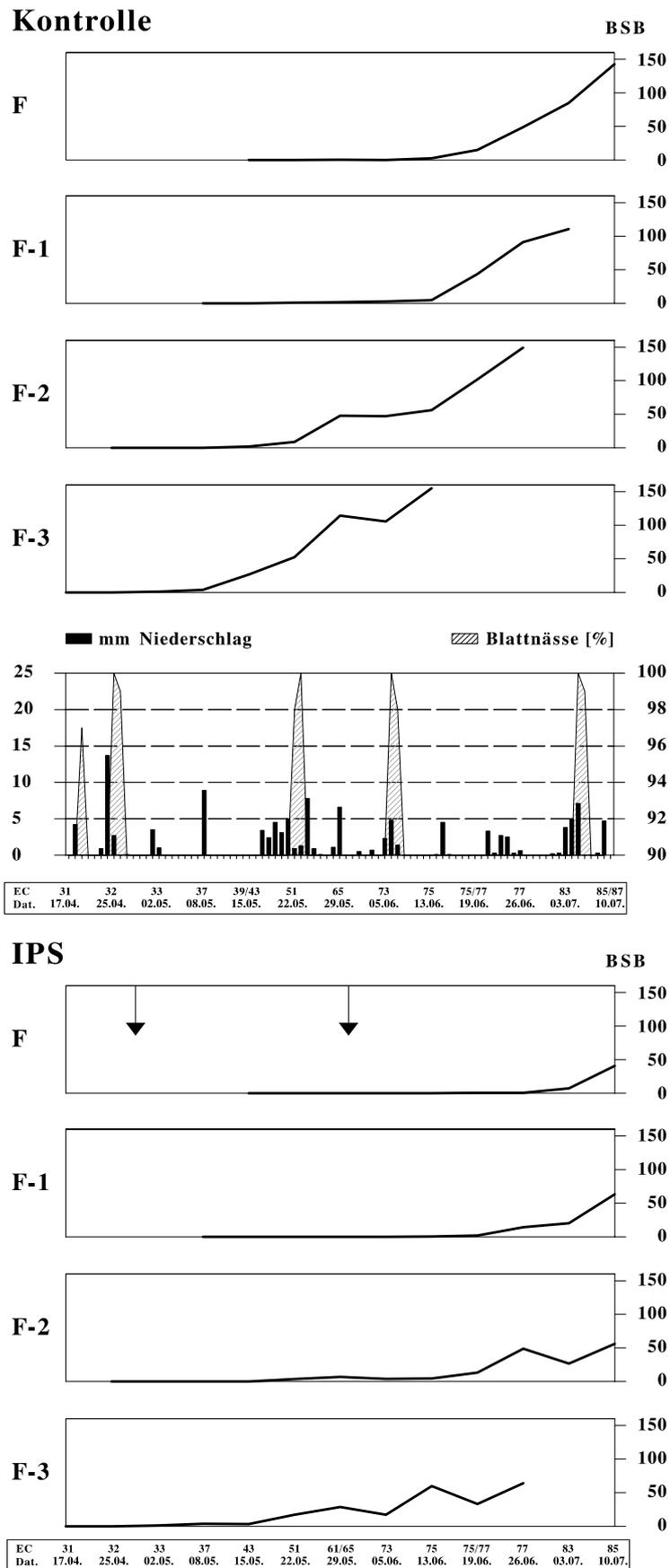


Abb. 27: *S. tritici*: Pathogenese in den Kontroll- und IPS-Varianten am Standort Lauenhagen im Jahr 2000 (BSB auf F-3 bis F, Sorte Ritmo) (Pfeile geben die Applikationstermine wieder)

Die Aussaat erfolgte am 22.9.1999. Anhand der Boniturdaten ist ableitbar, daß *S. tritici* noch während der Vorwinterzeit in der Lage war, sich in erheblichem Umfang im Bestand zu etablieren. Am ersten Probennahmetermin (17.4.2000) betrug die über die Blattetagen F-6 bis F-5 aufsummierte Befallsstärke knapp 600 Pyknidien, was als sehr hohes Ausgangsinokulum anzusprechen ist.

Der erste Infektionszeitraum war vom 24.-25.4. nachzuweisen; der Weizen hatte das 2-Knoten-Stadium erreicht. 4 bis 5 Wochen später (Boniturtermine vom 22.5. und 29.5.) wurde in der Kontroll-Variante ein deutlicher Befallsanstieg registriert. Sowohl die Daten für F-3 als auch für F-2 lassen den Infektionserfolg erkennen, wobei F-3 im Vergleich zu F-2 eine stärkere Befallsprogression zeigte, die auf den für die Pykno-sporenverteilung erforderlichen, unterschiedlich hohen kinetischen Energiebedarf für die vertikale Ausbreitung auf höher inserierte Blattetagen zurückzuführen ist. Dagegen trat auf F-1, welches zum Zeitpunkt des Infektionsereignisses noch nicht vollständig entwickelt war, kaum Befall auf. In ähnlicher Weise dokumentierte sich die Auswirkung der zweiten Infektion vom 21.-22.5. in EC 51 (Beginn des Ährenschiebens). Wiederum war nach einer Latenzzeit von 4 bis 5 Wochen (Boniturtermine vom 19.6. und 26.6.) eine Befallszunahme anhand ansteigender Pyknidienanzahlen, nun auch auf den Blattetagen F-1 und F, feststellbar. Der aufsummierte Endbefall auf den drei obersten Blättern betrug annähernd 400 Pyknidien.

Die in der IPS-Variante ermittelten Befallswerte belegen die Wirksamkeit der epidemiologisch orientierten Pflanzenschutzmaßnahmen. Die erste Applikation erfolgte 3 Tage (28.4., EC 32/33, 0,5 l Jewel Top/ha + 0,125 l Fortress/ha), die zweite 9 Tage (31.5., EC 65, 0,4 l Amistar/ha + 0,75 l Pronto Plus/ha) nach den Infektionen. Wie die Befallsdaten der Blattetagen F-3 und F-2 belegen, war durch den optimal am Infektionsgeschehen ausgerichteten primären Fungizideinsatz eine Ausbreitung des Erregers nahezu vollständig unterbunden worden. Am Boniturtermin des 29.5. wurden auf diesen beiden Blattinsertionen in den behandelten Parzellen insgesamt rund 35 Pyknidien ermittelt, während in den Kontrollen, mit ca. 160 Fruchtkörpern, eine um den Faktor 4,5 höhere Befallsstärke vorhanden war. Vergleichbares gilt ebenso, wenngleich nicht in diesem Umfang, für die Effizienz der zweiten Pflanzenschutzmaßnahme. An den Probennahmeterminen des 19. bzw. 26.6. zeigten auch die IPS-Parzellen einen Anstieg im Befall mit *S. tritici*, der jedoch geringer als in der Kontrolle ausfiel. Am letzten Boniturtermin belief sich die aufsummierte Befallsstärke auf den obersten drei Blättern auf einem Wert von 160 Pyknidien und lag damit

um 60 % unter dem Befallswert der Kontrolle. Im Vergleich zur ersten Behandlung war somit eine geringere Auswirkung des Fungizideinsatzes festzustellen, was darauf zurückzuführen ist, daß die Zweitapplikation erst 9 Tage nach der Infektion vorgenommen wurde und folglich keine optimal-kurative Wirkung induziert werden konnte.

Gesamtbetrachtung: Endbefall mit *S. tritici*

Wie in Kapitel 3.1.3.1.1. für die Kontroll-Varianten bei ungestörtem Populationsaufbau dargestellt, trat die *Septoria*-Blattdürre während des 4jährigen Untersuchungszeitraums in unterschiedlichem Umfang auf. Der Gegensatz zwischen Jahren mit geringem Pathogendruck (1998, 1999) und Jahren hohen Befalls (2000, 2001) findet sich auch wieder in den behandelten Parzellen (Abb. 28).

Im ersten Versuchsjahr belief sich der aufsummierte Endbefall der drei obersten Blätter in den unbehandelten Parzellen auf durchschnittlich 120 Pyknidien (Spannbreite: 70-150), in den IPS-Proben wurden im Mittel 10 (5-30) Fruchtkörper diagnostiziert. Im Schnitt bewirkte der gezielte Pflanzenschutz eine Befallsreduktion um 89 % (82-95 %). Vergleichbare Zahlen lieferte das Jahr 1999, in welchem der Endbefall in den Kontrollen bei 55 (10-210), in den IPS-Parzellen wiederum bei 10 Pyknidien (0-10) lag, was einer Verringerung um 87 % (64-100 %) entspricht. In den Jahren 2000 und 2001 dagegen wurden aufgrund des hohen Ausgangsinokulums im Frühjahr die höheren Blattetagen wesentlich stärker mit *S. tritici* infiziert. So zeigten die Kontroll-Varianten auf den oberen drei Blättern (F-2 bis F) im Jahr 2000 einen durchschnittlichen Endbefall von 420 Pyknidien (160-860), im Jahr 2001 lag dieser Wert bei 400 (80-800). Vergleichend hierzu wiesen die IPS-Varianten 105 (10-190) resp. 95 (10-230) Fruchtkörper auf; die Pflanzenschutzmaßnahmen hatten in diesen durch starken Befallsdruck charakterisierten Jahren Wirkungsgrade von 74 % (Jahr 2000; 43-94 %) bzw. 76 % (Jahr 2001; 38-95 %).

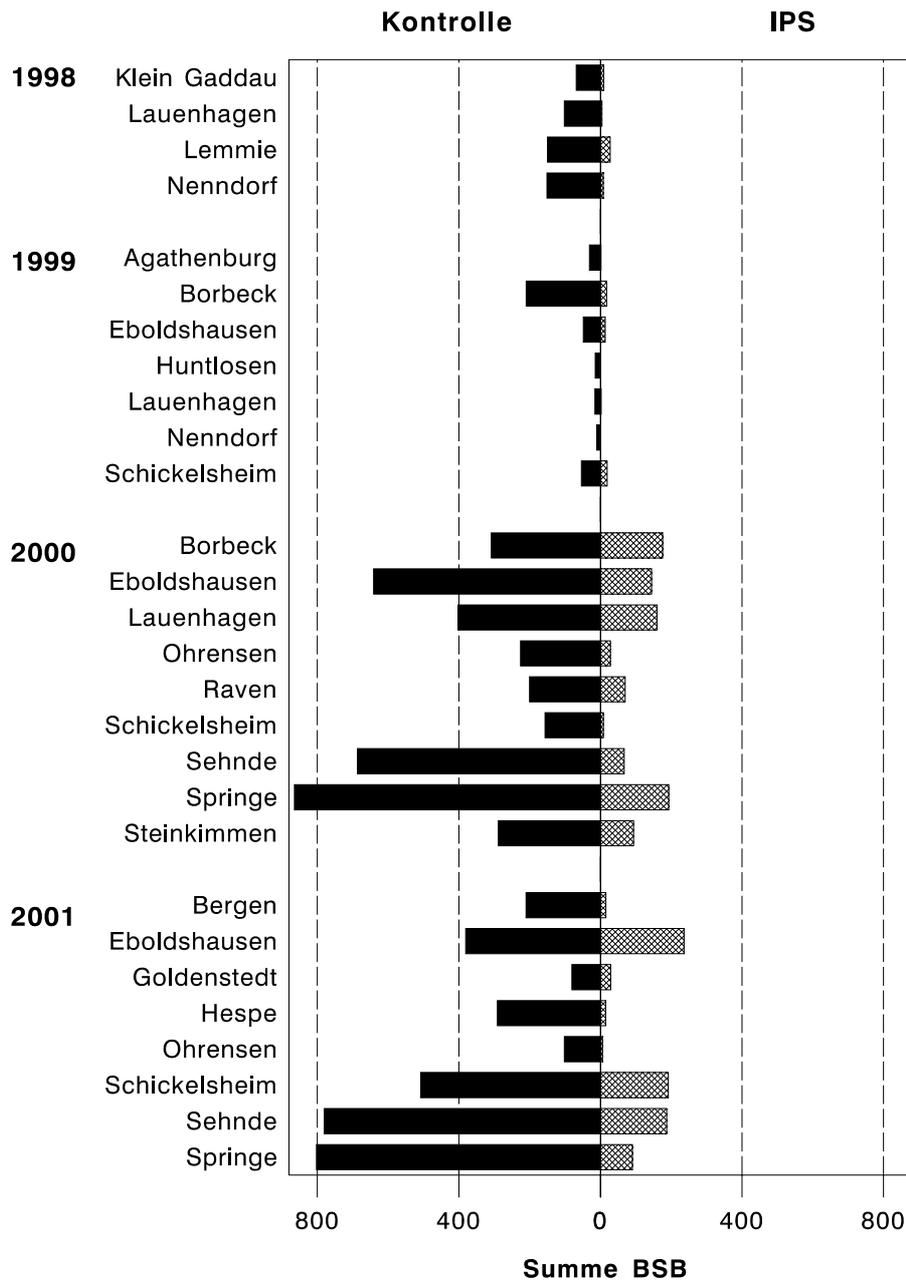


Abb. 28: *S. tritici*: Endbefall in den Kontroll- und IPS-Varianten (Summe BSB auf F-2 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

Die Befallsunterschiede zwischen den Kontroll- und IPS-Varianten ließen sich im Friedman-Test (vgl. SACHS 1972: 422 ff) mit $\alpha < 0,0001$ statistisch absichern.

3.1.6.2. *Stagonospora nodorum*

Dem Erreger der Blatt- und Spelzenbräune kam, wie erwähnt, in den vorliegenden Untersuchungen kaum Bedeutung zu; detaillierte Befallsverläufe werden daher hier nicht dargestellt. Es ist davon auszugehen, daß dieses Begleitpathogen ohne ertragsmindernde Wirkung blieb. Die zumeist sehr geringen Endbefallswerte erlauben auch keine Bewertung der Wirksamkeit von Fungizidmaßnahmen (Abb. 29).

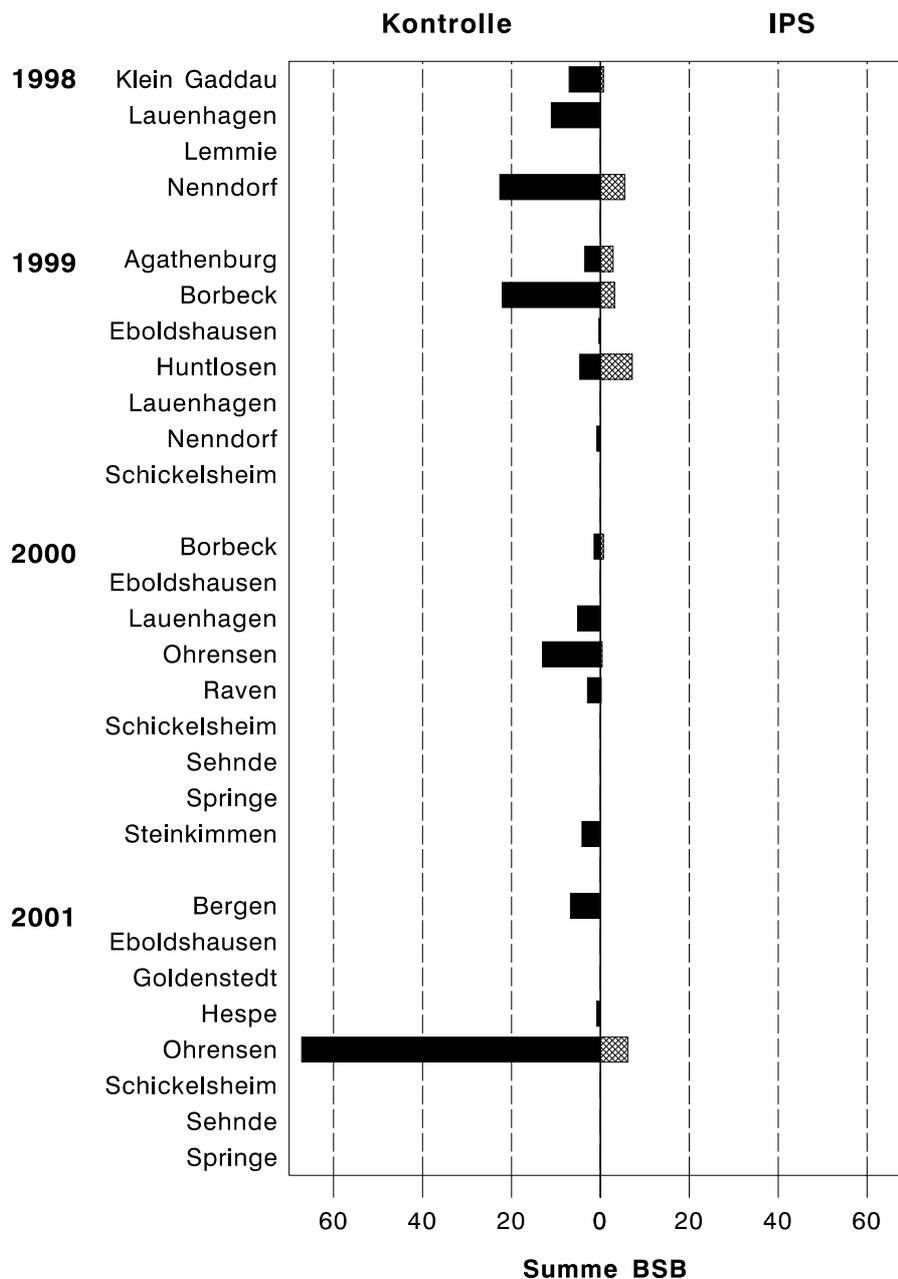


Abb. 29: *S. nodorum*: Endbefall in den Kontroll- und IPS-Varianten (Summe BSB auf F-2 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

3.1.6.3. *Erysiphe graminis*

Fallbeispiel: Populationsdynamik von *E. graminis*

Die Befallsentwicklung von *E. graminis* findet exemplarisch anhand der Fallstudie am Standort Ohrensen, Versuchsjahr 2000, Darstellung (Abb. 30).

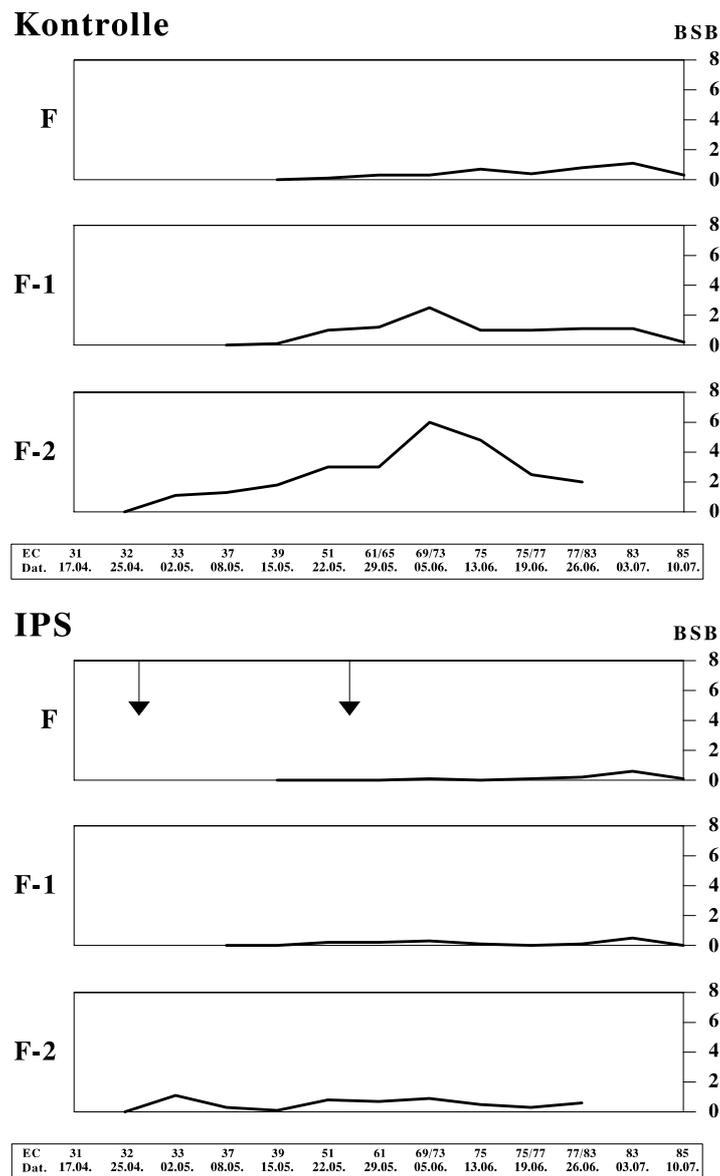


Abb. 30: *E. graminis*: Pathogenese in den Kontroll- und IPS-Varianten am Standort Ohrensen im Jahr 2000 (BSB auf F-2 bis F, Sorte Ritmo) (Pfeile geben die Applikationstermine wieder)

Bei diesem Standort handelt es sich um einen im nördlichen Niedersachsen (Landkreis Stade) liegenden Versuchsort, an dem, wie in Kapitel 3.1.3.3. angesprochen, während der Untersuchungsperiode überdurchschnittlich hoher Mehлтаubefall festzustellen war. Die im Jahr 2000 durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen beruhten auf gleichzeitigem Überschreiten der Bekämpfungsschwellen durch *S. tritici* und *E. graminis*. So erfolgte die erste Behandlung in EC 32 (27.4., 0,5 l Jewel Top/ha + 0,125 l Fortress/ha), die zweite in EC 55 (26.5., 0,6 l Amistar/ha + 0,75 l Pronto Plus/ha).

Aus dem Vergleich der Befallskurven für die Blattetage F-2 ist erkennbar, daß die erste Applikation in den IPS-Parzellen eine deutliche Befallsreduktion induzierte, die annähernd zwei Wochen anhielt. Im weiteren Beobachtungszeitraum wurden zwar erneut Mehлтаumycelien diagnostiziert, die BSB bewegte sich jedoch bis zum Boniturende auf sehr niedrigem Niveau. Dagegen fand in der Kontrolle ein stetiger Populationsaufbau statt, so daß am Ende der Blüte auf dem dritten Blatt von oben (F-2) eine Befallsstärke von rund 6 % erreicht war. Die Wirkung der zweiten Applikation läßt sich aus den Befallsdaten der Blattetagen F-1 und F ableiten. Im Gegensatz zur IPS-Variante, in der die beiden obersten Blätter bis zur Teigreife nahezu befallsfrei blieben, hatte sich der Erreger in den unbehandelten Parzellen fest etabliert und zeigte eine fast konstant durchhaltende Besiedlung in Höhe von 1-2 % der Blattfläche. Verminderungen in der Befallsstärke gegen Ende der Boniturzeit sind bedingt durch fortschreitende Seneszenz der Pflanzen, die bei dem obligat biotrophen Pathogen einen natürlichen Befallsrückgang zur Folge hat.

Gesamtbetrachtung: Endbefall mit *E. graminis*

Die Auswirkungen der Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Endbefall mit *E. graminis* gehen aus Abbildung 31 hervor.

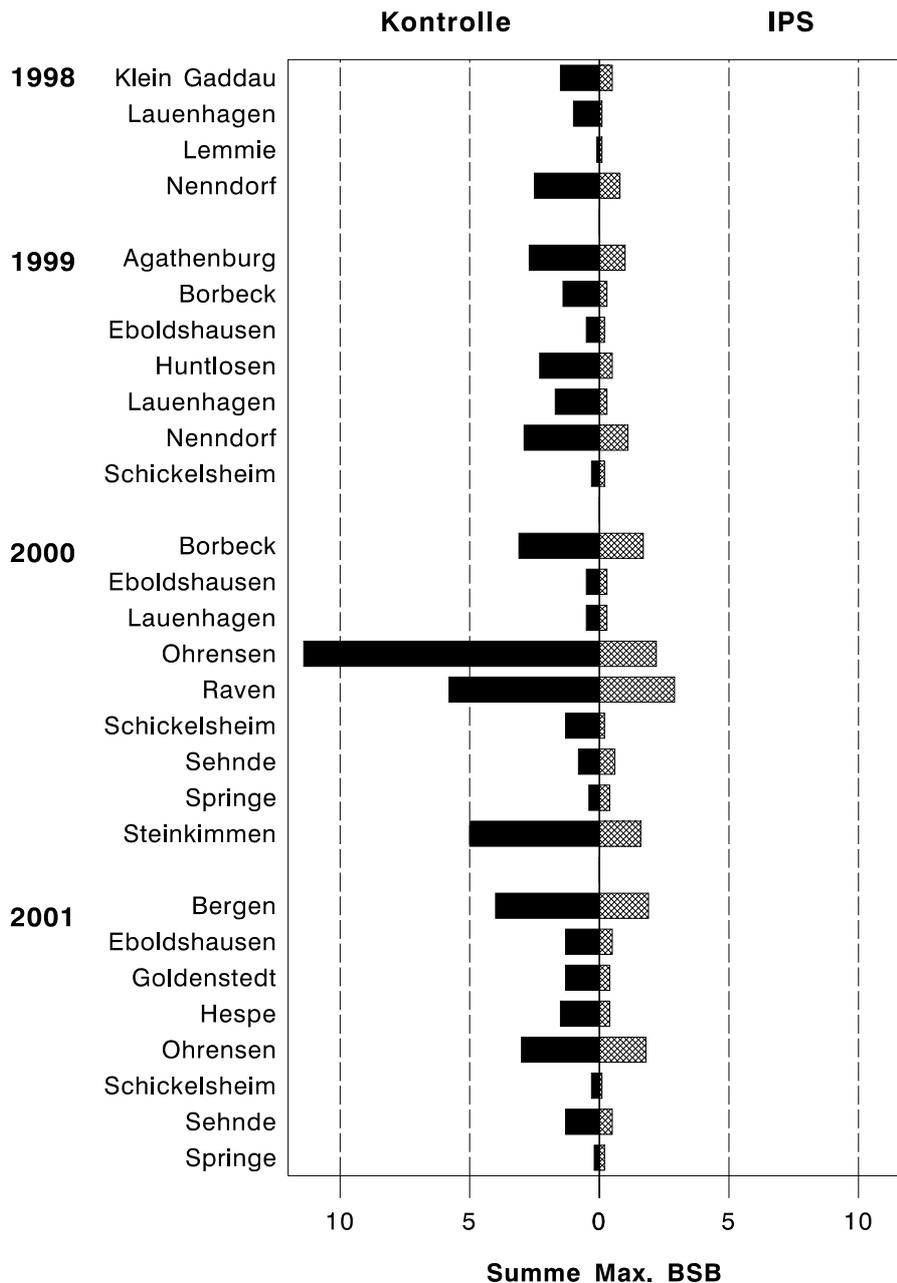


Abb. 31: *E. graminis*: Endbefall in den Kontroll- und IPS-Varianten (Summe Max. BSB auf F-2 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

Sieht man von den 10 Versuchen, in welchen auch in den Kontrollen mit ≤ 1 Summe Max. BSB nur sehr geringes Pathogenaufkommen aufgetreten war, ab, so zeigten sich in den IPS-Varianten im Mittel der Jahre Befallsreduktionen von 68 %. Dabei waren im letzten Untersuchungsjahr mit durchschnittlich 60 % vergleichsweise geringe Wirkungsgrade nachzuweisen. Analog den regionalen Befallsunterschieden in den Kontrollen (vgl. Kap. 3.1.3.3.) ließen auch die Daten der IPS-Varianten in den im Westen und Norden

Niedersachsens durchgeführten Versuchen meist höhere Erregerausbreitung als an südlichen und östlichen Standorten erkennen. Dies spiegelte sich nicht nur anhand der absoluten BSB-Werte wider, sondern hatte ferner auch Auswirkungen auf die Effizienz der Pflanzenschutzmaßnahmen. So ergaben sich unterdurchschnittliche Wirkungsgrade insbesondere im Jahr 2000 an den Standorten Borbeck (55 %) und Raven (50 %) sowie im Jahr 2001 in den Versuchen in Bergen (53 %) und Ohrensen (40 %).

Die Unterschiede der Befallswerte der Kontroll- und IPS-Varianten ließen sich im Friedman-Test mit $\alpha < 0,0001$ statistisch absichern.

3.1.6.4. *Puccinia striiformis*

Fallbeispiel: Populationsdynamik von *P. striiformis*

Die Befallsentwicklung von *P. striiformis* wird exemplarisch anhand der Fallstudie am Standort Schickelsheim, Versuchsjahr 2001, dargestellt (Abb. 32).

Bei diesem Beispiel handelt es sich um den einzigen Versuch der 4jährigen Beobachtungsperiode, in dem Fungizide aufgrund der Überschreitung der Bekämpfungsschwelle des Gelbrosts (BHB von 46,7 % am 28.5.) ausgebracht wurden. Zum Einsatz kamen am 30. Mai in EC 45 0,8 l Amistar/ha + 0,4 l Gladio/ha.

Die effektive, langanhaltende Wirkung der Pflanzenschutzapplikation ist deutlich erkennbar. In der IPS-Variante wurden nach der Behandlung (erste Bonitur am 11.6.) bis zum Ende des Probennahmezeitraums nahezu keine Uredosporenlager mehr nachgewiesen, dagegen konnte sich der Erreger in den Kontroll-Parzellen weiter ausbreiten. Insbesondere F-1 und das Fahnenblatt wurden stark infiziert.

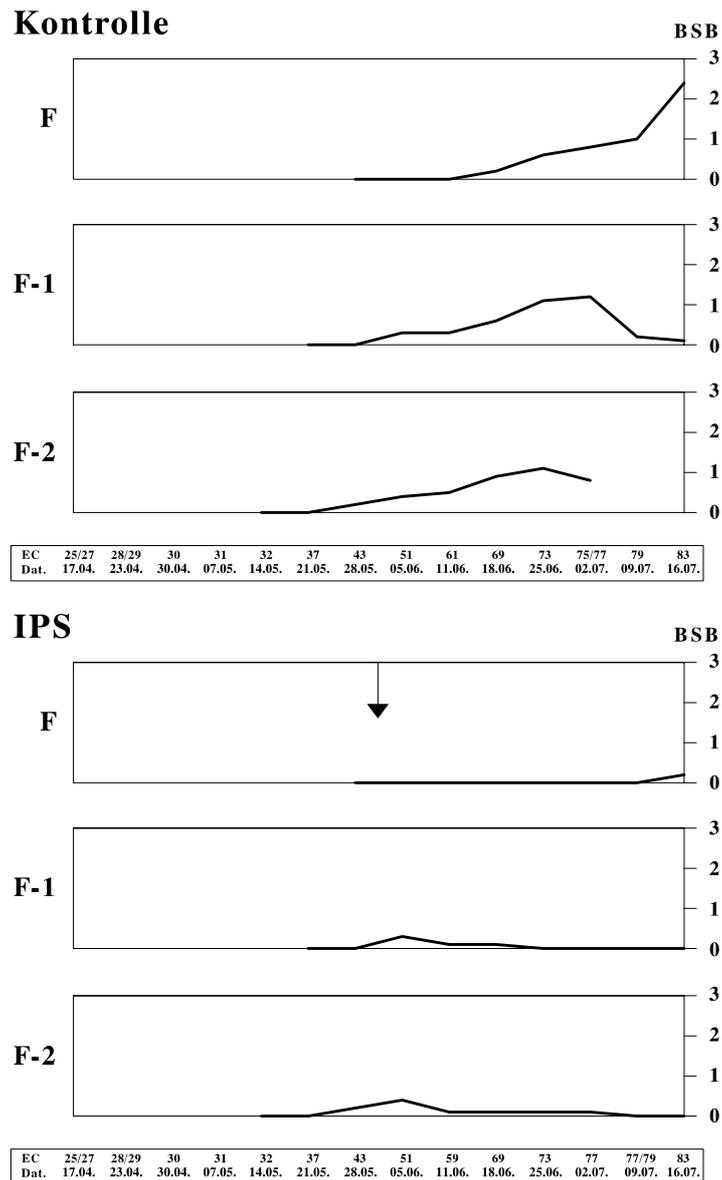


Abb. 32: *P. striiformis*: Pathogenese in den Kontroll- und IPS-Varianten am Standort Schickelsheim im Jahr 2001 (BSB auf F-2 bis F, Sorte Ritmo) (Pfeil gibt den Applikationstermin wieder)

Gesamtbetrachtung: Endbefall mit *P. striiformis*

Über die Jahre und Standorte betrachtet konnte der Befall mit dem Erreger des Gelbrosts durch die Fungizidmaßnahmen drastisch eingeschränkt werden (Abb. 33).

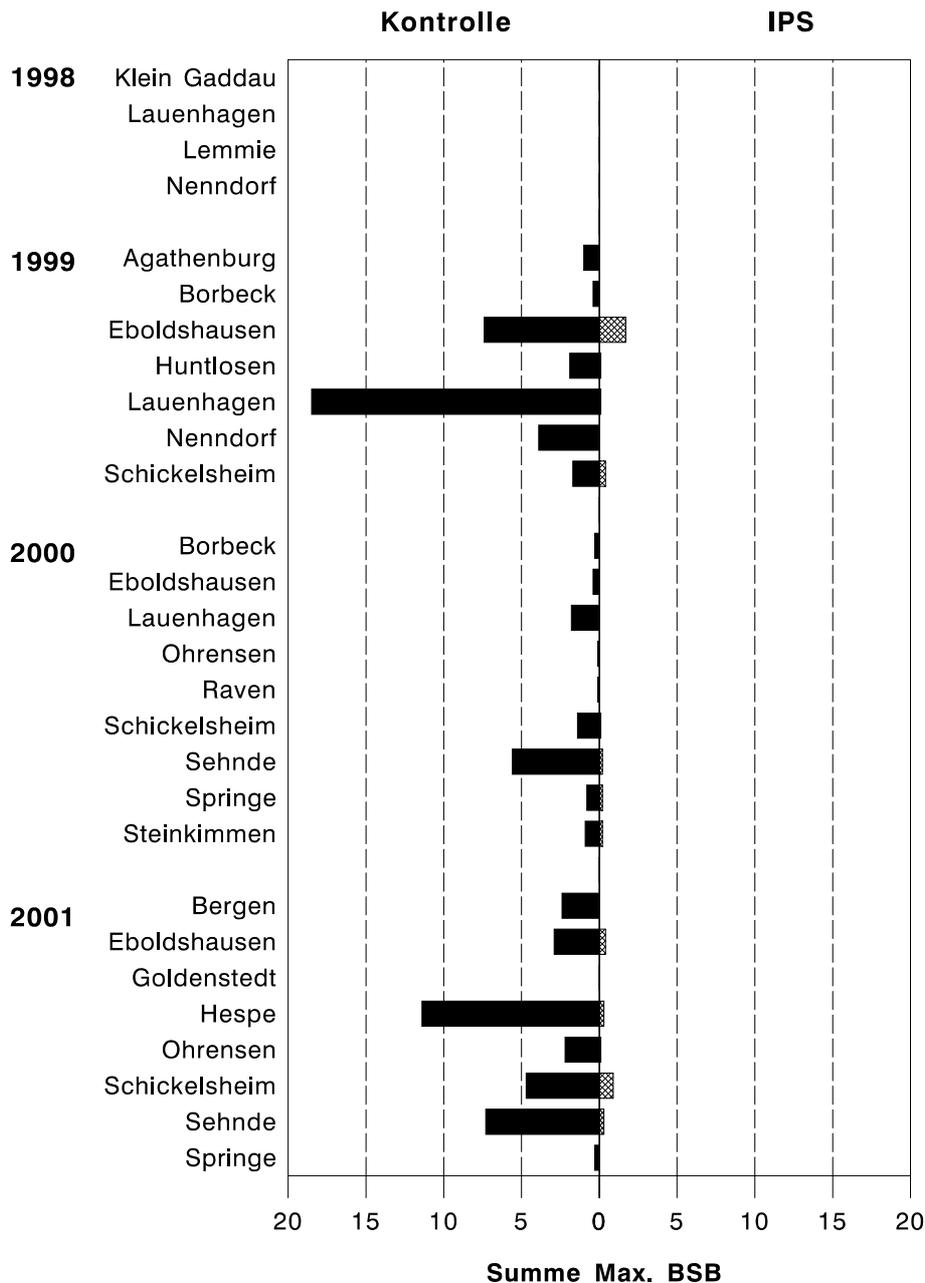


Abb. 33: *P. striiformis*: Endbefall in den Kontroll- und IPS-Varianten (Summe Max. BSB auf F-2 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

Berücksichtigt man diejenigen 14 Versuche, in welchen die Kontrollen Gelbrost-Befall > 1 Summe Max. BSB zeigten, wurde in den IPS-Varianten ein im Schnitt um 92 % (Spannbreite: 77-100 %) vermindertes Pathogenaufkommen ermittelt. In der Mehrzahl der Versuche lag in den behandelten Parzellen ein äußerst geringer Befall vor; größere Ausbreitung erfuhr der Erreger nur im Jahr 1999 am Standort Eboldshausen (1,7 Summe Max. BSB).

Die infolge der Pflanzenschutzmaßnahmen erzielten Befallsreduktionen ließen sich im Friedman-Test mit $\alpha < 0,0001$ statistisch absichern.

3.1.6.5. *Puccinia recondita*

Fallbeispiel: Populationsdynamik von *P. recondita*

Die Befallsentwicklung von *P. recondita* wird exemplarisch anhand der Fallstudie des Standorts Schickelsheim im Versuchsjahr 2001 dargestellt (Abb. 34).

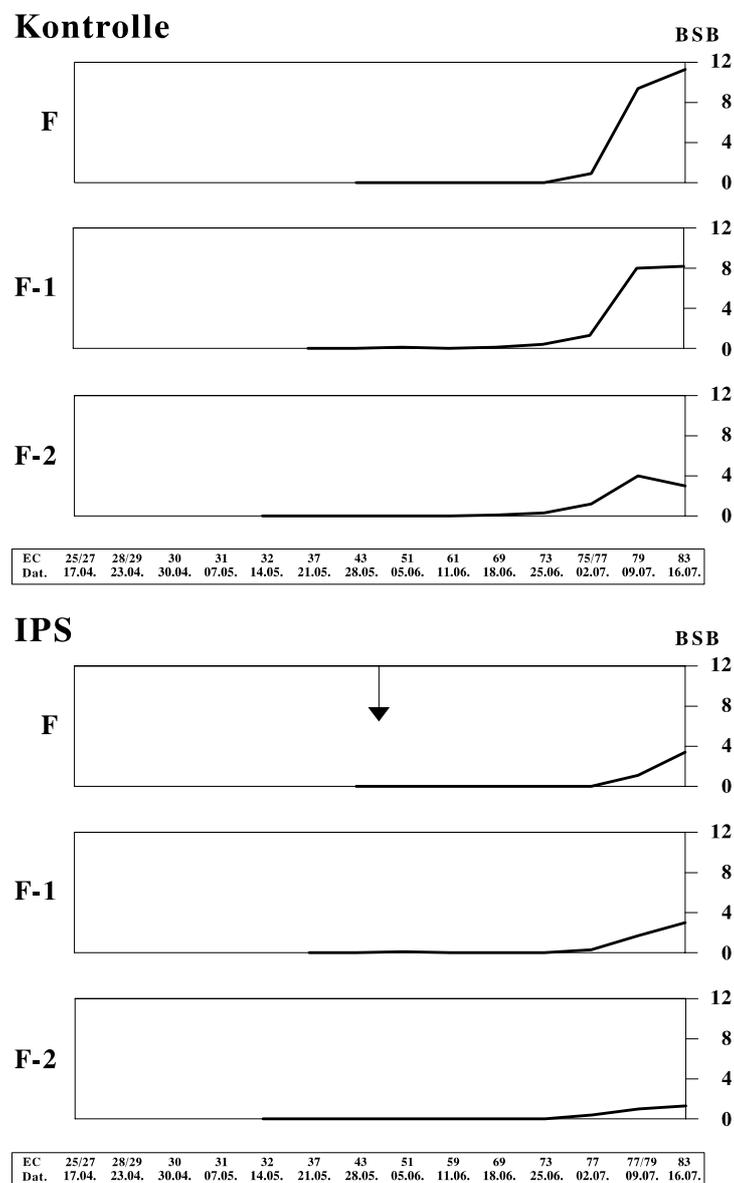


Abb. 34: *P. recondita*: Pathogenese in den Kontroll- und IPS-Varianten am Standort Schickelsheim im Jahr 2001 (BSB auf F-2 bis F, Sorte Ritmo) (Pfeil gibt den Applikationstermin wieder)

Wie zuvor erwähnt, wurde in diesem Versuch nur eine Behandlung durchgeführt (30.5., EC 45, 0,8 l Amistar/ha + 0,4 l Gladio/ha).

In der Kontrolle waren erste Uredosporenlager des Braunrosts am 5. Juni auf F-4 feststellbar. Ab Ende Juni breitete sich der Erreger deutlich aus und hatte bis zum Ablauf der Boniturperiode vor allem die beiden obersten Blättertagen in erheblichem Umfang besiedelt (Befallsstärken von rund 8 % auf F-1 bzw. 12 % auf F). Die entsprechende IPS-Variante blieb nach dem Fungizideinsatz über einen Zeitraum von 4 Wochen befallsfrei. Ab der ersten Julidekade, nach Ablauf des Spritzschutzes durch Metabolisierung der Wirkstoffe, konnte sich das Pathogen auch in den behandelten Parzellen etablieren, erreichte allerdings wesentlich geringeres Befallsausmaß als in der ungespritzten Variante.

Gesamtbetrachtung: Endbefall mit *P. recondita*

Über die Jahre und Standorte wurden durch die Fungizidapplikationen deutliche Befallsreduktionen von *P. recondita* erzielt (Abb. 35).

Unter Heranziehung derjenigen 18 Versuche, in welchen in den Kontrollen Werte > 1 Summe Max. BSB nachzuweisen waren, bewirkten die Fungizidmaßnahmen in den IPS-Varianten eine mittlere Befallsreduktion von 90 % (Spannbreite: 67-100 %). Trotz des mitunter hohen Pathogendruckes in den Jahren 2000 und 2001 trat nach den Behandlungen meist nur geringe Besiedlung des oberen Blattapparats auf (< 2 Summe Max. BSB auf F-2 bis F), lediglich am Standort Schickelsheim ergab sich im Jahr 2001 nach Ablauf des Spritzschutzes (s. o.) auch in den IPS-Parzellen höhere Erregerausbreitung (7,7 Summe Max. BSB).

Die zwischen den Kontroll- und IPS-Varianten beobachteten Befallsunterschiede waren im Friedman-Test mit $\alpha < 0,0001$ statistisch absicherbar.

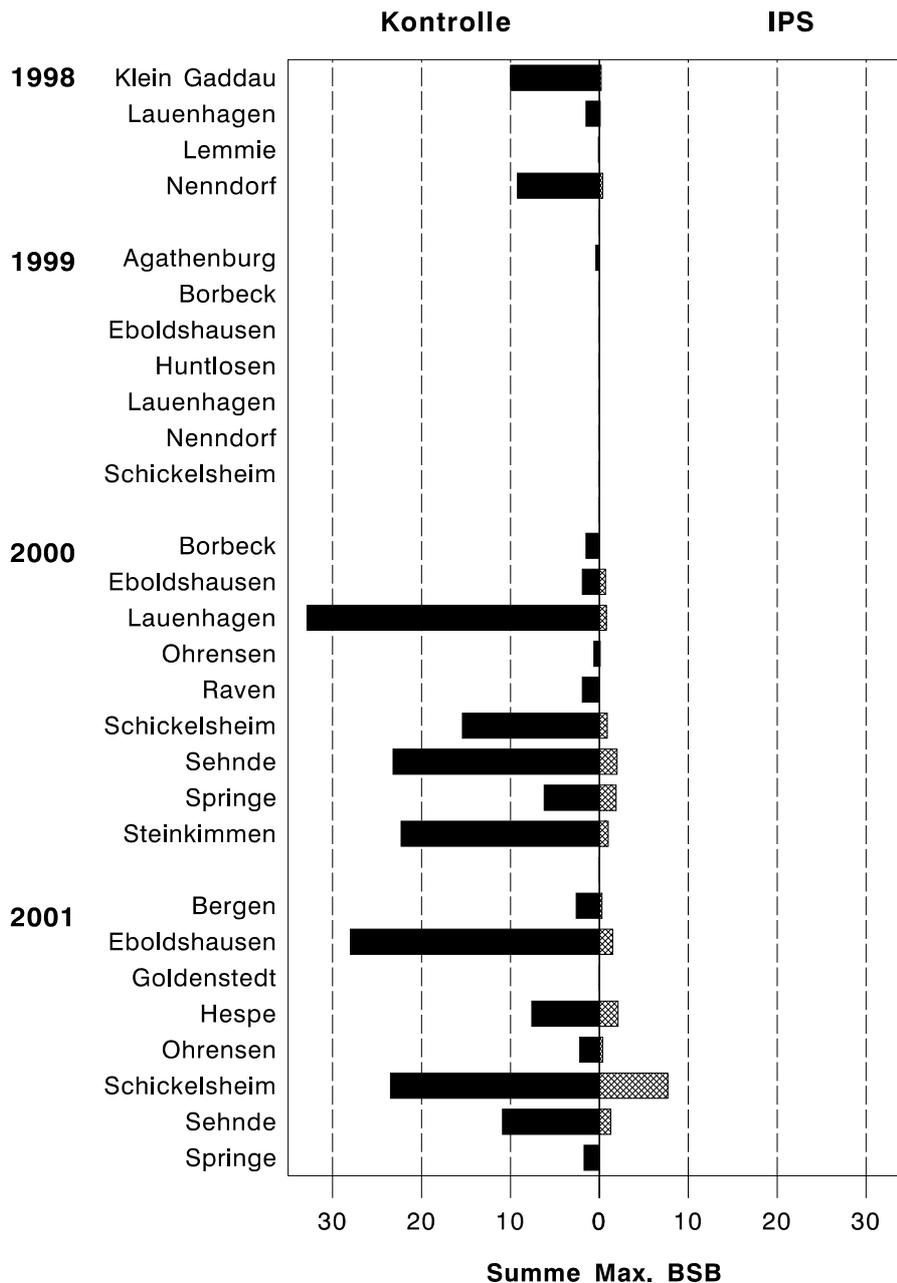


Abb. 35: *P. recondita*: Endbefall in den Kontroll- und IPS-Varianten (Summe Max. BSB auf F-2 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

3.1.6.6. *Drechslera tritici-repentis*

Fallbeispiel: Populationsdynamik von *D. tritici-repentis*

Die Befallsentwicklung von *D. tritici-repentis* wird exemplarisch anhand der Fallstudie am Standort Eboldshausen, Versuchsjahr 1999, dargestellt (Abb. 36).

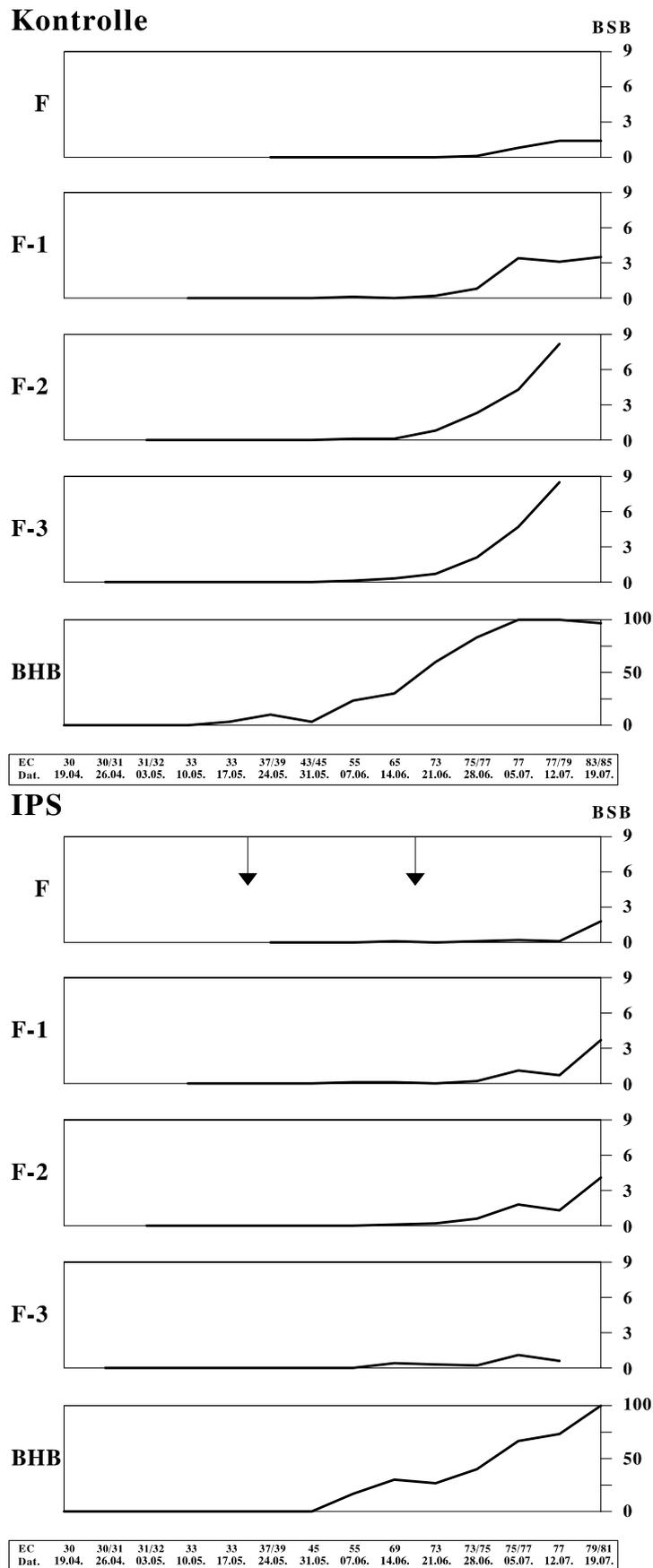


Abb. 36: *D. tritici-repentis*: Pathogenese in den Kontroll- und IPS-Varianten am Standort Eboldshausen im Jahr 1999 (BSB auf F-3 bis F, BHB der Gesamtpflanze, Sorte Ritmo)
(Pfeile geben die Applikationstermine wieder)

Der Standort Eboldshausen liegt im Süden Niedersachsens (Landkreis Northeim). Der Weizenanbau des Jahres 1999 folgte den Vorkulturen Wintergerste und Zuckerrübe. Die vorherrschende Befallssituation induzierte eine schwellenorientierte Behandlung durch Grenzwertüberschreitung von *S. tritici* (20.5., EC 37, 0,75 l Pronto Plus/ha + 0,15 l Fortress/ha); die Abschlußbehandlung erfolgte, ohne daß weitere Schwellenüberschreitungen aufgetreten waren, nach Versuchsplan am 17.6. (EC 69, 0,3 l Amistar/ha).

Bereits am 17.5., im 3-Knoten-Stadium, wurden in der Kontrolle auf F-6 erste Konidien festgestellt. Bis Ende Mai belief sich die Befallshäufigkeit auf Werten von rund 10 %. Danach breitete sich der Erreger rasch aus und hatte ab Anfang Juli den gesamten Bestand infiziert. Die Befallsstärke erreichte ein Maximum von 5,3 BSB auf der Gesamtpflanze. Die höchsten Werte wurden auf den Blattetagen F-3 bzw. F-2 (8,5 bzw. 8,2 BSB) nachgewiesen, das Fahnenblatt (F) und F-1 zeigten einen geringeren Befall (1,4 bzw. 3,5 BSB).

Im Gegensatz zur Kontrolle wurde in der IPS-Variante einerseits eine verzögerte Ausbreitung des Erregers im Pflanzenbestand, andererseits auch eine niedrigere Befallsstärke diagnostiziert. Erhebliche quantitative Pathogenprogression trat erst Mitte/Ende Juni, zwischen Blühende und früher Milchreife ein, setzte sich dann jedoch bis ans Boniturende fort, so daß am 19.7. auch in den behandelten Parzellen alle Pflanzen Symptome aufwiesen. Die Befallsstärke der Gesamtpflanze erreichte an diesem letzten Beobachtungstermin mit rund 3 GES BSB ihren Höchstwert; betroffen waren insbesondere die Blattorgane F-2 und F-1 (3,7 bzw. 4,1 BSB). Diese im Vergleich zu anderen Fallstudien relativ umfangreiche Etablierung der DTR-Blattdürre ist einerseits zurückzuführen auf den versuchsspezifisch hohen Pathogendruck, andererseits zog die Mitte Juni durchgeführte Abschlußbehandlung eine zeitlich nur begrenzte Kontrolle des Erregers nach sich, so daß nach Ablauf der protektiven Wirksamkeit des Präparats nun auch in der IPS-Variante eine stärkere Besiedlung der obersten Blattetagen stattfinden konnte.

Gesamtbetrachtung: Endbefall mit *D. tritici-repentis*

Die Effektivität der Fungizidmaßnahmen gegenüber der DTR-Blattfleckenkrankheit während des 4jährigen Untersuchungszeitraums geht aus Abbildung 37 hervor.

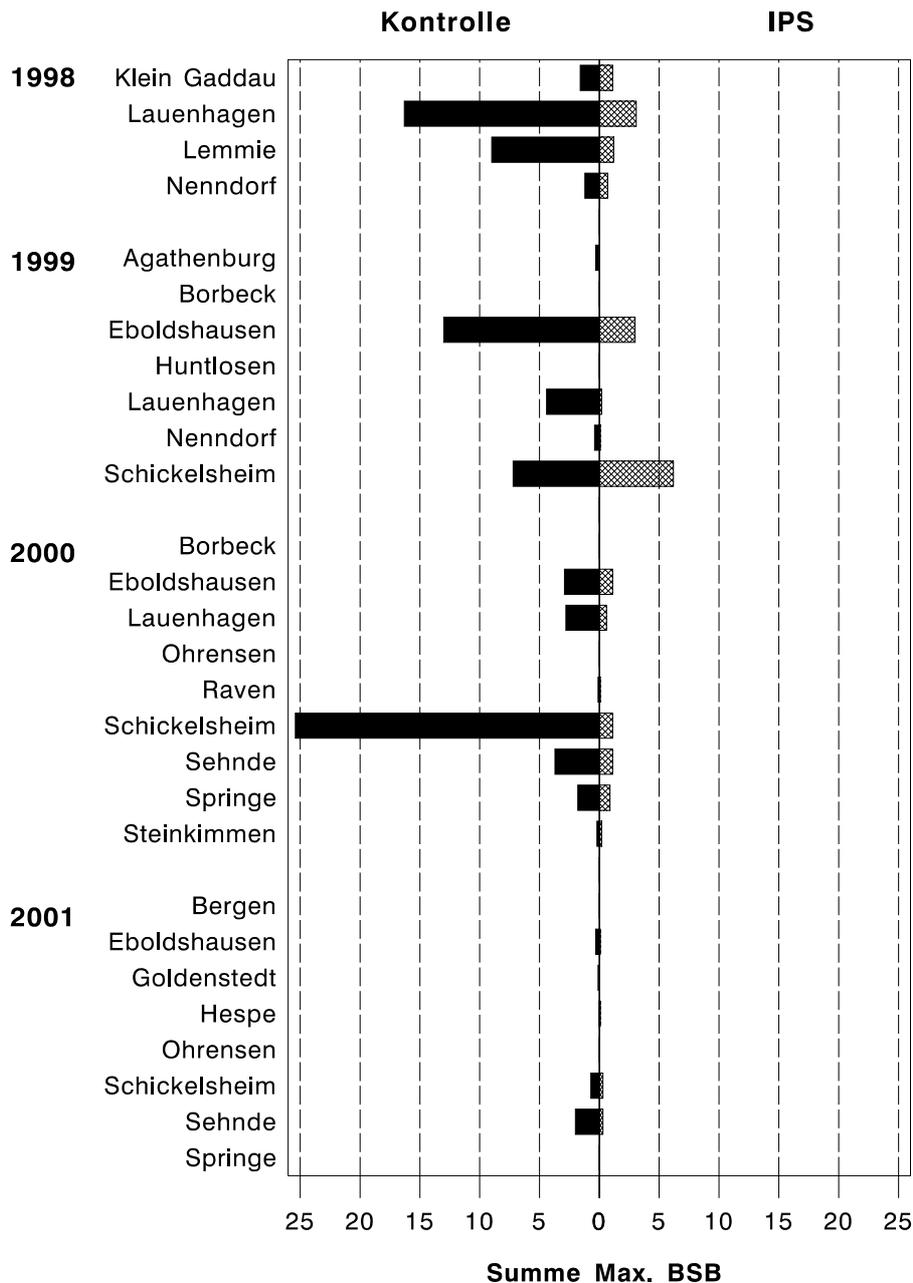


Abb. 37: *D. tritici-repentis*: Endbefall in den Kontroll- und IPS-Varianten (Summe Max. BSB auf F-2 bis F, Sorte Ritmo, 1998-2001)

Gewertet werden erneut nur Versuche, in denen in den Kontrollen Werte > 1 Summe Max. BSB festzustellen waren (n = 13). In diesen ergab sich im Mittel in den IPS-Varianten eine Befallsreduktion von 67 %. Überdurchschnittliche Effektivität wurde insbesondere in Versuchen, die höherem Pathogendruck unterlagen, erzielt. Fallstudien, in welchen die unbehandelten Parzellen Werte > 3 Summe Max. BSB aufwiesen (1998: Lauenhagen, Lemmie; 1999: Eboldshausen, Lauenhagen; 2000: Schickelsheim, Sehnde), zeigten in den

behandelten Varianten einen mittleren Wirkungsgrad der Fungizide von 84 %. Eine Ausnahme bildete der Versuch in Schickelsheim im Jahr 1999, in dem kaum Unterschiede zwischen Kontroll- und IPS-Variante aufgetreten waren. Dies ist darauf zurückzuführen, daß in diesem Versuch nur eine Applikation (20. Mai) vorgenommen wurde, da einerseits vor Ablauf des möglichen Einsatzzeitraums von Fungiziden keine erneuten Überschreitungen von Bekämpfungsschwellenwerten zu ermitteln waren, andererseits eine Abschlußbehandlung, gemäß dem Fungizid-Konzept in derartigen Fällen gegen Ende der Blüte vorgesehen, witterungsbedingt nicht mehr realisiert werden konnte.

Die zwischen den Kontroll- und IPS-Varianten beobachteten Befallsdifferenzen waren im Friedman-Test mit $\alpha < 0,0001$ statistisch absicherbar.

3.1.6.7. *Pseudocercospora herpotrichoides*

Die dem IPS-Modell zugrunde liegende Bekämpfungsschwelle des Parasitären Halmbruchs wurde während des 4jährigen Untersuchungszeitraums in keiner Fallstudie überschritten, so daß auch keine erregerspezifischen Fungizidmaßnahmen durchzuführen waren. Dennoch traten infolge der an anderen Zielorganismen ausgerichteten Behandlungen Befallsreduktionen auf (Tab. 19).

Tab. 19: *P. herpotrichoides*: Endbefall in Kontroll- und IPS-Varianten (BHB und BSB in EC 73-79, alle Sorten, 52 Versuche)

Jahr	BHB		BSB	
	K	IPS	K	IPS
1998	53,05	47,23	23,57	23,68
1999	33,33	33,09	15,83	14,28
2000	51,44	42,44	23,44	19,83
2001	79,93	71,78	47,31	40,43
Mittelwert	55,32	49,12	28,44	24,83

Im Schnitt war im Stadium der Milchreife im Vergleich zur Kontrolle in den IPS-Varianten eine um 6 % verminderte Befallshäufigkeit nachweisbar, die Befallsstärke lag um 13 % niedriger. Diese Differenzen ließen sich jeweils im Friedman-Test mit $\alpha < 0,005$ signifikant absichern.

3.1.7. Erntedaten

3.1.7.1. Hektarerträge

Sorte Ritmo

Das versuchsspezifische Ertragsniveau in den betrachteten Fungizidstufen zeigte ausgeprägte Unterschiede. In Abbildung 38 sind die Ertragsleistungen dokumentiert, die Rohdaten und Grenzdifferenzen sind der Anhangtabelle 10 zu entnehmen.

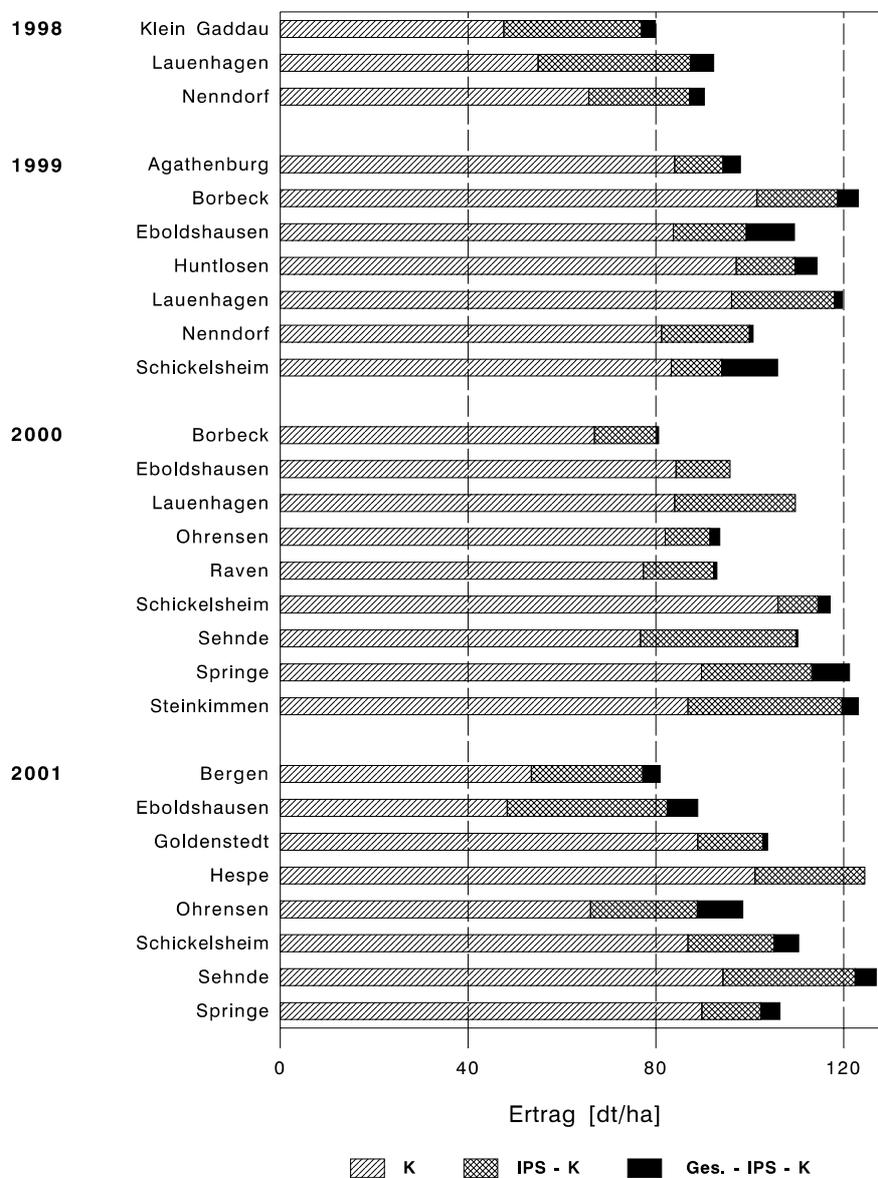


Abb. 38: Erträge (dt/ha, Sorte Ritmo, 1998-2001)
 (K: Ertrag in der Kontroll-Variante; IPS-K: Mehrertrag der IPS- gegenüber der Kontroll-Variante; Ges.-IPS-K: Mehrertrag der Gesund- gegenüber der IPS-Variante)

In den unbehandelten Kontrollen wurde im Mittel aller Versuche ein Ertragsniveau in Höhe von 80,3 dt/ha (Spannbreite: 48-106), in den IPS-Varianten von 100,6 dt/ha (77-125) und in den Gesund-Varianten von 104,4 dt/ha (81-126) erreicht.

Nach Varianzanalyse und Duncan-Test (vgl. WEBER 1972: 256ff) ergaben sich in allen Versuchen zwischen den Kontroll- und IPS-Varianten signifikante Unterschiede in der Ertragshöhe; die Gesund-Varianten lagen in 18 Fallstudien auf gleichem Niveau wie die IPS-Varianten, in 9 Versuchen wurden durch den umfassenderen Fungizideinsatz statistisch absicherbare Mehrerträge erzielt. Die meist niedrigen Grenzdifferenzen (vgl. Anhangtab. 10) belegen für die Mehrzahl der Fallstudien Homogenität innerhalb der Versuchsanlagen. Relativ große Grenzdifferenzen (ab 8 dt/ha zwischen den Varianten) waren an den Standorten Lauenhagen (1998), Huntlosen (1999), Eboldshausen und Ohrensen (2000) sowie Hespe und Sehnde (2001) nachzuweisen. Die Ursachen hierfür konnten nicht in allen Fällen eindeutig festgestellt werden. Beim Versuch in Huntlosen, der auf einem sehr leichten Boden (AZ 28, Sandmischkultur) angelegt worden war, wurden im Laufe der Beprobungsperiode Vitalitätsunterschiede der Pflanzen zwischen einzelnen Wiederholungen registriert und seitens der Versuchsansteller durch Differenzen in der Wasserführung erklärt. Vergleichbares kam ebenso in Eboldshausen zum Tragen. Einzelne Parzellen im C- und D-Block wiesen gegen Ende des Probennahmezeitraums Trockenstreß auf, der auf Verdichtungen im Unterboden infolge ungünstiger, sehr nasser Bodenverhältnisse während der Ernte der Zuckerrübe (Vorvorfrucht des Jahres 1998) zurückgeführt werden kann. Möglicherweise traf dies auch auf die Versuche in Lauenhagen, Hespe und Sehnde zu, die ebenso Zuckerrüben als Vor- bzw. Vorvorfrucht hatten. Bezüglich der Fallstudie in Ohrensen ist, da in allen drei Varianten jeweils im A- und D-Block systematisch höhere Erträge als im B- und C-Block erreicht wurden, zu vermuten, daß Heterogenität der Bodenverhältnisse die hohen Grenzdifferenzen verursacht hatte.

Im Mittel der Versuche resultierten die in Tabelle 20 dargestellten Ertragswerte.

Tab. 20: Mittlere Hektarerträge der Kontroll-, IPS- und Gesund-Varianten (Sorte Ritmo, 1998-2001)

		1998	1999	2000	2001	Mittelwert
Anzahl Versuche		3	7	9	8	27
Ertrag [dt/ha]	Kontrolle	56,06	89,55	83,73	77,40	80,29
	IPS	83,82	104,82	102,96	100,42	100,56
	Gesund	88,83	110,16	104,65	104,86	104,38
Mehrertrag [dt/ha]	IPS zu K	27,76	15,27	19,23	23,02	20,27
	Gesund zu K	32,77	20,61	20,92	27,46	24,09

Nach der varianzanalytischen Verrechnung (vgl. SAS 1989: 846ff) waren mit $\alpha < 0,0001$ sowie $\alpha = 0,0112$ sowohl in der absoluten Ertragshöhe als auch bei den Mehrerträgen nach Pflanzenschutzinsatz signifikante Jahresunterschiede nachzuweisen. Das durchschnittliche Ertragsniveau erreichte im Jahr 1998 den niedrigsten, im Jahr 1999 den höchsten Wert. Die Vegetationsperioden 2000 und 2001 nahmen eine mittlere Stellung ein. Die Mehrerträge beliefen sich in den Jahren 1998 und 2001 im Schnitt auf rund 28-33 bzw. 23-27 dt/ha, in den Jahren 1999 und 2000 wurde mit 15-21 bzw. 19-21 dt/ha ein geringerer Ertragszuwachs erzielt.

Auch zwischen den Varianten ergaben sich statistisch absicherbare Unterschiede bei der Betrachtung der Parameter Ertrag ($\alpha < 0,0001$) und Mehrertrag ($\alpha = 0,0265$). In den unbehandelten Kontrollen wurden im Mittel 20,3 dt/ha weniger als in den IPS-Varianten geerntet, welche ihrerseits um 3,8 dt/ha niedriger als die Gesund-Varianten ausfielen.

Die Ertragsdaten stehen in Übereinstimmung mit dem jahresspezifischen Pathogenaufkommen. In der Vegetationsperiode 1999 lag allgemein sehr niedriger Befall durch Blattpathogene vor, besonders *S. tritici* erfuhr nur unerhebliche Ausbreitung. Dies erklärt sowohl das hohe Ertragsniveau als auch die vergleichsweise geringe Ertragssteigerung nach Fungizideinsatz. Im Jahr 1998 hatte der Erreger der *Septoria*-Blattdürre ebenso nur untergeordnete Bedeutung. Relativ hohen Befall erreichten jedoch der Echte Mehltau, Braunrost und DTR, so daß sich zum einen signifikant unterdurchschnittliche Erträge, zum anderen aber auch überdurchschnittliche Ertragssteigerungen infolge der Pflanzenschutzmaßnahmen einstellten. Die beiden letzten Versuchsjahre waren vor allem gekennzeichnet durch extrem hohen Befall mit *S. tritici*, begleitet von z. T. stärkerem Aufkommen von *E. graminis*, *P. striiformis* und *P. recondita*. Trotz der meist umfangreichen Besiedlung des obersten Blattapparats mit Pyknidien der *Septoria*-Blattdürre wurden in allen

Varianten relativ hohe Erträge erzielt, die zwar nicht die Werte des Jahres 1999 erreichten, aber weit oberhalb derjenigen der ersten Versuchsperiode lagen. Die durch Fungizidmaßnahmen verursachten Verlustminderungen in Form eines Ertragsanstiegs hatten in beiden Jahren mit 103 bzw. 100 dt/ha (IPS-Varianten) und 105 dt/ha (Gesund-Varianten) gleiches Niveau. Dagegen wurden in den unbehandelten Kontrollen des Jahres 2000 rund 6,5 dt/ha mehr als im Versuchsjahr 2001 geerntet. Dies ist vermutlich mitbestimmt durch den Erreger des Gelbrosts, der im Jahr 2001 auf den oberen drei Blättern deutlich höhere Befallswerte zeigte als im Vorjahr.

Vergleichssorten

Analog dem Ritmo unterlagen auch die Ertragsdaten der Vergleichssorten ausgeprägten Unterschieden; standortspezifische Detailangaben und Grenzdifferenzen sind der Anhangtabelle 11 zu entnehmen.

Die Kontrollen erreichten im Schnitt ein Ertragsniveau von 79,8 dt/ha (Spannbreite: 49-101), die IPS-Varianten lagen bei 93,6 dt/ha (70-118) und die Gesund-Varianten bei 97,7 dt/ha (72-125).

Nach Varianzanalyse und Duncan-Test waren in 21 von 24 Versuchen signifikante Unterschiede zwischen IPS- und Kontroll-Varianten nachzuweisen, in drei Fallstudien (1999: Standort Huntlosen, Sorte Batis; 2000: Standort Borbeck, Sorte Batis; 2000: Standort Ohrensen, Sorte Hybnos 1) traten keine statistisch absicherbaren Differenzen auf. Die Ertragsdifferenzen zwischen den IPS- und Gesund-Varianten ließen sich in 6 Fallstudien statistisch absichern, in 18 Fallstudien lagen die Erträge auf gleichem Niveau. Wiederum deuten die Grenzdifferenzen (vgl. Anhangtab. 11) zumeist eine ausgeprägte Homogenität der Versuchsanlagen an. Höhere Werte (ab 8 dt/ha zwischen den Varianten) ergaben sich in Ditterke (1998), Nenndorf (1999) und Sehnde (2001) und sind möglicherweise auf kleinräumig abweichende Bodenverhältnisse zwischen den einzelnen Blöcken zurückzuführen.

Das breite Sortenspektrum, welches in die Untersuchungen einfloß, erlaubt aufgrund von Unterschieden im genetisch fixierten Ertragspotential sowie in der Anfälligkeit gegenüber

Pathogenen und damit auch der Reaktion der Pflanzen auf Fungizideinsatz einen nur eingeschränkten Vergleich der Ertragsdaten. Allerdings decken sich die in Tabelle 21 aufgelisteten Ergebnisse tendenziell mit denen der Sorte Ritmo.

Tab. 21: Mittlere Hektarerträge der Kontroll-, IPS- und Gesund-Varianten (Vergleichssorten, 1998-2001)

		1998	1999	2000	2001	Mittelwert
Anzahl Versuche		2	6	9	7	24
Ertrag [dt/ha]	Kontrolle	52,56	86,33	84,27	76,28	79,81
	IPS	74,62	93,71	93,74	98,68	93,58
	Gesund	81,90	98,04	96,62	103,14	97,65
Mehrertrag [dt/ha]	IPS zu K	22,06	7,38	9,47	22,40	13,77
	Gesund zu K	29,34	11,71	12,36	26,86	17,84

Die varianzanalytische Verrechnung belegt mit $\alpha = 0,0005$ sowie $\alpha < 0,0001$ statistisch absicherbare Jahreseffekte auf Ertrag und Mehrertrag. Die durchschnittlich niedrigsten Erträge waren 1998 aufgetreten, während die drei folgenden Untersuchungsperioden auf ähnlichem Niveau lagen. Vergleichbar der Sorte Ritmo wurden nach Fungizideinsatz in den Jahren 1998 und 2001 mit rund 22-29 bzw. 22-27 dt/ha höhere Mehrerträge als 1999 und 2000 (7-12 bzw. 9-12 dt/ha) erreicht.

Auch die Differenzen zwischen den Varianten ließen sich bei der Betrachtung der Parameter Ertrag ($\alpha < 0,0001$) sowie Mehrertrag ($\alpha = 0,0036$) statistisch absichern. In den Kontrollen waren im Mittel 79,8 dt/ha geerntet worden. Die schwellenorientierten Pflanzenschutzmaßnahmen führten zu einer Ertragssteigerung von 13,8 dt/ha, die Erträge der Gesund-Varianten lagen um 4,1 dt/ha über denen der IPS-Varianten.

Sowohl die durchschnittlichen Erträge als auch die durch Fungizide erzielten Mehrerträge fielen niedriger als in der Sorte Ritmo aus. Diese Befunde lassen sich erklären durch die festgestellten Differenzen in der Pathogentoleranz. Die Vergleichssorten wiesen signifikant geringeren Befall mit *E. graminis*, *P. striiformis* und *P. recondita* auf, *D. tritici-repentis* erfuhr nur vereinzelt stärkere Ausbreitung. Als ertragsbeeinflussend ist somit vor allem *S. tritici* einzustufen. Der erfolgreichen Kontrolle dieses Erregers kann insbesondere in den Jahren 2000 und 2001 der größte Anteil an den Ertragssteigerungen nach Pflanzenschutzmitteleinsatz beigemessen werden. Vor allem die hoch anfälligen Sorten

Bandit und Drifter reagierten mit überdurchschnittlichem Ertragszuwachs, der im Jahr 2000 in den IPS-Varianten bei 11,3 dt/ha und in den Gesund-Varianten bei 15,2 dt/ha, im Jahr 2001 bei 25,8 resp. 29,8 dt/ha (jeweils Durchschnitt aus 4 Versuchen, vgl. Anhangtab. 11) lag.

3.1.7.2. Qualitätsparameter

Bestimmungen der Qualitätsparameter Rohproteingehalt, Sedimentationswert, Fallzahl und Tausendkorngewicht erfolgten seitens der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Kiel. Versuchstechnische Gründe bedingten, daß nicht in allen Fallstudien Beprobungen durchgeführt werden konnten; der jeweilige Stichprobenumfang ist in der Auflistung der Analyseergebnisse in Tabelle 22 angegeben.

Tab. 22: Qualitätsparameter

Variante		Rohprotein [% i. TS]	Sedimentationswert [ml]	Fallzahl [sec]	TKG [g]
Kontrolle	Anzahl Werte	39	39	37	39
	Mittelwert	12,74	43,9	331,3	42,54
IPS	Anzahl Werte	39	39	37	39
	Mittelwert	12,55	43,7	311,8	47,81
Gesund	Anzahl Werte	25	25	25	25
	Mittelwert	12,61	41,2	308,4	48,94

Die der Tabelle zugrunde liegenden Einzeldaten wurden varianzanalytisch ausgewertet; für die einzelnen Kenngrößen ergaben sich nachstehende Befunde:

- Rohprotein: Ein Varianteneinfluß auf den Rohproteingehalt war nicht feststellbar. Dieser trat weder bei Einbeziehung aller Sorten ($\alpha > 0,05$) noch bei Berücksichtigung der nur für den Ritmo analysierten Werte ($\alpha > 0,05$) auf.
- Sedimentationswert: Die Sedimentationswerte lagen in allen Varianten auf gleichem Niveau ($\alpha > 0,05$).
- Fallzahl: Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,0112$ wiesen die Proben der Kontroll-Parzellen Fallzahlen auf, die um rund 6 % signifikant über denen der behandelten Varianten lagen; zwischen den beiden Fungizidstufen zeigten sich keine absicherbaren Differenzen ($\alpha > 0,05$).

- Tausendkorngewicht: Mit $\alpha < 0,0001$ wurden zwischen den Varianten signifikante Unterschiede des Tausendkorngewichts ermittelt. Der Fungizideinsatz hatte im Vergleich zur Kontrolle eine Steigerung um rund 13,5 % bzw. 12 % (unter Berücksichtigung aller Sorten bzw. nur der Sorte Ritmo) bewirkt; wiederum zeigten die Werte in den behandelten Proben gleiche Größenordnung ($\alpha > 0,05$).

Die Daten lassen den Schluß zu, daß der Pathogenbefall vornehmlich negative Auswirkungen auf den Einzelkornenertrag ausgeübt hatte, denen durch die Applikationen erfolgreich gegengesteuert werden konnte.

3.1.8. Ökonomische Auswertung

Die ökonomische Auswertung basiert auf nachstehenden Berechnungsgrundlagen (Tab. 23).

Tab. 23: Berechnungsgrundlagen für die ökonomische Auswertung
(Quellen: ANONYM 1998, 1999a, 2000a, 2001a; Werte umgerechnet in Euro)

		1998	1999	2000	2001
Weizenpreis [EUR/dt]	Qualitätsgruppe A		13,80	13,80	
	Qualitätsgruppe B	11,80	13,30	12,80	12,50
	Qualitätsgruppe C			12,80	12,30
Applikationskosten [EUR/ha]	Ausbringung PSM	7,70 nach Raiffeisen Hauptgenossenschaft (größtes Gebinde ohne Mehrwertsteuer)			

Unter Heranziehung der in den Anhangtabellen 10 und 11 aufgelisteten Hektarerträge ergaben sich die in Tabelle 24 aufgeführten, um die Applikationskosten bereinigten Mehrerlöse. Hierbei erfuhr auch die Gesund-Variante Berücksichtigung, um die zuvor beschriebenen absoluten Ertragsunterschiede zwischen IPS- und Gesund-Variante monetär beurteilen zu können.

Tab. 24: Mehrerlös in den IPS- und Gesund-Varianten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (EUR/ha, 1998-2001)

Sorte(n)		1998	1999	2000	2001	Mittelwert	
Ritmo	Anzahl Versuche	3	7	9	8	27	
	Mehrerlös [EUR/ha]	IPS	214	114	137	167	148
		Gesund	204	95	37	84	84
Vergleichssorten	Anzahl Versuche	2	6	9	7	24	
	Mehrerlös [EUR/ha]	IPS	151	29	20	171	77
		Gesund	160	- 15	- 69	80	7

Nach varianzanalytischer Verrechnung waren in der Sorte Ritmo signifikante Jahres- bzw. Varianteneffekte zu belegen ($\alpha = 0,0357$ bzw. $\alpha = 0,0392$). Überdurchschnittliche Mehreinnahmen wurden in beiden Fungizid-Varianten im Jahr 1998 erzielt. In den Folgejahren hielt sich der Mehrerlös in den IPS-Varianten auf mittlerem Niveau; in den Gesund-Varianten fiel das Jahr 2000 erheblich ab. In den Vegetationsperioden 1998 und 1999 lagen die jeweiligen Mehrerlöse in den beiden Fungizid-Varianten auf gleichem Niveau, in den Jahren 2000 und 2001 traten Differenzen von durchschnittlich EUR 100,- bzw. 83,-/ha zugunsten der IPS-Variante auf. Die Pflanzenschutzmaßnahmen hatten in den IPS-Varianten im Mittel eine Erlössteigerung von EUR 148,-/ha bewirkt, die die in den Gesund-Varianten um EUR 64,-/ha signifikant überstieg.

Auch die Daten der Vergleichssorten zeigten Jahres- und Varianteneinfluß ($\alpha < 0,0001$ bzw. $\alpha = 0,0115$). Überdurchschnittliche Mehrerlöse wurden sowohl in den IPS-Varianten als auch in den Gesund-Varianten in den Jahren 1998 und 2001 erzielt. Im Gegensatz hierzu hatten in den Vegetationsperioden 1999 und 2000 die schwellenorientierten Fungizidmaßnahmen nur äußerst geringe monetäre Zuwächse bewirkt, der hohe Pflanzenschutz Aufwand in den Gesund-Varianten verursachte negative Kosten-Nutzen-Relationen. Im Mittel der Jahre beliefen sich die Erlössteigerungen in den IPS-Varianten auf EUR 77,-/ha und lagen um EUR 70,-/ha signifikant über denen der Gesund-Varianten.

Mit $\alpha < 0,0001$ waren ferner statistisch absicherbare Differenzen zwischen den Sorten nachzuweisen. Fungizidapplikationen in der Sorte Ritmo zogen stärkere Erlössteigerungen als in den Vergleichssorten nach sich, zurückführbar auf die Abweichungen in der Toleranz gegenüber Pathogenen.

3.1.9. Ökologische Effekte

Unter Anwendung des Bekämpfungsschwellen-Konzepts waren in den IPS-Varianten im Schnitt zwei Behandlungen vorgenommen worden, bei denen entsprechend des aktuell vorhandenen Pathogenspektrums und Wachstumsstadiums des Weizens die Wirkstoffe in differenzierter Aufwandmenge zum Einsatz kamen; die der Absicherung des maximal erreichbaren Höchstetrags in den Gesund-Varianten dienenden Applikationen (im Mittel 3,5 in den Jahren 1998 und 1999 bzw. 4,0 in den Jahren 2000 und 2001) erfolgten nahezu ausschließlich stadienorientiert und entsprechend des Versuchsplans mit festgelegten Aufwandmengen (Tab. 25).

Tab. 25: Eingesetzte Wirkstoffmengen in den IPS- und Gesund-Varianten (1998-2001)

Jahr		Aktivsubstanz [g a.i./ha]		
		IPS-Variante		Gesund-Variante
		Ritmo	Vergleichssorten	
1998	Mittel	494	575	1338
	Spannbreite	375-625	-	
1999	Mittel	558	438	1423
	Spannbreite	200-813	275-687	
2000	Mittel	660	643	2146
	Spannbreite	363-750	363-713	
2001	Mittel	620	543	1762
	Spannbreite	450-750	300-713	

In den IPS-Varianten belief sich der Fungizidaufwand auf durchschnittlich 0,5-0,7 kg a. i./ha (Sorte Ritmo) bzw. 0,4-0,6 kg a. i./ha (Vergleichssorten). Der Wirkstoffeinsatz in den Gesund-Varianten betrug zwischen 1,3 und 2,1 kg a. i./ha, wobei die Jahresunterschiede durch Änderungen der Zulassungssituationen und Fungizid-Konzepte während des Untersuchungszeitraums bedingt waren. Im Schnitt wurde damit im Rahmen der IPS-Behandlungen rund 2/3 weniger Wirkstoff/ha eingesetzt als in den Gesund-Varianten.

3.2. Monitoring-Projekte zum Epidemieverhalten von Rostpathogenen (1993-2001)

Die Ausführungen zur Populationsdynamik von *P. striiformis* und *P. recondita* basieren auf den Befallsdaten der unbehandelten Kontrollen der in der Tabelle 26 aufgelisteten Versuche.

Tab. 26: Monitoring-Versuche zum Epidemieverhalten von Rostpathogenen (1993-2001)

Jahr	Anzahl von Versuchen			Summe
	IPS-Monitoring Niedersachsen	IPS-Monitoring Schleswig-Holstein	Bundesweite Monitoring- Projekte	
1993		50		50
1994		34		34
1995		39	22	61
1996		23	13	36
1997		19		19
1998	6	18	12	36
1999	13	18	20	51
2000	18	18	20	56
2001	15	9	20	44
Summe	52	228	107	387

Ausgewertet wurden 387 Fallstudien der Jahre 1993-2001; für die geographische Verteilung der Standorte und die in die Untersuchungen einbezogenen Sorten wird auf die Abbildungen 1 und 2 sowie die Tabellen 2, 5 und 10 verwiesen.

3.2.1. *Puccinia striiformis*

Befall mit *P. striiformis* wurde in 182 Versuchen, demnach in 47 % der Fallstudien, nachgewiesen. Die folgenden Kapitel geben Detaildarstellungen zur Epidemiologie, aus denen sich neue Erkenntnisse für das Bekämpfungsschwellen-Konzept des IPS-Modells Weizen ableiten lassen.

3.2.1.1. Befallsbeginn

Erste Gelbrost-Symptome waren ab Mitte April (EC 30) bis Mitte Juli (EC 81) festzustellen (Abb. 39).

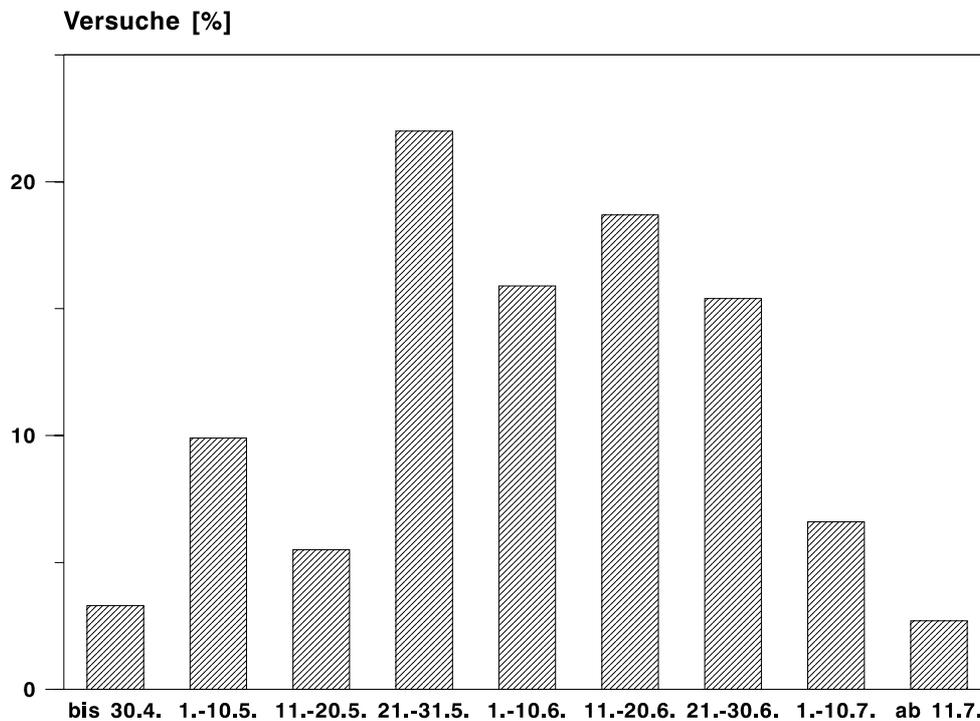


Abb. 39: *P. striiformis*: Erstaufreten während der Hauptwachstumsperiode des Weizens (182 Versuche mit Befall, 1993-2001)

Im Schnitt wurden in rund 19 % der betroffenen Versuche Primärinfektionen vor dem 21. Mai nachgewiesen, in 72 % lag der Befallsbeginn zwischen dem 21. Mai und dem 30. Juni, in 9 % der Fälle fand spätere Besiedlung statt. Jahreseffekte traten nicht auf.

Die regionalen Daten lassen Unterschiede bezüglich des Erstaufretens des Erregers erkennen (Tab. 27).

Tab. 27: *P. striiformis*: Erstauftreten während der Hauptwachstumsperiode des Weizens nach Untersuchungsregionen (1993-2001)

Datum	Versuche der Monitoring-Projekte					
	NS		SH		BWM	
	n	%	n	%	n	%
bis 30.4.	3	7,7	1	1,0	2	4,1
1.-10.5.	6	15,4	9	9,6	3	6,1
11.-20.5.	5	12,8	3	3,2	2	4,1
21.-31.5.	9	23,1	22	23,4	9	18,4
1.-10.6.	9	23,1	12	12,8	8	16,3
11.-20.6.	4	10,3	17	18,1	13	26,5
21.-30.6.	2	5,1	15	16,0	11	22,5
1.-10.7.	1	2,5	10	10,6	1	2,0
ab 11.7.			5	5,3		
Summe	39		94		49	

An den niedersächsischen Standorten war überproportional häufig frühzeitige Pathogenbesiedlung zu beobachten. 36 % der Versuche zeigten erste Symptome bis zum 20. Mai, weitere 46 % bis zum 10. Juni, während die entsprechenden Werte aus Schleswig-Holstein und den BWM-Erhebungen bei rund 14 resp. 35 % lagen. Diesen Unterschieden folgend ergab sich in nur 18 % der Fallstudien in Niedersachsen Erstbefall nach dem 11. Juni, in den Vergleichsprojekten hingegen in jeweils rund der Hälfte der Versuche. Dabei war Gelbrost in Schleswig-Holstein oftmals erst ab Juli nachzuweisen (16 % der Versuche), in den BWM-Projekten dagegen lag derartig später Befallsbeginn in nur 2 % der Fallstudien vor.

3.2.1.2. Befallshäufigkeit

Die qualitative Ausbreitung des Erregers des Gelbrosts innerhalb der Bestände wies ausgeprägte Jahresunterschiede auf (Abb. 40).

In der Vegetationsperiode 1996 trat Gelbrost nicht auf, in den Jahren 1993, 1995 und 1997 in rund einem Viertel bis einem Drittel der Versuche. Höhere Befallshäufigkeiten waren in den übrigen Untersuchungszeiträumen gegeben. 1994, 1998 und 2000 fanden sich in 50-60 % der Fallstudien Symptome, 1999 und 2001 waren 94 % resp. 84 % der Kontrollen mit *P. striiformis* infiziert.

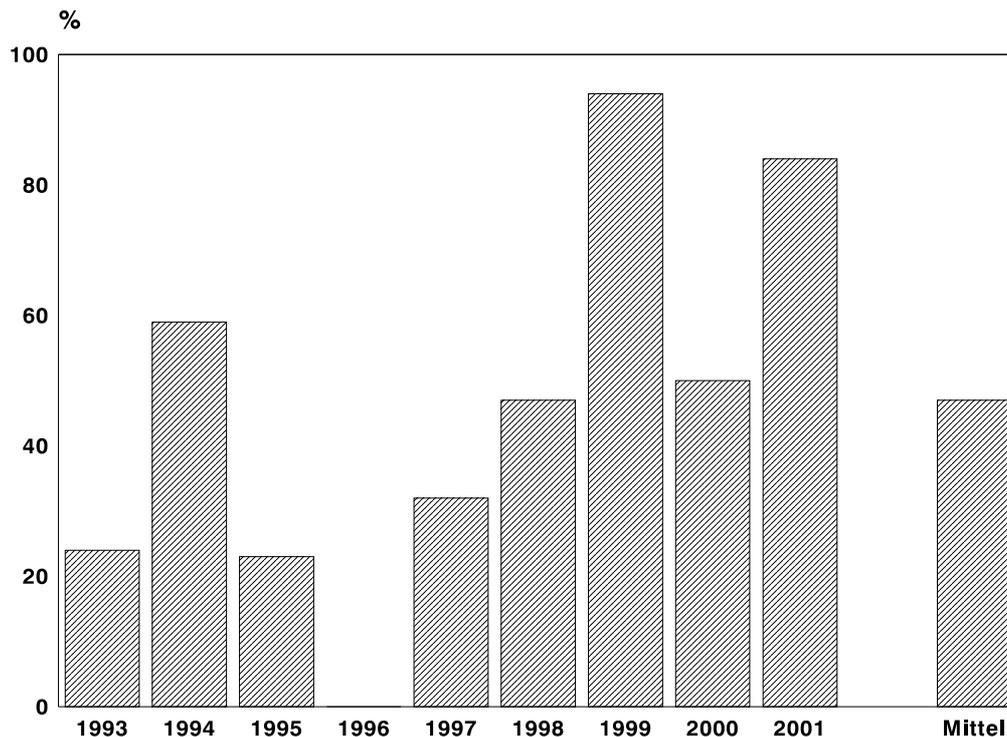


Abb. 40: *P. striiformis*: Auftreten nach Jahren (Prozent aller Versuche des jeweiligen Jahres)
(für die Versuchszahlen vgl. Tab. 26)

3.2.1.3. Befallsstärke

Für die Auswertung der Befallsstärke-Daten des Gelbrost wurden die Boniturwerte in Klassen eingestuft, um Vergleiche des Befallsgrads einzelner Pflanzenteile sowie in regionaler, jahres- und sortenspezifischer Hinsicht zu erleichtern.

3.2.1.3.1. Auftreten auf der Pflanze

Unter Einbeziehung aller Boniturtermine mit Gelbrost-Befall konnte belegt werden, daß definierte Pflanzenorgane sowohl in qualitativer als auch quantitativer Hinsicht in höchst unterschiedlichem Umfang durch das Pathogen besiedelt wurden. In Tabelle 28 sind die entsprechenden Daten für das gesamte Untersuchungsmaterial aufgelistet (für die regionalen Werte vgl. Anhangtab. 12).

Tab. 28: *P. striiformis*: Befallsstärke-Verteilung auf der Pflanze (182 Versuche mit Befall, Anzahl und Prozent der Boniturtermine, 1993-2001)

Pflanzenteil	BSB-Klasse					Boniturtermine mit Befall [Anzahl]
	[% der Boniturtermine]					
	>0,0-0,5	>0,5-1,0	>1,0-2,0	>2,0-5,0	>5,0	
F	64,9	10,9	8,5	8,7	7,0	458
F-1	67,2	12,8	8,7	5,5	5,8	469
F-2	72,4	13,0	6,2	5,0	3,4	355
F-3	75,4	12,3	7,0	4,8	0,5	187
F-4	90,5	6,3	3,2	0,0	0,0	63
F-5	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8

Auf dem Fahnenblatt (F) wurden im Durchschnitt an rund drei Viertel der Boniturtermine, an denen Uredosporenlager aufgetreten waren, Befallsstärken < 1 nachgewiesen. Tiefer inserierte Blattetagen zeigten jeweils geringeren Befall. Für F-1 lag der entsprechende Wert bei rund 80, für F-2 bei 85, für F-3 bei 88 und für F-4 bei 97 %. Auf F-5 wurde an nur 8 Terminen geringfügiger Befall von maximal 0,5 BSB ermittelt; weitere Blattetagen blieben symptomfrei. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich aufgrund des Mitte April liegenden Beginns der Beobachtungszeiträume tiefer inserierte Blattetagen infolge fortgeschrittener Nekrotisierung weitgehend den Untersuchungen entzogen - nur F-6 sowie, in seltenen Fällen, F-7 waren noch zu bonitieren.

Setzt man die Anzahl an Terminen mit Befall in Beziehung zur Gesamtanzahl, so kann folgende Berechnung aufgestellt werden: Das Datenmaterial umfaßte 387 Versuche, die jeweils im Schnitt 13 Wochen lang bonitiert wurden, was einem Umfang von rund 5000 Beobachtungsterminen entspricht. Nur auf den Blattetagen F-3 bis F lag relativ häufig (bis zu knapp 10 % der Termine) Befall vor, weitere Pflanzenorgane (F-5 und F-4) dagegen wiesen lediglich an maximal 1 % der wöchentlichen Datenaufnahmen Uredosporenlager auf bzw. blieben symptomfrei (ab F-6). In der Praxis lassen sich demnach aus Untersuchungen der obersten 4 Blätter hinreichend genaue Beurteilungen über den Gelbrost-Befall der Bestände ableiten.

3.2.1.3.2. Auftreten in Untersuchungsregionen

Betrachtet man die einzelnen Untersuchungsregionen, so werden Unterschiede zwischen den Gebieten deutlich. Die Auswertung basiert zunächst wiederum auf den an den einzelnen Boniturterminen ermittelten Daten (Abb. 41).

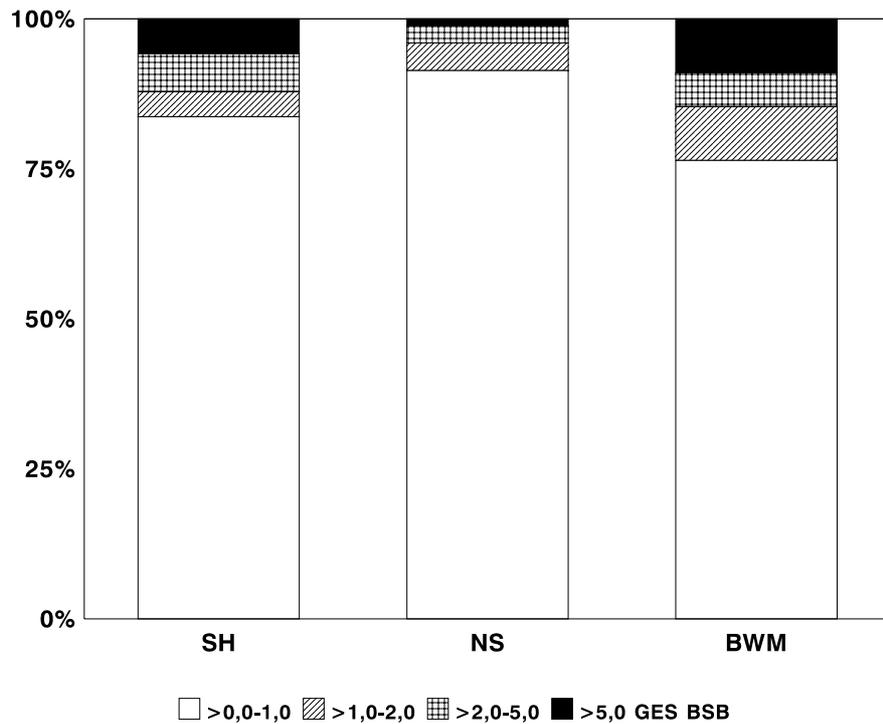


Abb. 41: *P. striiformis*: Befallsstärke-Verteilung auf der Gesamtpflanze nach Regionen (182 Versuche mit Befall, Prozent der Boniturtermine, 1993-2001)

Die den schleswig-holsteinischen Versuchen entstammenden Werte spiegeln den Gesamtmittelwert (vgl. Anhangtab. 12) wider - die Pflanzen zeigten an rund 16 % der Beobachtungstermine einen Befall von > 1 GES BSB. In den Fallstudien der niedersächsischen Standorte lag vergleichsweise seltener stärkere Erregerausbreitung vor (GES BSB > 1 an 8,6 % der Termine), die BWM-Erhebungen wiesen überdurchschnittlich oft höheren Befall auf (GES BSB > 1 an 23,6 % der Termine).

Eine abweichende Verteilung ergibt sich, wenn nicht einzelne Boniturtermine, sondern die Anzahl an Versuchen mit Endbefallswerten > 1 SUM GES BSB in die Auswertung eingehen (Tab. 29).

Tab. 29: *P. striiformis*: Auftreten von Befallsstärken > 1 SUM GES BSB nach Regionen (Anzahl und Prozent der Versuche, 1993-2001)

Region	Versuche mit > 1 SUM GES BSB	
	[Anzahl]	[%]
SH	26	11,4
NS	9	17,3
BWM	6	5,6
Summe / Mittel	41	10,6

Die Werte für Schleswig-Holstein entsprechen dem Durchschnitt des gesamten Datenmaterials, während an den Standorten in Niedersachsen überproportional häufig, in den BWM-Erhebungen seltener Endbefall > 1 SUM GES BSB diagnostizierbar war.

Der scheinbare Widerspruch zwischen den Ergebnissen aus den beiden Datenauswertungen erklärt sich durch regionale Unterschiede in der Populationsdynamik des Erregers. In den Versuchen in Niedersachsen traten erste Symptome zwar relativ häufig in frühen Entwicklungsstadien des Weizens auf (vgl. Tab. 27), das Pathogen stagnierte jedoch für längere Zeit auf niedrigem Niveau. Höherer Befall wurde erst gegen Ende der Boniturperioden beobachtet, so daß pro Versuch eine relativ geringe Anzahl an Beobachtungsterminen mit Werten > 1 GES BSB aufgetreten war. Im Gegensatz dazu erreichte *P. striiformis* in den BWM-Versuchen, unabhängig vom Befallsbeginn, vergleichsweise schnellere Ausbreitung, was - wiederum auf den Einzelversuch bezogen - zu höheren Anzahlen an Boniturterminen mit Werten > 1 GES BSB geführt hatte.

3.2.1.3.3. Auftreten nach Jahren

Unter Einbeziehung des gesamten Datenmaterials ergaben sich zwischen den Jahren bemerkenswerte Unterschiede im Endbefall mit *P. striiformis* (Abb. 42).

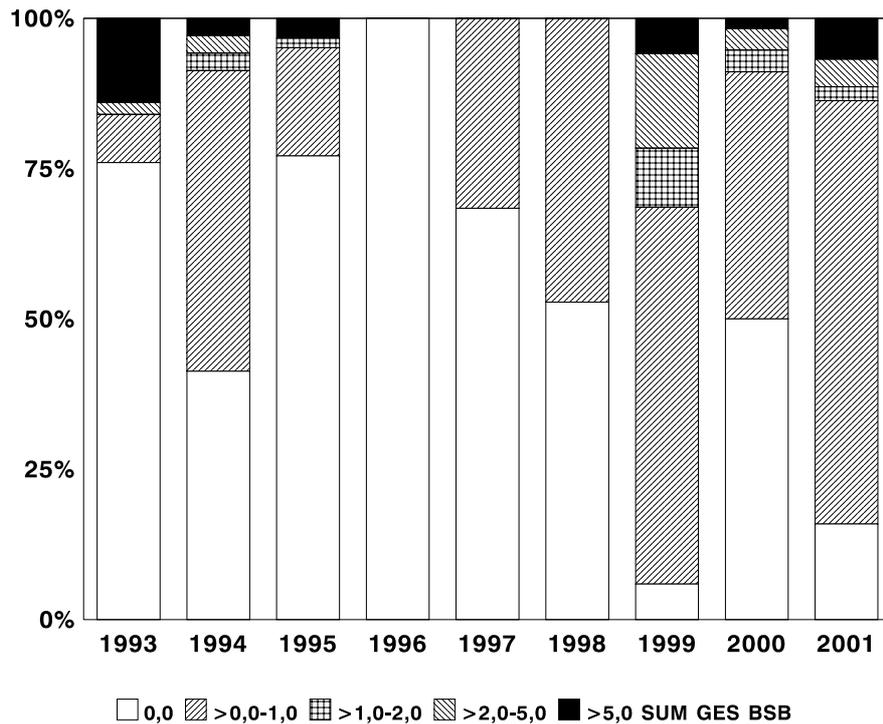


Abb. 42: *P. striiformis*: Befallsstärke-Verteilung nach Jahren (Prozent aller Versuche des jeweiligen Jahres)
(für die Versuchsanzahlen vgl. Tab. 26)

Während in der Vegetationsperiode 1996 keine Symptome und in den beiden Folgejahren nur geringer Befall aufgetreten war, wurde vor allem 1993, 1999 und 2001 stärkere Krankheitsausbreitung nachgewiesen. Die Jahre 1994, 1995 und 2000 nahmen eine mittlere Position ein.

Vergleicht man diese Daten mit den in Kapitel 3.2.1.2. aufgeführten Werten zum qualitativen Auftreten des Erregers, so lassen sich einerseits Parallelen, andererseits auch Differenzen erkennen. In den nach ihren BHB-Werten eher als befallsschwach einzustufenden Untersuchungsperioden (1993, 1995-1997) stellten sich zumeist auch nur geringe Befallsstärken ein. Eine Ausnahme bildete das Jahr 1993, in welchem zum einen nur annähernd ein Viertel der Kontrollen Symptome zeigte, zum anderen jedoch relativ häufig (in 16 % der Versuche) hohe Werte von > 1 SUM GES BSB zu ermitteln waren. In der Gruppe der Untersuchungsperioden, in denen durchschnittliche Erregerausbreitung stattfand (1994, 1998, 2000, mit Befallshäufigkeiten von 50-60 %), hielt sich der Endbefall dennoch zumeist auf sehr geringem Niveau (bis 0,5 SUM GES BSB); in nur rund 9 % der Versuche der Jahre

1994 und 2000 wurde Befall > 1 SUM GES BSB erreicht. Die Daten der befallsstarken Beobachtungsperioden 1999 und 2001 hingegen, in denen überdurchschnittliche Befallshäufigkeiten aufgetreten waren (94 resp. 84 %), belegen auch anhand ihrer BSB-Werte die hohe Bedeutung, die dem Erreger des Gelbrosts in diesen Jahren zukam. Dabei ist jedoch auch zu berücksichtigen, daß im Jahr 1999 die hoch anfällige Sorte Flair (vgl. Kap. 3.2.1.3.6.) in 8 von 51 Fallstudien in die Untersuchungen einbezogen war, so daß die Befallsstärkewerte neben dem Jahres- auch einen Sorteneinfluß nachzeichnen können.

3.2.1.3.4. Anstieg in Abhängigkeit vom Befallsbeginn

Das Ausmaß der Pathogenprogression ließ Abhängigkeiten zum Zeitpunkt des Erstaufretens im Bestand erkennen (Tab. 30).

Tab. 30: *P. striiformis*: Befallsstärke-Verteilung in Abhängigkeit vom Erstaufreten (182 Versuche mit Befall, 1993-2001)

Erstaufreten [EC-Stadien]	Befallsklasse (SUM GES BSB) [% der Versuche mit Befall]					Versuche [Anzahl]
	> 0,0-0,5	> 0,5-1,0	> 1,0-2,0	> 2,0-5,0	> 5,0	
< 40	59,2	8,2	8,2	6,1	18,3	49
40-49	42,8	9,5	19,1	9,5	19,1	21
50-59	72,2	5,6	2,8	11,1	8,3	36
60-69	83,9	6,5	3,2	6,4	0	31
70-79	90,5	0	0	7,1	2,4	42
> 79	100,0	0	0	0	0	3
gesamt	72,0	5,5	5,5	7,7	9,3	182

Höherer Befall wurde zumeist nur nach frühzeitiger Infektion erreicht. Besonders starke Verbreitung erfuhr der Erreger nach Erstaufreten zwischen EC 40 und 49. Nahezu 50 % dieser Fallstudien wiesen Endbefallsstärken > 1 SUM GES BSB auf. Im Schnitt ergaben sich geringere Werte, wenn erste Symptome in anderen Wachstumsphasen des Weizens festzustellen waren. Dabei wurde nach Epidemiebeginn während der Schoßphase (EC 30-39) bzw. des Ährenschiebens (EC 50-59) noch vergleichsweise häufig hoher Endbefall ermittelt (33 bzw. 22 % der entsprechenden Kontrollen mit SUM GES BSB-Werten > 1), ein Befallsbeginn ab der Blüte dagegen verursachte merklich verminderte Besiedlung.

3.2.1.3.5. Ausbreitungsgeschwindigkeit

Die im wöchentlichen Abstand durchgeführten Bonituren erlauben Rückschlüsse auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit von *P. striiformis* im Zuge der Hauptwachstumsphase des Weizens. In der Auswertung wurde vereinfachend von einem zunächst linear verlaufenden Befallsanstieg ausgegangen, um eine zeitbezogene Interpolation zwischen den Terminen, an denen Erstbefall bzw. Befall von 1 GES BSB festgestellt wurde, zu ermöglichen. Diese Vorgehensweise bedingte, daß sich auch negative Werte ergaben, sobald der Erreger bereits beim erstmaligen Auftreten im Bestand einen Befallswert von > 1 GES BSB aufwies. Nach den Berechnungen stand die Zeitspanne, die nach dem Erstaufreten des Erregers im Bestand verstrich, ehe ein Wert von 1 GES BSB erreicht wurde, in Abhängigkeit vom Zeitpunkt des Befallsbeginns. Die Pathogenprogression verlief umso rascher, je später im Laufe der Beobachtungsperiode Infektionen gesetzt worden waren (Abb. 43).

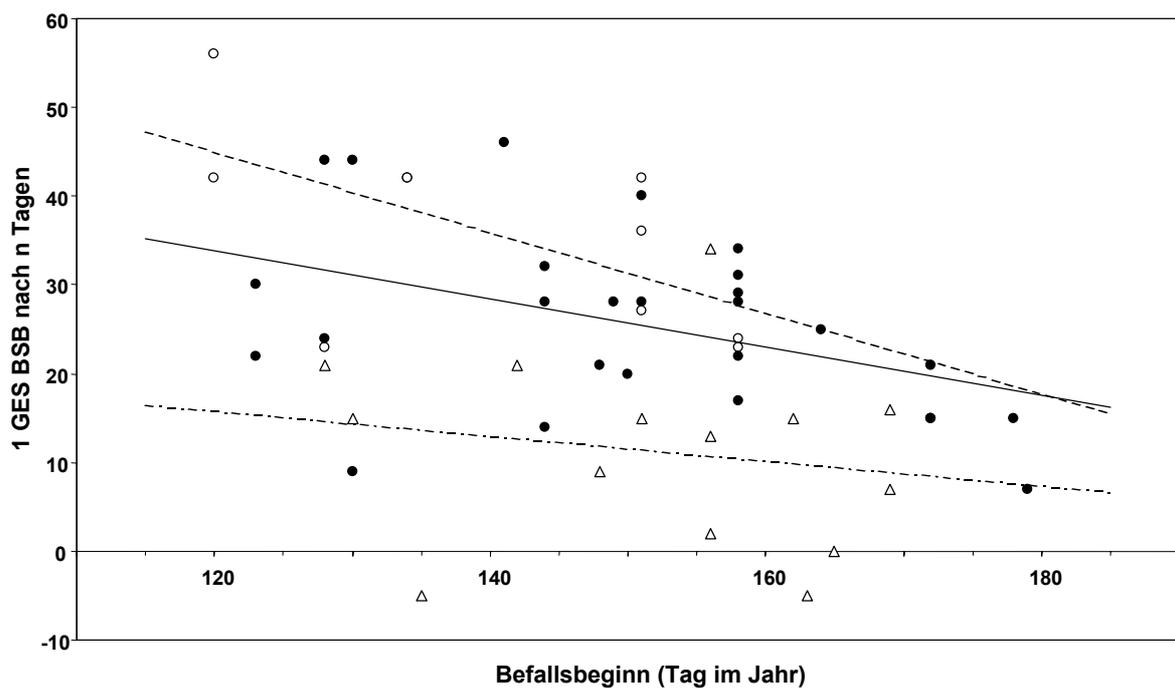


Abb. 43: *P. striiformis*: Ausbreitungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Befallsbeginn (51 Versuche mit Befall ≥ 1 GES BSB, 1993-2001) (Datensymbole: NS = offener Kreis, SH = gefüllter Kreis, BWM = Dreieck; Regressionsgerade: NS = unterbrochene Linie, SH = durchgezogene Linie, BWM = Strich-Punkt-Linie)

Der Zusammenhang zwischen den beiden Kenngrößen ließ sich bei Betrachtung der schleswig-holsteinischen Versuche mit $\alpha < 0,05$ statistisch absichern, die niedersächsischen und BWM-Erhebungen zeigten eine ebenfalls negative, aber nicht signifikante Beziehung (für SH: $n = 27$, $y = -0,272x + 66,51$, $r = 0,43$; für NS: $n = 10$, $y = -0,453x + 99,37$, $r = 0,61$; für BWM: $n = 14$, $y = -0,141x + 32,78$, $r = 0,18$). Dennoch unterstreichen die Auswertungen die zuvor geschilderten regionalen Differenzen in der Populationsdynamik des Erregers (vgl. Kap. 3.2.1.3.2.). Die Versuche in Niedersachsen waren durch verzögerten, die Fallstudien der BWM-Projekte durch schnelleren Befallsaufbau gekennzeichnet. Allerdings deutet die starke Streuung der Werte an, daß neben dem Zeitpunkt des Erstauftretens auch weitere Faktoren, wie z. B. Unterschiede in der Anfälligkeit der einzelnen Sorten sowie spezifische Witterungskonstellationen, Einfluß auf die Pathogenprogression ausübten.

3.2.1.3.6. Auftreten nach Sorten

Zur Überprüfung des Sorteneinflusses auf den Befall mit *P. striiformis* wurden aus dem gesamten Untersuchungsmaterial diejenigen Sorten ausgewählt, für die jeweils aus mindestens 10 Versuchen Daten vorlagen (Tab. 31).

Tab. 31: Anfälligkeit ausgewählter Sorten gegenüber *P. striiformis* und *P. recondita* (Quellen: ANONYM 1993, 2001b; 1 = sehr gering, 9 = sehr stark anfällig)

Sorte	Versuche [Anzahl]	Anfälligkeit für	
		PS	PR
Bandit	12	-	-
Batis	13	3	3
Contra	10	6	5
Flair	15	7	6
Kanzler	34	9	8
Kraka	17	5	8
Orestis	11	3	5
Pepital	17	-	-
Ritmo	115	4	7
Toronto	11	3	7
Zentos	38	5	9
Summe	293		

Die Boniturergebnisse belegen Toleranzunterschiede gegenüber dem Erreger (Abb. 44).

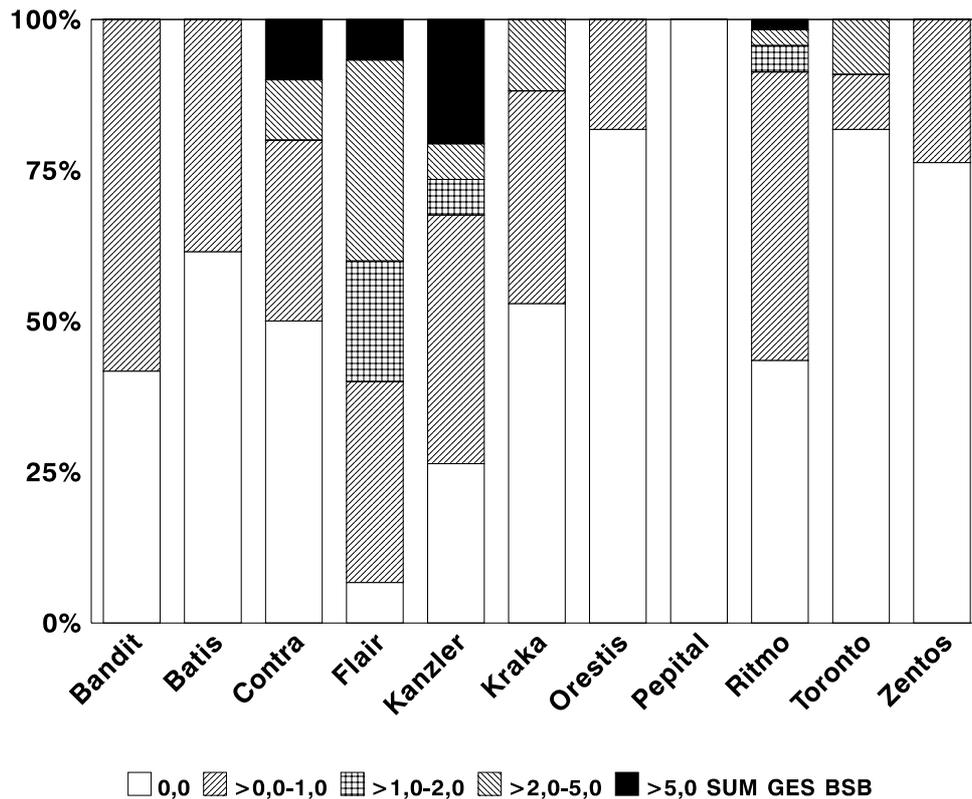


Abb. 44: *P. striiformis*: Befallsstärke-Verteilung in ausgewählten Sorten (Prozent der Versuche je Sorte, 1993-2001)
(für die Versuchszahlen vgl. Tab. 31)

Die Sorte Pepital blieb in allen Versuchen befallsfrei. Bandit, Batis, Orestis und Zentos zeigten sich als gering anfällig - die Befallsstärke betrug meist maximal 0,5 SUM GES BSB. Lediglich in einer Fallstudie im Zentos wurde etwas höherer Befall diagnostiziert. Mittlere Anfälligkeit war im Kraka, Ritmo und Toronto (jeweils rund 10 % der Kontrollen mit Werten > 1 SUM GES BSB) gegeben, geringe Toleranz wiesen Contra, Flair und Kanzler auf (20, 60 bzw. 32 % der Versuche mit Werten > 1 SUM GES BSB).

Vergleicht man diese Resultate mit den relativen Wichtungen in den Bundessortenlisten (s. Tab. 31), so lassen sich einerseits Übereinstimmungen, andererseits auch Abweichungen erkennen. Während die Boniturdaten der Sorten Batis, Contra, Kraka, Orestis und Ritmo den Einstufungen in den Bezugslisten entsprechen, ergaben sich bei den übrigen Sorten Differenzen. Nach den hier dargestellten Auswertungen hatte sich die Sorte Toronto gegenüber *P. striiformis* ähnlich anfällig wie Kraka verhalten, die Sorte Zentos wies relativ

hohe Toleranz auf und reagierte vergleichbar dem Orestis (Einstufungsdifferenz von jeweils 2 Klassen). Die Sorte Flair, die in den Bundessortenlisten in der Anfälligkeitsklasse 7 geführt wird, zeigte nahezu doppelt so häufig Befall > 1 SUM GES BSB als der um 2 Stufen höher (Klasse 9) eingruppierte Kanzler.

3.2.1.4. Beziehung zwischen Befallshäufigkeit und Befallsstärke

Die Bonituren erlauben eine Quantifizierung der Beziehung zwischen der Befallshäufigkeit im Bestand und der zum gleichen Zeitpunkt gegebenen Befallsstärke. Die graphische Aufbereitung der Originaldaten ließ vermuten, daß die Abhängigkeit zwischen den BHB- und BSB-Werten mittels einer Exponentialfunktion beschrieben werden kann. Sowohl bei Berücksichtigung der einzelnen Untersuchungsregionen als auch unter Einbeziehung des gesamten Datenmaterials ergaben sich pro Blatttage und Gesamtpflanze mit $\alpha < 0,001$ hoch signifikante Korrelationen zwischen den beiden Parametern. In der Anhangtabelle 13 sind die Funktionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Korrelationskoeffizienten für den vollständigen Datensatz aufgelistet, die Abbildung 45 dient als Beispieldiagramm.

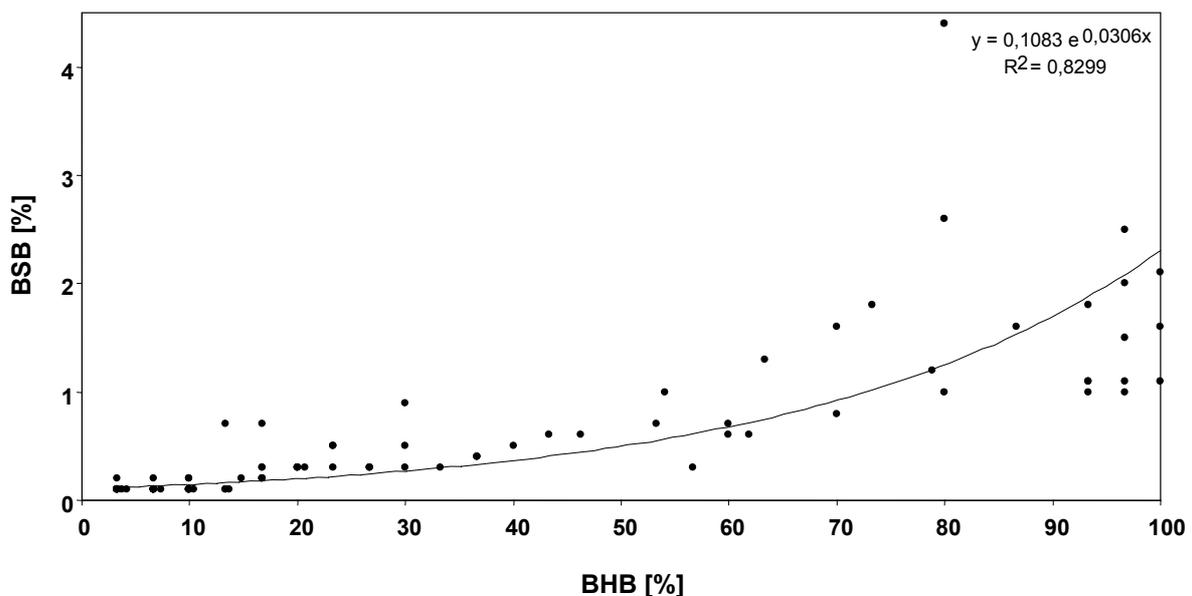


Abb. 45: *P. striiformis*: Beziehung zwischen Befallshäufigkeit und Befallsstärke auf F-1 (Originaldaten, IPS-Monitoring Niedersachsen, 102 Boniturtermine, 1998-2001)

Zur Absicherung der Resultate erfolgte eine Auswertung nach logit-Transformation der Originalwerte (vgl. Kap. 3.1.3.7.). Erneut war die Beziehung zwischen den beiden Kenngrößen in allen Fällen mit $\alpha < 0,001$ statistisch zu belegen (vgl. Anhangtab. 13 für die Funktionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten bei linearer und polynomischer Anpassung). Die Abbildung 46 basiert wiederum auf dem der Abbildung 45 zugrunde liegenden Datenmaterial und gibt ein Beispiel für die graphische Darstellung.

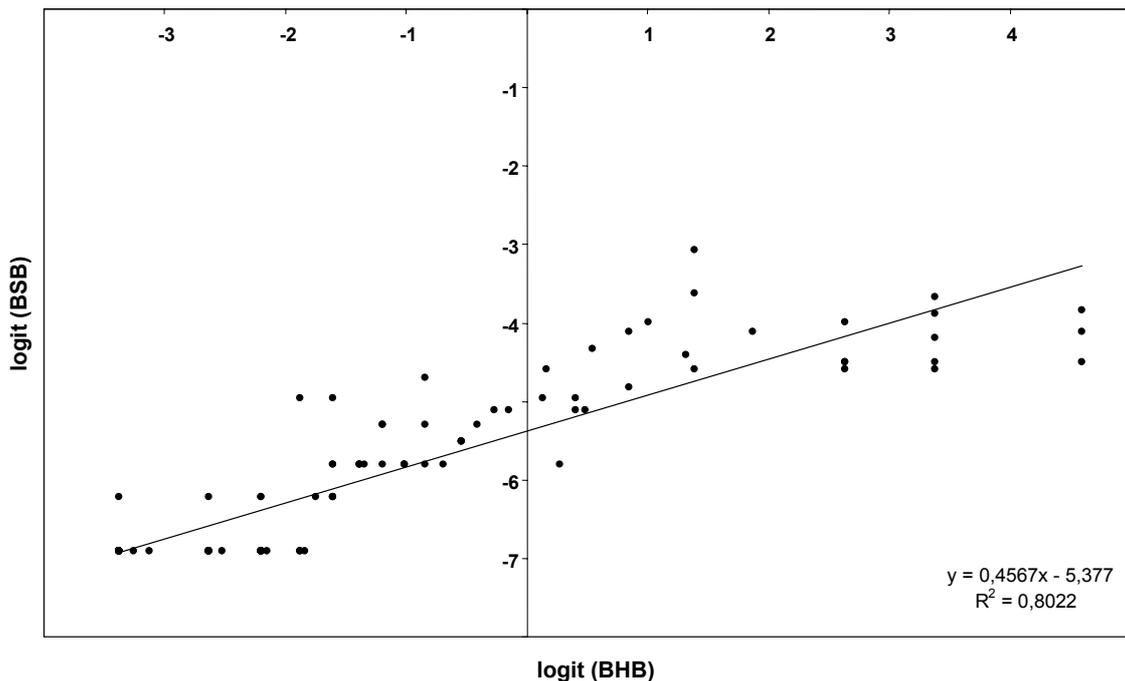


Abb. 46: *P. striiformis*: Beziehung zwischen Befallshäufigkeit und Befallsstärke auf F-1 (Daten nach logit-Transformation, IPS-Monitoring Niedersachsen, 102 Boniturtermine, 1998-2001)

Trotz der zuvor erwähnten methodischen Mängel (vgl. Kap. 3.1.3.7.) sind die Ergebnisse dahingehend eindeutig, daß alle drei Funktionen statistisch signifikante Abhängigkeiten zwischen den BHB- und BSB-Werten belegen.

Tab. 32: *P. striiformis*: Vorhergesagte Befallsstärke von 1 in Abhängigkeit von der Befallshäufigkeit

Pflanzenteil	BSB von 1 erreicht bei X BHB nach		
	Exponentialfunktion	Logistischer Funktion	
		(linear)	(polynomisch)
F	56,8	66,7	59,1
F-1	58,0	69,0	62,7
F-2	58,5	69,4	68,1
F-3	62,9	72,0	71,7
F-4	48,2	78,2	64,8
Gesamtpflanze	74,7	86,8	88,3

Entsprechend den Funktionsgleichungen werden Befallsstärken von 1 zumeist bei BHB-Werten von 60-70 % erreicht, wobei nach dem exponentiellen Ansatz die Werte systematisch um ca. 10 %-Punkte niedriger als bei den beiden anderen Funktionen liegen (Tab. 32).

3.2.2. *Puccinia recondita*

Befall mit *P. recondita* wurde in 218 Versuchen (56 %) diagnostiziert. Aus den im folgenden gegebenen Detaildarstellungen zur Populationsdynamik lassen sich Ergänzungen für das Bekämpfungsschwellen-Konzept, welches im Rahmen des IPS-Modells Weizen Anwendung findet, ableiten.

3.2.2.1. Befallsbeginn

Erste Braunrost-Symptome wurden ab Anfang Mai (EC 32) nachgewiesen (Abb. 47).

Im Schnitt wurden Primärinfektionen in nahezu 75 % der Versuche zwischen dem 11. Juni und dem 10. Juli diagnostiziert, frühere Pathogenentwicklung lag in 15 %, spätere in 10 % der betroffenen Kontrollen vor. Jahreseffekte waren nicht festzustellen.

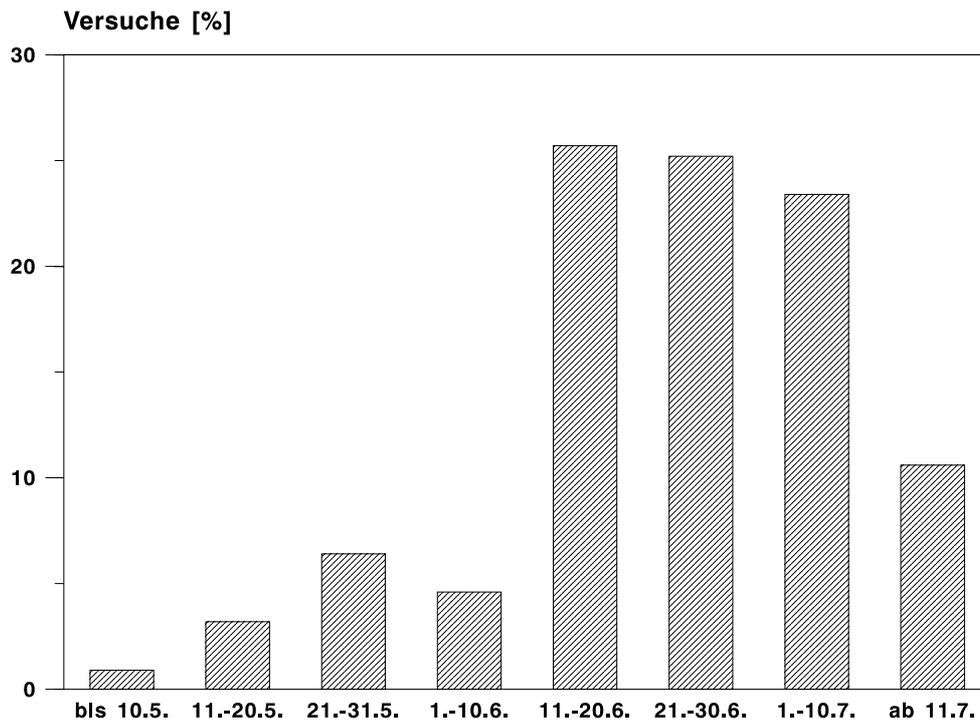


Abb. 47: *P. recondita*: Erstaufreten während der Hauptwachstumsperiode des Weizens (218 Versuche mit Befall, 1993-2001)

Aus den regionalen Auswertungen gehen Unterschiede bezüglich des Erstauftretens des Erregers hervor (Tab. 33).

Tab. 33: *P. recondita*: Erstaufreten während der Hauptwachstumsperiode des Weizens nach Untersuchungsregionen (1993-2001)

Datum	Versuche der Monitoring-Projekte					
	NS		SH		BWM	
	n	%	n	%	n	%
bis 10.5.	2	3,1				
11.-20.5.	1	3,0			6	9,4
21.-31.5.	2	6,0	1	0,8	11	17,2
1.-10.6.	6	18,2	2	1,6	2	3,1
11.-20.6.	13	39,4	26	21,5	17	26,6
21.-30.6.	5	15,2	41	33,9	9	14,1
1.-10.7.	5	15,2	33	27,3	13	20,3
ab 11.7.	1	3,0	18	14,9	4	6,2
Summe	33		121		64	

In Schleswig-Holstein waren Uredosporenlager in rund 98 % der Versuche erst ab dem 11. Juni nachweisbar. Deutlich frühere Besiedlung lag in den Vergleichsstudien vor. Bis Ende Mai zeigten 9 % der niedersächsischen und bereits 30 % der BWM-Versuche Erstbefall, bis zum 10. Juni waren 27 resp. 33 % der Fallstudien betroffen.

3.2.2.2. Befallshäufigkeit

P. recondita wies hinsichtlich seiner qualitativen Verbreitung innerhalb der Bestände ausgeprägte Jahresunterschiede auf (Abb. 48).

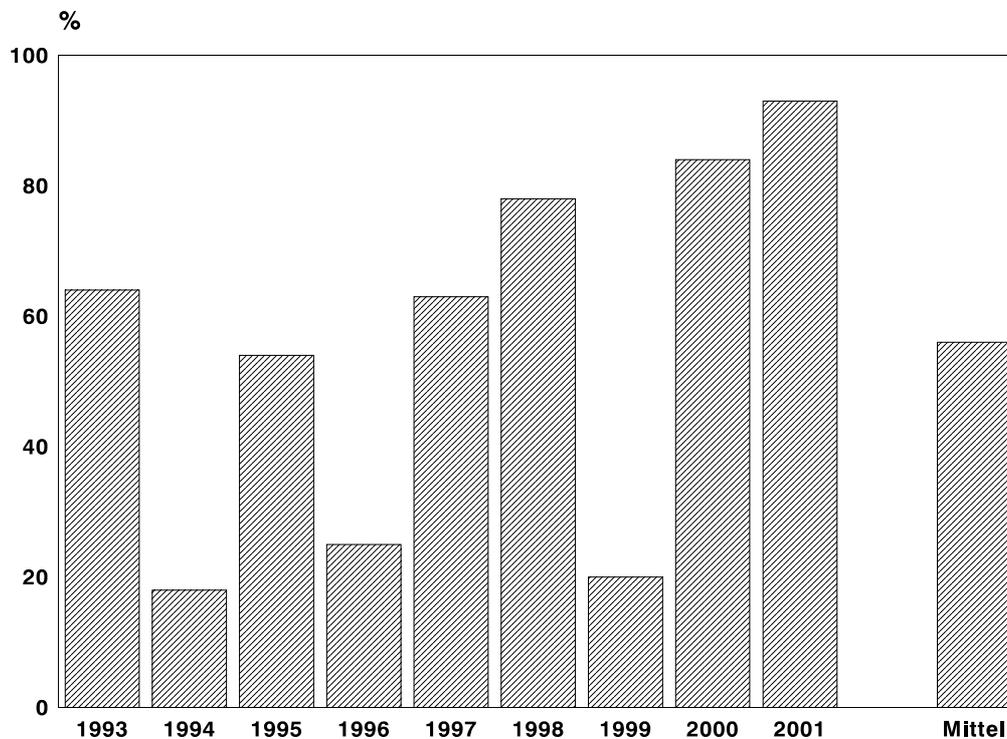


Abb. 48: *P. recondita*: Auftreten nach Jahren (Prozent aller Versuche des jeweiligen Jahrs)
(für die Versuchsanzahlen vgl. Tab. 26)

Relativ befallsschwache Jahre lagen mit 1994, 1996 und 1999 vor, in denen Braunrost in maximal einem Viertel der Kontrollen festzustellen war. Dagegen erfuhr der Erreger vor allem in den Vegetationsperioden 1998, 2000 und 2001 überdurchschnittliche Verbreitung

(78-93 % der Versuche mit Symptomen), etwas geringerer Krankheitsdruck war 1993, 1995 und 1997 gegeben (54-64 % der Versuche mit Befall).

3.2.2.3. Befallsstärke

Nach Einstufung der Boniturwerte für *P. recondita* in BSB-Klassen wurden wiederum sowohl Abstufungen beim Befallsgrad einzelner Pflanzenorgane als auch zwischen den Untersuchungsregionen, -jahren und Sorten deutlich.

3.2.2.3.1. Auftreten auf der Pflanze

Unter Berücksichtigung aller Boniturtermine, an denen Braunrost diagnostiziert wurde, zeigten definierte Pflanzenteile in qualitativer und quantitativer Hinsicht Befall unterschiedlicher Stärke. In der Tabelle 34 sind die Daten für das gesamte Untersuchungsmaterial aufgelistet, für die regionalen Werte vgl. Anhangtabelle 14.

Tab. 34: *P. recondita*: Befallsstärke-Verteilung auf der Pflanze (218 Versuche mit Befall, Anzahl und Prozent der Boniturtermine, 1993-2001)

Pflanzenteil	BSB-Klasse [% der Boniturtermine]					Boniturtermine mit Befall [Anzahl]
	>0,0-0,5	>0,5-1,0	>1,0-2,0	>2,0-5,0	>5,0	
F	53,6	17,3	11,1	8,6	9,4	502
F-1	54,9	19,0	11,2	8,9	6,0	463
F-2	66,7	14,7	8,9	5,8	3,9	258
F-3	78,3	11,6	2,9	7,2	0,0	69
F-4	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13

Das Fahnenblatt (F) wies an rund 30 % der Boniturtermine, an denen Symptome auf dieser Blattetage festgestellt worden waren, BSB-Werte > 1 auf. Die entsprechenden Werte für tiefer inserierte Blätter lagen bei 26 (F-1), 19 (F-2) und 10 % (F-3). Auf F-4 fanden sich an nur 13 Boniturterminen Uredosporenlager, deren Umfang mit maximal 0,5 BSB unbedeutende Größenordnung hatte. Die Blattetagen F-5 bis F-7 wurden nicht infiziert, weitere Blätter waren nicht Gegenstand der Untersuchungen (vgl. Kap. 3.2.1.3.1.).

Setzt man wiederum die Anzahl an Boniturterminen, an denen Befall mit *P. recondita* diagnostiziert wurde, in Beziehung zur Gesamtanzahl von rund 5000 Terminen, so ist ersichtlich, daß nur die drei obersten Blättern häufiger betroffen waren (maximal rund 10 % aller Beobachtungstermine). In der Praxis bieten folglich Untersuchungen dieser Pflanzenorgane hinreichende Sicherheit für die Beurteilung des aktuell vorhandenen Braunrost-Befalls im Bestand.

3.2.2.3.2. Auftreten in Untersuchungsregionen

Aufgeschlüsselt nach Untersuchungsregionen unterlag *P. recondita* einem differenzierten Ausbreitungsmuster (Abb. 49).

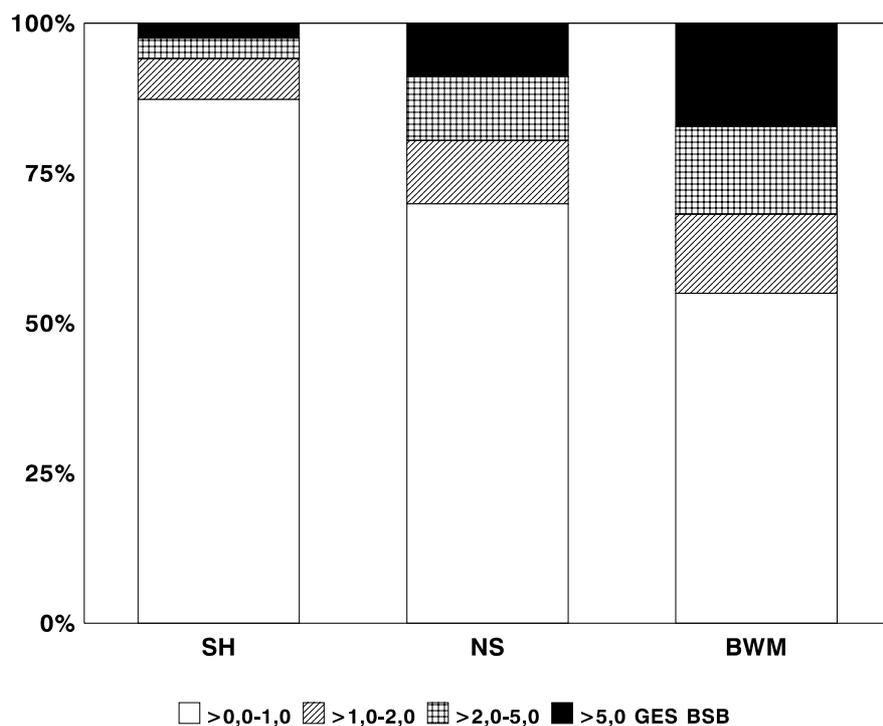


Abb. 49: *P. recondita*: Befallsstärke-Verteilung auf der Gesamtpflanze nach Regionen (218 Versuche mit Befall, Prozent der Boniturtermine, 1993-2001)

Unter Einbeziehung der Daten aller Boniturtermine mit Befall wurde im Schnitt an 26 % der Termine (vgl. Anhangtab. 14) auf der Gesamtpflanze eine durchschnittliche Befallsstärke von > 1 GES BSB ermittelt. Dabei zeigten die schleswig-holsteinischen Fallstudien

vergleichsweise selten (13 % der Termine), die BWM-Erhebungen überproportional häufig (45 %) entsprechend hohe Erregerausbreitung. Die Versuche in Niedersachsen nahmen mit rund 30 % eine mittlere Stellung ein.

Analysiert man jedoch wiederum die absolute Anzahl an Versuchen mit Endbefallswerten > 1 SUM GES BSB, so ergibt sich eine abweichende Reihenfolge. Fallstudien in Niedersachsen wiesen überdurchschnittlich häufig (40 % der Versuche) höhere Befallsschwere auf, während die Daten der BWM-Projekte mit 22,4 % eher dem Mittel des gesamten Datenmaterials entsprachen (Tab. 35).

Tab. 35: *P. recondita*: Auftreten von Befallsstärken > 1 SUM GES BSB nach Regionen (Anzahl und Prozent der Versuche, 1993-2001)

Region	Versuche mit > 1 SUM GES BSB	
	[Anzahl]	[%]
SH	31	13,6
NS	21	40,4
BWM	24	22,4
Summe / Mittel	76	19,6

Die Unterschiede, die sich bei Auswertung der Boniturdaten unter Zugrundelegung der beiden Datensätze ergaben, sind erneut begründet in regional abweichenden Populationsentwicklungen. So wurden in den BWM-Versuchen relativ schnell höhere Befallsstärken erzielt, was wiederum pro Fallstudie zu einer hohen Anzahl an Boniturterminen mit BSB-Werten > 1 geführt hatte. Im Vergleich dazu stagnierte der Erreger an den niedersächsischen Standorten auch bei frühem Erstauftreten über mehrere Wochen auf sehr niedrigem Befallsniveau, zeigte jedoch gegen Ende der Boniturperiode starke Progression, so daß überdurchschnittlich oft Endbefallswerte von > 1 SUM GES BSB erreicht worden waren.

3.2.2.3.3. Auftreten nach Jahren

Bei Berücksichtigung des gesamten Datenmaterials ließen sich deutliche Jahresunterschiede im Befallsgrad von *P. recondita* erkennen (Abb. 50).

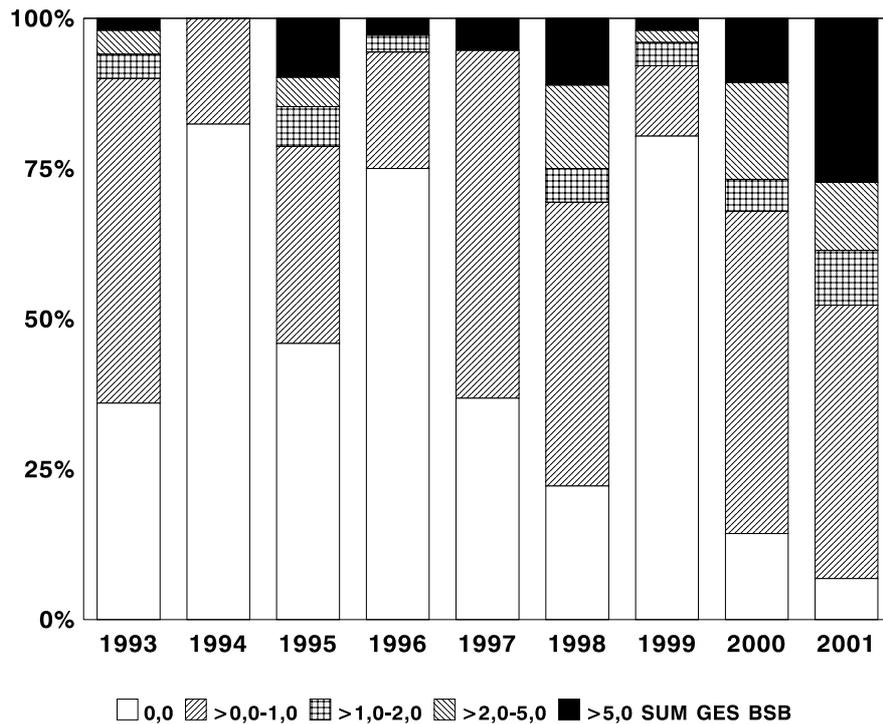


Abb. 50: *P. recondita*: Befallsstärke-Verteilung nach Jahren (Prozent aller Versuche des jeweiligen Jahres)
(für die Versuchsanzahlen vgl. Tab. 26)

Als befallsschwach ist das Jahr 1994 (maximaler Endbefall von 0,5 SUM GES BSB) zu bezeichnen, relativ geringe Ausbreitung erfuhr der Erreger in 1993, 1996, 1997 und 1999 (bis 10 % der Versuche mit SUM GES BSB-Werten > 1). Die übrigen Vegetationsperioden wiesen höhere Pathogenausbreitung auf. In 1995 lagen in rund 21 % der Fallstudien, in 1998, 2000 und 2001 in 30-48 % der Kontrollen die Endbefallswerte bei > 1 SUM GES BSB.

Der jährliche Vergleich der Befallsstärke-Verteilung mit den zuvor erwähnten Befallshäufigkeiten (vgl. Kap. 3.2.2.2.) zeigt weitgehende Parallelitäten, besonders in den Gruppen der befallsschwachen (1994, 1996, 1999) bzw. befallstarken Jahre (1998, 2000, 2001). In Vegetationsperioden mit durchschnittlicher Erregerausbreitung (1993, 1995, 1997) stellten sich meist auch mittlere BSB-Werte ein. Ausgenommen hiervon ist das Jahr 1995, in welchem relativ häufig, in > 20 % der Versuche, hohe Befallsstärken (> 1 SUM GES BSB) zu verzeichnen waren.

3.2.2.3.4. Anstieg in Abhängigkeit vom Befallsbeginn

Die Höhe des Endbefalls mit Braunrost stand in Abhängigkeit zum Zeitpunkt des Erstaufretens (Tab. 36).

Tab. 36: *P. recondita*: Befallsstärke-Verteilung in Abhängigkeit vom Erstaufreten (218 Versuche mit Befall, 1993-2001)

Erstaufreten [EC-Stadien]	Befallsklasse (SUM GES BSB) [% der Versuche mit Befall]					Versuche [Anzahl]
	> 0,0-0,5	> 0,5-1,0	> 1,0-2,0	> 2,0-5,0	> 5,0	
< 40	18,2	0	9,1	27,3	45,4	11
40-49	30,0	0	0	30,0	40,0	10
50-59	18,7	18,8	25,0	12,5	25,0	16
60-69	34,2	15,8	10,5	18,4	21,1	38
70-79	66,1	12,6	6,3	7,9	7,1	127
> 79	81,3	0	6,2	0	12,5	16
gesamt	54,1	11,0	8,7	11,5	14,7	218

Je früher erste Uredosporenlager im Bestand nachzuweisen waren, desto öfter wurden höhere Endbefallsstärken erreicht. Insbesondere Primärinfektionen vor dem Ährenschieben bewirkten umfangreiche Pathogenprogression (Werte > 1 SUM GES BSB in 70-80 % der Kontrollen). Späterer Epidemiebeginn führte zu geringerer Ausbreitung des Erregers. Allerdings wurden bei Erstbefall ab dem Stadium der Teigreife noch in nahezu 20 % der Fallstudien Endbefallswerte > 1 SUM GES BSB ermittelt.

Vergleicht man diese Zahlen mit den in der Tabelle 30 aufgelisteten Daten für *P. striiformis*, so sind charakteristische Unterschiede zwischen den beiden Rostarten festzustellen. Zum einen ist ersichtlich, daß *P. recondita* - unabhängig vom Befallsbeginn - stärkere Ausbreitung als der Gelbrost erfuhr. Im Mittel lagen in 35 % der betroffenen Versuche die Endbefallsstärken bei > 1 SUM GES BSB, während von *P. striiformis* in rund 23 % der Fallstudien entsprechend hohe Werte erreicht wurden. Ferner wird deutlich, daß Braunrost auch bei relativ spätem Epidemiebeginn noch in der Lage ist, hohe Befallsstärken aufzubauen, Gelbrost-Infektionen ab der Blüte hingegen zogen nur selten umfangreiche Pathogenprogressionen nach sich.

3.2.2.3.5. Ausbreitungsgeschwindigkeit

Basierend auf den wöchentlich erfassten Befallsdaten lassen sich auch beim Braunrost Rückschlüsse auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Pathogens im Bestand ziehen. Die Auswertung erfolgte analog der beim Gelbrost beschriebenen Herangehensweise (vgl. Kap. 3.2.1.3.5.). Wiederum stand die Zeitspanne, die nach dem Erstaufreten verstrich, ehe ein Wert von 1 GES BSB erreicht wurde, in Abhängigkeit zum Zeitpunkt des Befallsbeginns (Abb. 51).

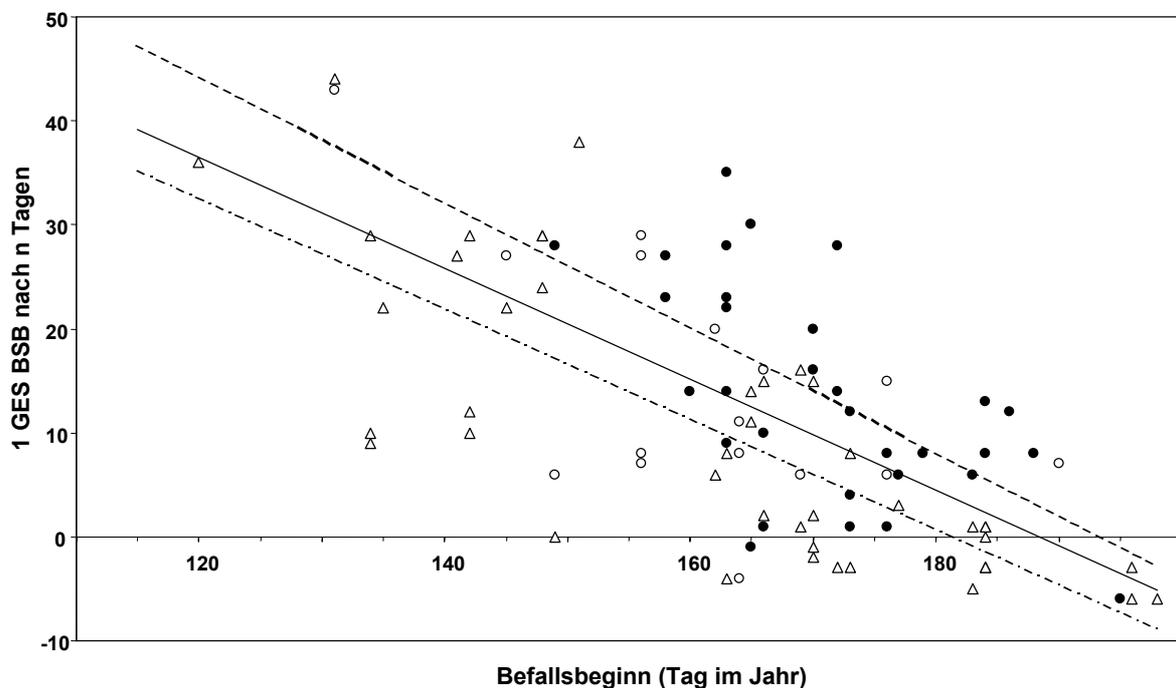


Abb. 51: *P. recondita*: Ausbreitungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Befallsbeginn (90 Versuche mit Befall ≥ 1 GES BSB, 1993-2001)
(Datensymbole: NS = offener Kreis, SH = gefüllter Kreis, BWM = Dreieck; Regressionsgerade: NS = durchgezogene Linie, SH = unterbrochene Linie, BWM = Strich-Punkt-Linie)

Entsprechend den Korrelationsanalysen lag eine umso raschere Pathogenprogression vor, je später erste Symptome aufgetreten waren. Die regionalen Datensätze zeigten signifikante Beziehungen zwischen den beiden Kenngrößen (für NS: $n = 16$, $y = -0,533x + 100,44$, $r = 0,61$, $\alpha < 0,05$; für SH: $n = 31$, $y = -0,605x + 116,93$, $r = 0,60$, $\alpha < 0,001$; für BWM: $n = 43$, $y = -0,531x + 96,37$, $r = 0,78$, $\alpha < 0,001$). In Übereinstimmung mit den qualitativen

Betrachtungen in Kapitel 3.2.2.3.2. belegen die Auswertungen einen schnelleren Befallsanstieg in den BWM-Versuchen als in Fallstudien in Schleswig-Holstein und Niedersachsen. Die starke Streuung der Meßwerte deutet jedoch auch bei diesem Pathogen an, daß seine Ausbreitungsgeschwindigkeit nicht nur vom Zeitpunkt der Primärinfektion bestimmt wird, sondern außerdem dem Einfluß weiterer Faktoren (z. B. Witterung, Sorteneffekt) unterliegt.

3.2.2.3.6. Auftreten nach Sorten

Die Betrachtung des Sorteneinflusses umfaßt wiederum diejenigen Sorten, für die aus jeweils mindestens 10 Fallstudien Daten vorlagen (vgl. Tab. 31). Auch beim Braunrost ergaben sich Unterschiede im Anfälligkeitsgrad gegenüber dem Pathogen (Abb. 52).

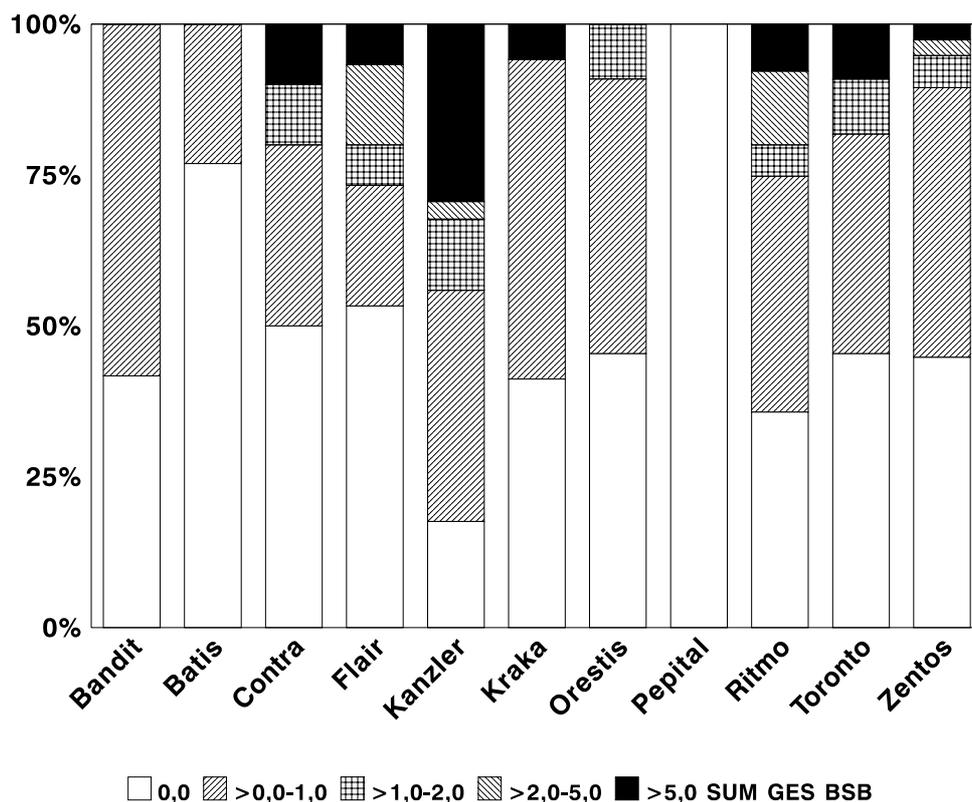


Abb. 52: *P. recondita*: Befallsstärke-Verteilung in ausgewählten Sorten (Prozent der Versuche je Sorte, 1993-2001) (für die Versuchsanzahlen vgl. Tab. 31)

Die Sorte Pepital blieb erneut in allen Versuchen befallsfrei. Relativ tolerant reagierten Bandit und Batis und, in untergeordnetem Umfang, Kraka, Orestis und Zentos. Die übrigen Sorten zeigten höhere Anfälligkeit gegenüber *P. recondita*. Im Contra und Toronto wiesen 20 %, im Flair und Ritmo 25 % der Kontrollen Werte > 1 SUM GES BSB auf. Höchste Ausbreitung erfuhr der Erreger des Braunrosts in der Sorte Kanzler (44 % der Versuche mit Endbefallsstärken > 1 SUM GES BSB).

Ein Vergleich der vorliegenden Befallswerte mit den seitens des Bundessortenamts (vgl. Tab. 31) vorgenommenen Klassifizierungen läßt wiederum einerseits Übereinstimmungen, andererseits Abweichungen erkennen. So stehen die gemäß den Bonituren vorgenommenen relativen Bewertungen der Sorten Batis, Contra, Flair, Kanzler und Ritmo im Einklang mit den Einstufungen in den Bezugslisten, während sich bei den übrigen Sorten Differenzen ergaben. Die jeweils in gleichen Anfälligkeitsklassen geführten Sorten Contra und Orestis bzw. Kanzler und Kraka wiesen in den Monitoring-Projekten erhebliche Befallsunterschiede auf, Toronto und Zentos zeigten deutlich höhere Toleranz gegenüber *P. recondita* als nach den Angaben des Bundessortenamts zu erwarten gewesen wäre.

3.2.2.4. Beziehung zwischen Befallshäufigkeit und Befallsstärke

Aus den Erhebungen waren quantitative Zusammenhänge zwischen den zeitgleich ermittelten BHB- und BSB-Werten ableitbar; die Auswertung erfolgte analog dem in Kapitel 3.2.1.4. beschriebenen Vorgehen. Unabhängig von der mathematischen Herangehensweise und den einbezogenen Datensätzen (regionsspezifisch bzw. gesamtes Datenmaterial) ergaben sich sowohl bei Berücksichtigung einzelner Blatttagen als auch der Befallsdaten der Gesamtpflanze signifikante Beziehungen zwischen den beiden Kenngrößen, die sich auf dem 0,1 %-Niveau absichern ließen (vgl. Anhangtab. 15 für die Gleichungen der Exponential- und logit-Funktionen sowie die zugehörigen Bestimmtheitsmaße und Korrelationskoeffizienten bei Einbeziehung des gesamten Datenmaterials). Die Abbildungen 53 und 54 geben beispielhaft die graphische Umsetzung bei exponentieller bzw. logistischer Betrachtungsweise wieder.

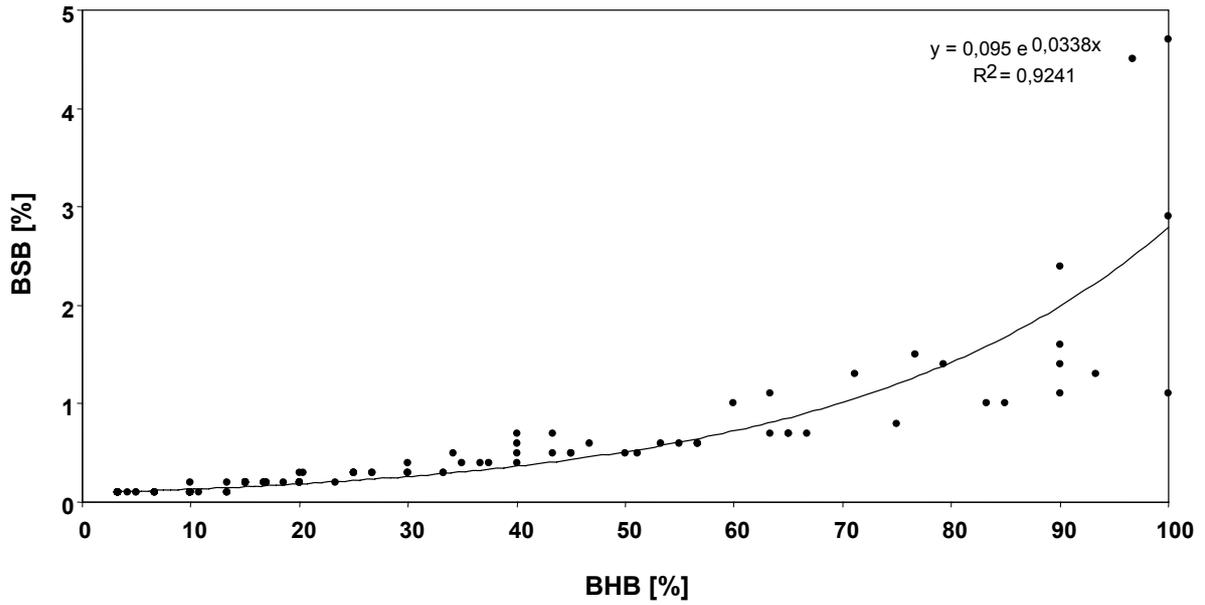


Abb. 53: *P. recondita*: Beziehung zwischen Befallshäufigkeit und Befallsstärke auf F-2 (Originaldaten, IPS-Monitoring Schleswig-Holstein, 130 Boniturtermine, 1993-2001)

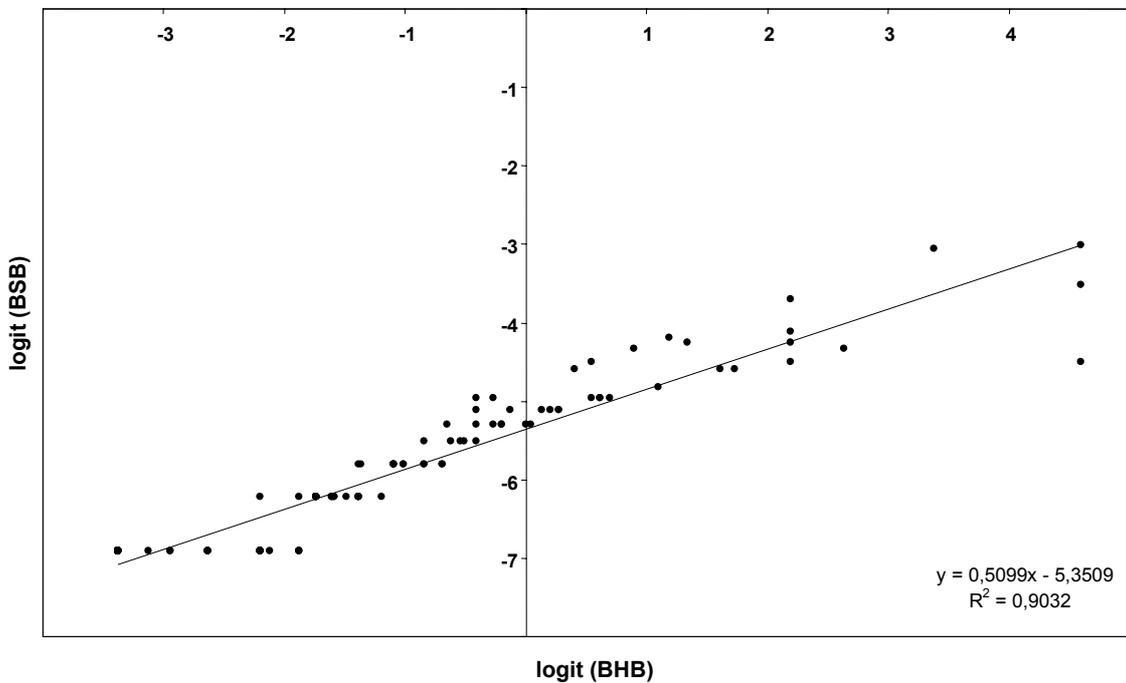


Abb. 54: *P. recondita*: Beziehung zwischen Befallshäufigkeit und Befallsstärke auf F-2 (Daten nach logit-Transformation, IPS-Monitoring Schleswig-Holstein, 130 Boniturtermine, 1993-2001)

Den Korrelationskoeffizienten und dem generell hohen Signifikanzniveau folgend kann davon ausgegangen werden, daß alle drei Auswertungsmethoden eine hinreichend genaue Beschreibung der Beziehung zwischen den beiden Kenngrößen liefern.

Tab. 37: *P. recondita*: Vorhergesagte Befallsstärke von 1 in Abhängigkeit von der Befallshäufigkeit

Pflanzenteil	BSB von 1 erreicht bei X BHB nach		
	Exponentialfunktion	Logistischer Funktion	
		(linear)	(polynomisch)
F	62,0	73,4	70,3
F-1	62,9	74,8	68,6
F-2	63,1	75,2	69,4
F-3	62,2	73,9	71,1
Gesamtpflanze	72,0	86,3	86,8

Entsprechend den Funktionsgleichungen sind Befallsstärken von 1 zumeist bei BHB-Werten von 60-70 % zu erwarten; die Werte nach der Exponentialfunktion liegen systematisch auf dem niedrigsten Rang (Tab. 37).

4. DISKUSSION

Vor der zusammenfassenden ökonomischen und ökologischen Wertung der Versuchsergebnisse unter der primären Versuchsfrage, ob und in welchem Umfang das Fungizid-Konzept des IPS-Modells Weizen, welches auf den in früheren Studien (vgl. Kap. 2.1.1.) erarbeiteten, erregerspezifischen Bekämpfungsschwellenwerten basiert, auch unter niedersächsischen Anbau- und Klimaverhältnissen anwendbar ist, sollen zunächst die für die einzelnen Pathogene ermittelten Resultate abschnittsweise diskutiert werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Ergebnisse zum Teil einen nur eingeschränkten Vergleich mit den vorhandenen Literaturquellen erlauben. Dies ist einerseits bedingt durch den bewußt heterogen gestalteten, der Überprüfung der Allgemeingültigkeit des Modells dienenden Versuchsaufbau. Aufgrund der hohen Variabilität entziehen sich einige Produktionsfaktoren (z. B. Bodenbeschaffenheit, Düngung, Saatstärke) hinsichtlich ihres Einflußpotentials auf das Befallsgeschehen von Schaderregern einer Gewichtung; für andere Aspekte (z. B. Saattermin, Fruchtfolgegestaltung, Sortenwahl) können teilweise nur Tendenzen angegeben werden. Problembehaftet ist ferner der Vergleich der hier betrachteten Freilanddaten mit den meist unter kontrollierten Gewächshausbedingungen erhobenen, nachfolgend zitierten Experimentaldaten, bei denen nie die Breite der Streuung und Kombinationsmöglichkeiten der Witterungsparameter wie unter natürlichen Verhältnissen wirksam ist. Eine Quantifizierung des Einflusses einzelner Faktoren auf die Erregerentwicklung war daher nicht realisierbar. Zudem ist davon auszugehen, daß zwischen diesen Faktoren komplexe Interaktionen bestehen, die sich wiederum verstärkend oder reduzierend auf den Befall auswirken können. Aus dem Datenmaterial lassen sich folglich meist nur qualitative Schlüsse auf Zusammenhänge zwischen ackerbaulichen und/oder klimatischen Rahmenbedingungen und erregerspezifischen Entwicklungen ziehen.

S. tritici

Die *Septoria*-Blattdürre war im Rahmen des IPS-Monitorings an den niedersächsischen Standorten als Hauptschaderreger anzusehen. Dabei hatten einzelne produktionstechnische Aspekte Bedeutung für die Entwicklung des Pathogens, insbesondere dem Einfluß des Saattermins ist Gewicht zuzumessen. So unterliegen Frühsaaten infolge noch vor Eintritt der Vegetationsruhe gesetzter Infektionen einem höheren Gefährdungspotential als Spätsaaten

(SHANER et al. 1975, VERREET et al. 1990, VERREET 1991, 1995, CEYNOWA et al. 1993, KLINK 1997, HEDKE 1999, MERK 1999, WITTRUCK 2001), was Bestätigung in dem hier vorgestellten Datenmaterial findet. In den Vegetationsperioden 1997/98 und 1998/99, in denen es zu witterungsbedingten Verzögerungen der Aussaat kam, hatten Herbstinfektionen, ableitbar aus den geringen Befallsstärkewerten zu Schoßbeginn, kaum Bedeutung. Im Vergleich hierzu förderten offenbar die frühen Drilltermine der beiden Folgejahre die Erregerentwicklung - der Ausgangsbefall auf den Blatttagen F-6 und F-5 lag auf signifikant höherem Niveau als in den Jahren 1998 und 1999.

Auswirkung auf die Populationsdynamik der *Septoria*-Blattdürre wird ferner der Fruchtfolgegestaltung zugesprochen. Ein hoher Weizenanteil in der Rotation begünstigt die Überdauerung des Erregers in Form von Pyknidien bzw. Pseudothecien an oberirdischen Weizenrückständen des Vorjahrs und/oder an Ausfallgetreide (EYAL 1981, MIELKE & AHLF 1985); umfangreicher Befall wurde in Untersuchungen in Schleswig-Holstein vor allem an Standorten mit engen Fruchtfolgen festgestellt (CEYNOWA et al. 1993, VERREET et al. 2000). Vergleichbare Zusammenhänge ließen sich anhand der in Niedersachsen erhobenen Daten nicht erkennen. Versuche, in denen Weizen als Vorfrucht oder aber mit einem 66,7 %-igen Anteil in der Rotation zum Anbau gekommen war, wiesen keinen höheren *Septoria*-Befall auf als Versuche mit abweichenden Ausgangsbedingungen. Möglicherweise wurden Fruchtfolgeeffekte überlagert durch andere, die Entwicklung von *S. tritici* stärker beeinflussende Faktoren (z. B. Ausmaß von Herbstinfektionen, Witterungsverhältnisse).

Bedeutung für die Befallsschwere mit *S. tritici* wird außerdem Sorteneffekten zugesprochen (EYAL et al. 1973, SHANER et al. 1975, BROKENSHERE 1976, ONOGUR 1977, GOUGH 1978, LEE & GOUGH 1984, VERREET 1991, 1995, MERK 1999, ANONYM 2001b, DIMMOCK & GOODING 2002), Beobachtungen, die im Einklang stehen mit den in Niedersachsen durchgeführten Erhebungen. Im Vergleich zur Referenzsorte Ritmo wurden in den übrigen Sorten sowohl signifikant niedrigere als auch höhere Befallsstärkewerte nachgewiesen. Allerdings belegen vor allem die Daten der Jahre 2000 und 2001, in welchen auch in den gering anfälligen Sorten erhebliche Pathogenausbreitung festzustellen war, daß dem Jahreseffekt überproportional hoher Einfluß auf die Erregerprogression von *S. tritici* zuzusprechen ist.

Neben den produktionstechnischen Aspekten steuert vornehmlich das Witterungsgeschehen die Entwicklungsmöglichkeiten der *Septoria*-Blattdürre. Herbstinfektionen aufgelaufener

Weizenpflanzen, in ihrem Umfang abhängig von den Temperaturverhältnissen, erfolgen durch die windbürtigen Ascosporen der Hauptfruchtform *Mycosphaerella graminicola* sowie das von ihnen gebildete Sekundärinokulum (SHAW & ROYLE 1986, 1987, 1989, VERREET et al. 1990, SHANER & BUECHLEY 1995, VERREET 1995). Das Ausbreitungspotential noch während der Vorwinterzeit steht somit in Zusammenhang zum Saattermin und übt, wie zuvor diskutiert, mitunter erheblichen Einfluß auf die Höhe des Ausgangsbefalls im Frühjahr aus. Die Pathogenprogression während der Hauptwachstumsperiode des Weizens ist abhängig vom Ausmaß der durch Pyknosporen verursachten Sekundärinfektionen. Deren Freisetzung aus den Pyknidien wird ausgelöst durch Niederschlagsereignisse, Regentropfen stellen das Trägermedium für die horizontale und vertikale Verbreitung im Bestand dar (SHANER & FINNEY 1976, BURLEIGH & LOUBANE 1984, ROYLE et al. 1986, BANNON & COOKE 1998). Die Sporenkeimung kann in einem relativ weiten Temperaturbereich, zwischen 2 und 36° C, stattfinden (HOFFMANN & SCHMUTTERER 1999: 60), unterliegt jedoch sehr spezifischen Anforderungen an die Feuchtigkeitsverhältnisse. So wird nach KLINK (1997) unter der Voraussetzung, daß mindestens jede zweite Pflanze auf F-6 Symptome aufweist, nur dann signifikanter Befallsanstieg erreicht, wenn sich auf die Sporenfreisetzung ein Zeitraum von mindestens 48 Stunden mit Blattnässewerten von ≥ 98 % anschließt. Diese Angaben ließen sich aufgrund vorliegender Erhebungen weitgehend bestätigen. Sobald zwischen einzelnen Infektionsereignissen der für die Ausbildung neuer, reifer Pyknosporen benötigte Zeitraum von rund zwei Wochen lag (vgl. SHAW & ROYLE 1986), wurde in der Mehrzahl der Versuche entsprechend der Dauer der Latenzzeit (MIELKE & AHLF 1985, ROYLE et al. 1986, SHAW & ROYLE 1986, HESS & SHANER 1987, CEYNOWA et al. 1993, KLINK 1997) jeweils 3-5 Wochen später Befallsanstieg ermittelt. Allerdings waren zu Beginn der Beobachtungsperioden jahresspezifische Reaktionsunterschiede gegeben, die andeuten, daß die Geschwindigkeit der Entwicklung von *S. tritici* nicht nur von den qualitativen Befallswerten und den klimatischen Faktoren gesteuert wird, sondern auch von der quantitativen Befallsstärke abhängt. In den Vegetationsperioden 2000 und 2001, in denen die unteren Blattetagen zu Schoßbeginn hohe Besiedlung zeigten, hatten bereits die Ende April/Anfang Mai eingetretenen Infektionsbedingungen zu umfangreicher Erregerausbreitung geführt, während in den Versuchen der Jahre 1998 und 1999, die durch sehr niedrige Pyknidienzahlen auf F-6 und F-5 gekennzeichnet waren, nach Zeiträumen mit günstigen Witterungskonstellationen vor Mitte Mai nur unerhebliche Befallszunahme auftrat. Möglicherweise hatten Niederschlagsereignisse im April eine weitgehende Freisetzung der Pyknosporen verursacht, welche einerseits aufgrund des äußerst geringen Ausgangsinokulums einen kaum meßbaren Anstieg der

Fruchtkörperanzahlen nach sich zog und andererseits bewirkte, daß bei späteren Regenfällen zunächst eine nur relativ unbedeutende Menge reifer, infektiösfähiger Sporen im Bestand vorhanden war.

In der statistischen Auswertung des Datenmaterials war unter Berücksichtigung des Ausgangsbefalls auf F-6 und F-5 und des Endbefalls auf F-2 bis F bei Heranziehung der Originalwerte keine, nach logarithmischer Transformation hingegen eine signifikante Beziehung zwischen den beiden Parametern festzustellen. Allerdings verringert das weite Konfidenzintervall um die Regressionsgerade (vgl. Abb. 18) die Aussagekraft einer Vorhersage erheblich. Nach der Funktionsgleichung bewirkt ein Ausgangsbefall von 100 Pyknidien wahrscheinlich einen Endbefall gleicher Größenordnung, kann jedoch, dem Vertrauensbereich entsprechend, mit rund 10 oder aber nahezu 1000 Fruchtkörpern auch geringere bzw. wesentlich höhere Befallsgrade nach sich ziehen. Diese Befunde decken sich mit früheren Studien, in denen gleichfalls aufgrund der starken Streuung der Meßwerte keine eindeutige Quantifizierung der Abhängigkeit zwischen den betrachteten Kenngrößen abzuleiten war (HABERMEYER 1993, MERK 1999, WITTRICK 2001). Prognosen der Pathogenentwicklung auf der Basis der Befallsstärkewerte der unteren Blattetagen sind daher mit einem hohen Unsicherheitsfaktor belegt.

Wenngleich in den ersten beiden Versuchsjahren aufgrund extrem niedriger Ausgangsbefallsstärkewerte im Frühjahr eine zunächst verzögerte Erregerausbreitung zu beobachten war, unterstreichen die Erhebungen, daß die qualitative Verbreitung der *Septoria*-Blattdürre zu Vegetationsbeginn höheren Einfluß auf die weitere Pathogenprogression hatte. Sowohl die populationsdynamischen Ergebnisse als auch die durch Fungizidanwendung erzielte Pathogenkontrolle lassen demnach auf eine Übertragbarkeit der aus schleswig-holsteinischen Studien abgeleiteten Bekämpfungsschwellenwerte für *S. tritici* auch auf niedersächsische Anbau- und Klimaverhältnisse schließen.

S. nodorum

Der Erreger der Blatt- und Spelzenbräune trat im Zuge der 4jährigen Datenaufnahme an den Versuchsstandorten in Niedersachsen in nur sehr geringem Umfang auf. Vergleichbare Befunde ergaben sich in den seit 1994 in Schleswig-Holstein durchgeführten Projekten

(KLINK 1997, WITTRÖCK 2001). Auch in Bayern, wo dem Pathogen in Erhebungen der 80er Jahre hohe Relevanz zukam (VERREET & HOFFMANN 1984, 1989, 1990, VERREET 1985, 1995, VERREET et al. 1987), hat *S. nodorum* nach späteren Arbeiten erheblich an Bedeutung verloren, was auf stärkere Konkurrenz durch den nun auch dort vermehrt auftretenden Erreger *S. tritici* zurückgeführt wurde (MERK 1999).

Eine Wertung der dem IPS-Modell Weizen zugrunde liegenden Bekämpfungsschwelle für *S. nodorum* kann aufgrund des geringen Pathogenaufkommens in den niedersächsischen Fallstudien nicht vorgenommen werden.

E. graminis

Der Echte Mehltau war im Rahmen der Untersuchungen jahres- und standortübergreifend nachzuweisen und kann daher als zweitwichtigster Schaderreger angesprochen werden. Gemäß Literaturangaben wird dem Saatzeitpunkt Einfluß auf die Pathogenentwicklung beigemessen, wobei jedoch konträre Auffassungen vertreten werden. Während BOSSE (1987), HOFFMANN et al. (1988) und VERREET (1991, 1995) starken Befall besonders nach Frühsaaten feststellten und dies durch Infektionen noch vor Eintritt der Vegetationsruhe und folgenden hohen Ausgangsbefall im Frühjahr erklärten, ergab sich in anderen Arbeiten eine verstärkte Erregerausbreitung vor allem nach Spätsaaten, was zurückgeführt wurde auf die Ausbildung von geschwächten und somit anfälligeren Weizenpflanzen (HEDKE 1999, WITTRÖCK 2001). Aus den Datenerhebungen in Niedersachsen ließ sich keine nachhaltige Beeinflussung von *E. graminis* infolge differierender Aussaattermine ableiten. Die Endbefallswerte nach Spätsaaten (1998, 1999) lagen nach der statistischen Auswertung auf gleichem Niveau wie die in den Vegetationsperioden 2000 und 2001, in denen die Bestellung zu regionsüblichen Terminen durchgeführt worden war.

Auswirkung auf die Höhe der Befallsstärke des Mehltaus hatte dagegen die angebaute Sorte, was die Ergebnisse früherer Studien (KLISCHOWSKI & BEYER 1980, KÄSBOHRER 1986, KÄSBOHRER et al. 1988a, FELSENSTEIN 1991, VERREET 1991, 1995, BÜSCHBELL & HOFFMANN 1992, MERK 1999) bestätigt. Sorten, die in den Bundessortenlisten (ANONYM 2001b) in niedrigere Anfälligkeitsklassen als die Referenzsorte Ritmo eingestuft sind, reagierten signifikant toleranter.

Während der Hauptwachstumsphase des Weizens ist das Witterungsgeschehen als übergeordnetes Steuerungselement für die Entwicklungsmöglichkeiten von *E. graminis* anzusehen. Sekundärinfektionen erfolgen durch die vom Mycel an der Blattoberfläche gebildeten Konidiosporen, welche durch Luftturbulenzen gelöst und verbreitet werden (KASPERS & KOLBE 1971). Niederschlagsereignisse können, durch Verklumpung der Konidienketten oder aber Abwaschung noch nicht gekeimter Sporen, zu einer Unterbrechung der Infektionskette führen (MERCHÁN & KRANZ 1986a-c, HOLTHUIS et al. 1990). Das Ausmaß der Keimung wird bestimmt durch Temperatur und Feuchtigkeit. Optimale Bedingungen liegen bei 12-25° C und einer relativen Luftfeuchte von 100 % in der ersten und 65 % in den folgenden drei Stunden (NAIR & ELLINGBOE 1965, MASRI & ELLINGBOE 1966); Trockenheit bewirkt Absterben der Konidiosporen (KASPERS & KOLBE 1971). Unter günstigen Gegebenheiten, bei Temperaturen um 20° C, beträgt die Inkubationszeit drei Tage, verlängert sich jedoch bei Unter- bzw. Überschreitung dieses Werts auf bis zu zwei Wochen (KASPERS & KOLBE 1971).

Obwohl die im Rahmen der Untersuchungen erfaßten Freilanddaten einen nur eingeschränkten Vergleich mit den unter kontrollierten Gewächshausbedingungen ermittelten Resultaten erlauben, waren Übereinstimmungen mit der zitierten Literatur zu erkennen. So zeigte die Pathogenentwicklung vornehmlich Abhängigkeit zu den herrschenden Feuchtebedingungen, was besonders deutlich in den Befallsdaten des Jahres 1998 dokumentiert wird. Die den gesamten Mai andauernde Niederschlagsarmut (ANONYM 1998) bewirkte ein weitestgehendes Absterben vorhandener Mehltau-Mycelien auf dem unteren Blattapparat und in der Folge eine nur eingeschränkte Befallsausdehnung auf höher inserierte Pflanzenorgane. Auch in den übrigen Vegetationsperioden wurde anhand der wöchentlichen Bonituren ein Zusammenhang zwischen der Populationsdynamik von *E. graminis* und den Witterungsverhältnissen beobachtet, indem Trockenphasen zu Befallsstagnation führten und sich nach regenreicheren Zeiten Neuinfektionen ergaben. Dieser Wechsel konnte vor allem in den Jahren 2000 und 2001 nachgewiesen werden. Ausgeprägte Pathogenprogression auf dem oberen Blattapparat war ab der zweiten Maihälfte festzustellen und lief parallel zu den nun kontinuierlicheren Niederschlagsereignissen.

Im Gegensatz zum dokumentierten Einfluß von Großwetterlagen auf die Befallsausbreitung von *E. graminis* ließen sich die innerhalb der einzelnen Vegetationsperioden aufgetretenen regionalen Differenzen nicht durch die vorherrschenden Witterungsbedingungen erklären.

Weder die Temperatur noch der Niederschlag und die relative Luftfeuchte zeigten deutliche standortspezifische Unterschiede im Mikroklima, so daß zu vermuten ist, daß hier komplexe Interaktionen zwischen einer Vielzahl an Faktoren die Abweichungen im Befallsausmaß bewirkt haben.

Sowohl die biologischen Daten als auch die nach schwellenorientiertem Fungizideinsatz ausgelöste Pathogenkontrolle deuten auf Übertragbarkeit der dem IPS-Modell Weizen zugrunde liegenden Bekämpfungsschwellenwerte von *E. graminis* auf niedersächsische Anbau- und Klimabedingungen hin. Im Vergleich zu den anderen Blattpathogenen hatten allerdings die Pflanzenschutzmaßnahmen eher suboptimale Befallsreduktionen bewirkt, die im Mittel der Jahre bei knapp 70 % lagen und in der letzten Vegetationsperiode auf einen Wert von rund 60 % abfielen, was möglicherweise auf die bei der Erstapplikation eingesetzten Präparate zurückzuführen ist. Gemäß den Fungizid-Konzepten wurden in den Jahren 1998 und 1999 überwiegend Jewel bzw. Jewel Top, in den Jahren 2000 und 2001 meist eine Kombination von Jewel Top und Fortress ausgebracht und damit Pflanzenschutzmittel, die bereits in schleswig-holsteinischen Monitoring-Projekten zunehmende Effizienzverluste gezeigt hatten (WITTROCK 2001, KLINK pers. Mitt. aufgrund der Weiterführung des IPS-Monitorings SH). Diese Beobachtungen werden gestützt durch Untersuchungen zum Pathogenverhalten, in welchen an einzelnen Standorten in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern Mehltau-Stämme mit Resistenz gegenüber dem Wirkstoff Quinoxifen (Präparat Fortress) nachgewiesen wurden (FELSENSTEIN 2002). Es ist daher nicht auszuschließen, daß die im Jahr 2001 ermittelten Minderwirkungen nach Fungizideinsatz ursächlich durch Ausbildung von Pathogenresistenzen bedingt sind. Die Gültigkeit der dem IPS-Modell Weizen zugrunde liegenden Bekämpfungsschwellenwerte für den Echten Mehltau wird hierdurch nicht in Frage gestellt.

P. striiformis

Die Analyse der Befallsdaten des Gelbrosts erfolgte auf der Basis der in Niedersachsen durchgeführten Feldstudien, ergänzt durch Detailbetrachtungen populationsdynamischer Kenngrößen aus weiteren Monitoring-Projekten. Die ermittelten Resultate werden zunächst wiederum unter produktionstechnischen Aspekten diskutiert. So ist nach SHANER & POWELSON (1973) mit Herbstinfektionen und rascher Erregerausbreitung insbesondere bei

enger Fruchtfolgegestaltung zu rechnen, Aussagen, die sich anhand des niedersächsischen Datenmaterials jedoch nicht bestätigen ließen. Versuche mit häufigerem Weizenanbau zeigten keine signifikant höheren Endbefallsstärken als solche mit aufgelockerteren Fruchtfolgen, darüber hinaus war keine Differenzierung bezüglich des Erstauftretens von Symptomen nachzuweisen. Gleichermaßen konnte keine fördernde Wirkung früher Saattermine, wie von HOFFMANN et al. (1988) und SCHLÜTER (1988) beobachtet, festgestellt werden. In Jahren mit früheren Bestellungen ergab sich mittlere (2000) bzw. höhere (2001) Pathogenausbreitung, nach späten Aussaaten trat nur sehr vereinzelt (1998) bzw. überdurchschnittlich hoher Befall (1999) auf. Auch der Zeitpunkt des Befallsbeginns erfuhr keine Beeinflussung.

Im Gegensatz hierzu hatte die Sorte, in Übereinstimmung mit früheren Arbeiten (MANNERS 1950, MARES & COUSEN 1977, COAKLEY & LINE 1981, COAKLEY et al. 1988, DAAMEN et al. 1992, HANHART & FRAHM 2000, HOVMØLLER 2001, WITTRÖCK 2001), erhebliche Bedeutung für die Pathogenentwicklung. In den niedersächsischen Versuchen lagen die Endbefallsstärken der Sorte Ritmo auf signifikant höherem Niveau als in den untersuchten Vergleichssorten. In den bundesweiten Erhebungen standen der befallsfreien Sorte Pepital Sorten geringer (Bandit, Batis, Orestis, Zentos), mittlerer (Kraka, Ritmo, Toronto) sowie hoher Anfälligkeit (Contra, Flair, Kanzler) gegenüber. Bezogen auf ausgewählte Sorten unterstreichen die Ergebnisse die Literaturangaben, nach denen Flair, Ritmo und Kraka zumeist als relativ anfällige, Batis, Pepital und Zentos als tolerantere Sorten bezeichnet werden (HANHART & FRAHM 2000, HOVMØLLER 2001, WITTRÖCK 2001). Allerdings schreibt HOVMØLLER (op. cit.) in Dänemark in den Jahren 1985-1999 dem Ritmo eine geringe, der Sorte Pepital vergleichbare Pathogenbesiedlung zu. Ferner waren, wie im Ergebnisteil ausführlich angesprochen, Differenzen in der Beurteilung einiger Sorten zu den in den Bundessortenlisten (ANONYM 1993, 2001b) vorgenommenen Einstufungen aufgetreten. Möglicherweise sind die Unterschiede in den relativen Gewichtungen einerseits auf methodische Abweichungen bei den Bonituren, andererseits auf das den jeweiligen Untersuchungen zugrunde liegende Sortenspektrum, verstärkt durch Jahreseffekte, zurückzuführen.

Neben produktionstechnischen Faktoren sind vor allem die Witterungsverhältnisse von Bedeutung für die Pathogenentwicklung von *P. striiformis*. Das Ausmaß von Herbstinfektionen steht in positiver Korrelation zur Temperatur (COAKLEY et al. 1988). Die Überwinterung kann in Form von Uredosporen oder aber als Mycel im Pflanzengewebe

erfolgen (COAKLEY & LINE 1981, SCHLÜTER 1988, HOFFMANN & SCHMUTTERER 1999: 111). Milde Winter begünstigen die Überdauerung, längerfristige Kälteperioden hingegen bewirken das Absterben des Erregers (EMGE & SHRUM 1976, COAKLEY & LINE 1981, COAKLEY et al. 1988, SCHLÜTER 1988, HANHART & FRAHM 2000, HOVMØLLER 2001). Der minimale Temperaturwert, bis zu dem das Überleben möglich ist, wird von RAPILLY (1979) mit -10°C angegeben. Die bundesweit beobachteten, jahresspezifischen Befallsunterschiede bestätigen die zitierten Arbeiten. In Vegetationsperioden mit milder Winterwitterung erfuhr das Pathogen höhere Ausbreitung, nach den durch langanhaltende Frostperioden gekennzeichneten Wintern 1995/96 und 1996/97 dagegen traten in den Versuchen des Jahres 1996 keine Symptome auf und 1997 erfolgte nur geringe Erregerentwicklung. Vergleichbare Resultate ergaben sich in Dänemark, wo in Erhebungen des Jahres 1996 kein Gelbrost festzustellen war (HOVMØLLER 2001), sowie in Schleswig-Holstein, wo die Versuche des Jahres 1997 befallsfrei blieben (WITTROCK 2001).

Auf die Pathogenese während der Hauptwachstumsphase des Weizens nehmen vor allem Temperatur und Feuchtigkeit Einfluß. Niederschlagsereignisse lösen die Freisetzung der Sporen aus (COAKLEY et al. 1988, GEAGEA et al. 1999, 2000). Ihre räumliche Verbreitung unterliegt den Wind- und Feuchtigkeitsbedingungen (RAPILLY 1979, GEAGEA et al. 1997, 1999, HOFFMANN & SCHMUTTERER 1999: 112). Zur Keimung ist der Erreger auf das Vorhandensein tropfbar flüssigen Wassers angewiesen. Auf den Beginn des Keimprozesses müssen sich 4-5 Stunden mit durchgehender Blattnässe anschließen, um hohen Infektionserfolg zu erzielen (EMGE & SHRUM 1976, DE VALLAVIEILLE-POPE et al. 1995). Demgegenüber stellt der Erreger vergleichsweise geringe Ansprüche an die Temperatur. Der Minimalwert liegt nach EMGE & SHRUM (1976) bei -4°C , der Maximalwert nach PARK (1990) bei 30°C . Optimale Keimraten wurden zwischen 6 und 16°C ermittelt (MANNERS 1950, SCHRÖDER & HASSEBRAUK 1964, TOLLENAAR & HOUSTON 1966, EMGE & SHRUM 1976). Bis zur Ausbildung neuer Uredosporenlager können im Winter, bei kühleren Temperaturen, mehr als 80 Tage vergehen (RAPILLY 1979), unter günstigeren Verhältnissen während der Sommermonate reduziert sich die Latenzzeit auf 9-12 Tage (SCHRÖDER & HASSEBRAUK 1964, SACHE & DE VALLEVEILLE-POPE 1993).

Aus dem vorliegenden Datenmaterial sind Übereinstimmungen mit den zitierten Arbeiten ableitbar. So kann das Auftreten erster Symptome zu den für die Keimung erforderlichen Umweltbedingungen in Beziehung gesetzt werden. Günstige Verhältnisse waren demnach

während der relativ warmen, niederschlagsreichen Mai- und Juniwochen gegeben. Früherer Befallsbeginn wurde vermutlich zunächst durch kühle Witterung, anschließend vor allem durch Trockenphasen begrenzt; spätere Entwicklung dagegen durch höhere Temperaturen bei zudem fortschreitender Seneszenz der Weizenpflanzen. Die Auswertungen lassen ferner, wengleich indirekt, Einfluß der Temperatur auf die Dauer der Latenzzeit erkennen. So nahm im Jahresverlauf die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Erregers signifikant zu, was auf schnellere Symptomausbildung bei zunehmender Wärme hindeutet.

Die nachstehend zusammengefaßten Ergebnisse der Erhebungen der über 9 Jahre durchgeführten Monitoring-Projekte entziehen sich aufgrund fehlender Vergleichsstudien einer Literaturdiskussion, erlauben jedoch Ergänzungen des Bekämpfungsschwellen-Konzepts des IPS-Modells Weizen. Es konnte belegt werden, daß einzelne Pflanzenorgane in unterschiedlichem Umfang durch *P. striiformis* besiedelt wurden. Ausgehend vom Fahnenblatt ergab sich sowohl in qualitativer als auch quantitativer Hinsicht ein abnehmendes Befallsniveau. Uredosporenlager waren nahezu ausschließlich auf den 4 oberen Blättern festzustellen, andere Blattetagen zeigten selten (F-4, F-5) oder nie (F-6, F-7) Symptome. Diese Befunde deuten an, daß die Erregerentwicklung weniger durch Herbstinfektionen, sondern vielmehr durch Sporenzufug im Laufe der Hauptwachstumsperiode des Weizens bestimmt wurde. Dabei erklären sich die unterschiedlichen Blattbefallswerte durch fortschreitende Seneszenz von Pflanzenorganen in vertikaler Richtung.

Aus den statistischen Analysen des Datenmaterials ließen sich hoch signifikante Abhängigkeiten zwischen den zeitgleichen Befallshäufigkeits- und Befallsstärkewerten erkennen, die Prognosen der zu erwartenden Gelbrostentwicklung auf Basis dieser populationsdynamischen Kenngrößen erlauben. Unabhängig vom betrachteten Pflanzenteil, dem regionalen Datensatz und der Auswertungsmethode zeigte der Erreger zunächst Stagnation des Befallsaufbaus. Erst wenn mindestens 6 bis 7 von 10 Pflanzen Symptome aufwiesen, wurden BSB-Werte von 1 und nachfolgend exponentiell verlaufende Befallsprogression erreicht. Dies bedeutet, daß frühzeitigerer Fungizideinsatz nicht zwangsläufig ertragsbeeinflussend wirkt und somit im Rahmen des Integrierten Pflanzenbaus weder aus ökonomischer noch ökologischer Hinsicht zu rechtfertigen wäre.

Bezüglich eines Bekämpfungsschwellen-Konzepts lassen sich die für *P. striiformis* ermittelten Resultate wie folgt zusammenfassen:

- Befallsdiagnosen können sich in der Praxis auf die Blattetagen F-3 bis F beschränken.
- Erregerspezifische Applikationen sollten erst ab einer Befallshäufigkeit von 60 % durchgeführt werden.
- Bestandskontrolle und gegebenenfalls Fungizidmaßnahmen sind ab EC 32 erforderlich.

P. recondita

Analog dem Gelbrost wurden für die Analyse der Befallsdaten von *P. recondita* die in Niedersachsen ermittelten Ergebnisse sowie die weiterer Monitoring-Projekte herangezogen. Auch der Populationsaufbau des Braunrosts unterliegt dem Einfluß von Anbaufaktoren. Unter anderem wird dem Saattermin, wenngleich widersprüchlichen Inhalts, Bedeutung zugemessen. Während HEDKE (1999) höheren Befall nach späterer Bestellung feststellte, wirken nach HOFFMANN et al. (1988) und MOSCHINI & PÉREZ (1999) Frühsaaten begünstigend, eine Aussage, die anhand des in Niedersachsen erhobenen Datenmaterials nur eingeschränkt Bestätigung findet. So lag zwar das Befallsniveau in Vegetationsperioden mit früheren Drillterminen (2000, 2001) signifikant höher als nach Spätsaaten (1998, 1999), der Zeitpunkt des Erstauftretens des Erregers im Bestand erfuhr jedoch keine Beeinflussung.

In Übereinstimmung mit einer Vielzahl früherer Arbeiten (OHM & SHANER 1976, SHANER et al. 1978, LEE & SHANER 1984, TOMERLIN et al. 1984, SUBBA RAO et al. 1990, KNOTT & MUNDT 1991, LONG et al. 1992, MOSCHINI & PÉREZ 1999) waren ferner Sorteneffekte zu belegen. An den niedersächsischen Standorten überstieg das Befallsniveau in der Sorte Ritmo signifikant das der Vergleichssorten. In der überregionalen Datenauswertung blieb Pepital in allen Versuchen befallsfrei, andere Sorten zeigten geringe (Bandit, Batis, Kraka, Orestis, Zentos) bzw. höhere Anfälligkeit (Contra, Flair, Kanzler, Ritmo, Toronto). Ähnlich dem Gelbrost traten, wie im Ergebnisteil dargestellt, in den relativen Gewichtungen Abweichungen zu den Wertungen in den Bundessortenlisten (ANONYM 1993, 2001b) auf, welche wiederum vermutlich ursächlich auf unterschiedliche Boniturmethode sowie auf die jeweils in die Untersuchungen einbezogenen Sortenspektren und Jahreseffekte zurückzuführen sind.

Unabhängig von der Produktionstechnik bestimmen vor allem die klimatischen Verhältnisse die Pathogenese von *P. recondita*. Die Überwinterung erfolgt in Mycelform, als Sporenlager oder Einzelspore (EVERSMeyer et al. 1988, EVERSMeyer & KRAMER 1994, 1996). Dabei weisen die Uredosporen nach HOFFMANN & SCHMUTTERER (1999: 119) gegenüber tiefen Temperaturen hohe Widerstandskraft auf, was sich auch im hier untersuchten Datenmaterial widerspiegelte. So hatten die extrem kalten Winter 1995/96 und 1996/97 keine nachhaltigen Auswirkungen - der Endbefall in den Jahren 1996 und 1997 lag auf vergleichbarem Niveau mit dem der Untersuchungsperioden 1993, 1994 und 1999, die durch mildere Winterwitterung gekennzeichnet waren.

Im Laufe der Hauptwachstumsphase des Weizens üben insbesondere die Temperatur- und Feuchtebedingungen Einfluß auf die Entwicklungsmöglichkeiten des Braunrosts aus. Niederschläge führen zur Freisetzung der Uredosporen (EVERSMeyer & BURLEIGH 1970, GEAGEA et al. 1999, 2000), die unter Windeinwirkung weite (EVERSMeyer et al. 1984, EVERSMeyer & KRAMER 1994, GEAGEA et al. 1997, 1999, PARK & FELSENSTEIN 1998), unter Regeneinfluß eher kleinräumige Verfrachtung, um die primäre Infektionsquelle herum, erfahren (ROELFS 1972, RAUM 1991, GEAGEA et al. 1999). Ein optimaler Infektionserfolg wurde ermittelt, wenn sich auf den Beginn des Keimprozesses mindestens 3 (EVERSMeyer et al. 1988) resp. 6 (DE VALLAVIEILLE-POPE et al. 1995) Stunden mit vollständiger Blattnässe anschlossen und Temperaturen von 12-20° C (DE VALLAVIEILLE-POPE et al. 1995) bzw. 10-30° C (EVERSMeyer & KRAMER 1995) vorlagen. Unterhalb von 6° C und oberhalb von 30° C fand keine Sporenkeimung statt (EVERSMeyer & KRAMER 1992, 1995). Auch die Dauer der Latenzzeit ist abhängig vom Klima. In den Frühjahrs- und Sommermonaten sind unter günstigen Verhältnissen rund 6-8 Tage nach der Infektion neu ausgebildete Uredosporenlager zu erwarten, bei kühlerem Wetter hingegen erst nach 2-3 Wochen (OHM & SHANER 1976, SHANER et al. 1978, SUBBA RAO et al. 1990, SACHE & DE VALLAVIEILLE-POPE 1993).

Trotz der infolge unterschiedlicher Methodik nur eingeschränkten Vergleichbarkeit von Untersuchungsergebnissen unterstreichen auch die hier vorgestellten Freilanddaten den hohen Einfluß der Temperatur auf die Braunrostentwicklung. Jahresunabhängig wurden Primärinfektionen meist erst ab der zweiten Junidekade, somit bei wärmeren Umweltbedingungen, ermittelt. Offenbar hatten die bis zu dieser Zeit vorherrschenden kühleren Verhältnisse negative Auswirkung auf den Befallsverlauf. Temperaturbedingt sind vermutlich auch die regionalen Unterschiede zu interpretieren. Versuche der BMW-

Erhebungen unterlagen in einem deutlich höheren Anteil frühzeitigerem Befallsbeginn als die im maritim beeinflussten, norddeutschen Klimabereich, Befunde, die im Einklang stehen mit entsprechenden Literaturangaben. So waren in Bayern (MERK 1999) und Nordrhein-Westfalen (HEGER pers. Mitt. aufgrund der Durchführung des IPS-Monitorings in NRW) erste Symptome überwiegend ab Mitte Mai, in den Niederlanden und in Schleswig-Holstein in der Regel nicht vor Juni nachzuweisen (DAAMEN et al. 1992, WITTRÖCK 2001). Auf die Bedeutung der Temperatur für die Erregerprogression von *P. recondita* deutet außerdem der im Zuge der Hauptvegetationsperiode beobachtete signifikante Anstieg der Ausbreitungsgeschwindigkeit hin, der indirekt auf eine Verkürzung der Latenzzeit infolge stärkerer Erwärmung hinweist. Wie auch von SUBBA RAO et al. (1989, 1990) und MERK (1999) hervorgehoben, folgt frühem Erstbefall meist zunächst eine Stagnation des Erregers auf niedrigem Befallsniveau, während spätere Infektionen eine raschere Pathogenentwicklung induzieren.

Im Gegensatz zu den vorstehenden Interpretationen ließen sich die jahresspezifischen Befallsunterschiede nicht durch Witterungseinwirkung erklären. Möglicherweise gehen diese auf komplexe Interaktionen mehrerer Faktoren zurück, wobei neben klimatischen Parametern auch ackerbauliche Einflußgrößen (z. B. Saattermin, Sortenwahl) sowie biotische Gegebenheiten (z. B. Konkurrenz mit anderen Pathogenen) eine Rolle spielen können.

Analog dem Gelbrost erlauben die Auswertungen der bundesweiten, 9jährigen Erhebungen auch bezüglich des Braunrosts Ergänzungen des Bekämpfungsschwellen-Konzepts des IPS-Modells Weizen. Wiederum wiesen die getrennt analysierten Pflanzenorgane eine Besiedlung unterschiedlichen Umfangs auf. Uredosporenlager fanden sich vornehmlich auf den obersten drei Blattetagen, F-3 und F-4 zeigten selten Symptome, tiefer inserierte Blätter blieben befallsfrei. Die Ergebnisse deuten an, daß Primärinfektionen weniger im Herbst, sondern vielmehr durch späten Sporenzufug während der Vegetationsperiode gesetzt wurden, wodurch eine Besiedlung der unteren Blattoorgane aufgrund fortgeschrittener Nekrotisierung weitgehend unterblieb.

Die Korrelationsanalysen belegen zwischen den zeitgleich aufgetretenen Befallshäufigkeits- und Befallsstärkewerten hoch signifikante Beziehungen, wiederum unabhängig vom betrachteten Pflanzenteil, dem regionalen Datensatz und der Auswertungsmethode. Auch bei *P. recondita* wurde nachgewiesen, daß Befallsstärken ab 1 erst dann zu erwarten sind, wenn

mindestens 6 bis 7 von 10 Pflanzen mit Braunrost infiziert sind. Ähnliche Resultate ergaben sich in den Untersuchungen von RAUM (1991), der bis zu 70 BHB eine lineare Abhängigkeit zwischen den beiden Kenngrößen, im weiteren Verlauf exponentiell ansteigende Befallsstärke feststellte. Mit Hinweis darauf, daß die Akkreszenzphase bei *P. recondita* rascher als bei *E. graminis* durchlaufen wird, leitete der Autor hieraus ab, daß die Bekämpfungsschwelle für Braunrost bei einem deutlich niedrigeren Grenzwert als beim Echten Mehltau anzusiedeln sei, ohne diese jedoch näher zu quantifizieren. Die Arbeit von RAUM wurde im Rahmen des IPS-Modells Weizen dergestalt umgesetzt, daß fungizide Gegenmaßnahmen empfohlen werden, wenn mindestens jede dritte Pflanze Braunrostsymptome aufweist (u. a. HOFFMANN et al. 1991, HABERMEYER & HOFFMANN 1994, VERREET 1995). Entsprechende Schlußfolgerungen waren anhand der hier vorgestellten Ergebnisse nicht zu ziehen. Zum einen belegen die Auswertungen zur zeitabhängig unterschiedlich schnell verlaufenden Pathogenprogression, daß mit höheren Befallsstärken erst in fortgeschritteneren Wachstumsstadien des Weizens zu rechnen ist, zum anderen bestätigten die Korrelationsanalysen - analog zu RAUM (op. cit.) - signifikante Beziehungen zwischen den BSB- und BHB-Werten. Ein frühzeitiger Fungizideinsatz auf der Basis des derzeitigen Bekämpfungsschwellenwerts wirkt sich somit wahrscheinlich nur in Ausnahmefällen positiv auf den Ertrag aus, seine ökonomische und ökologische Berechtigung sind in Frage zu stellen.

Die Untersuchungsergebnisse lassen eine Neuformulierung der für den braunrostspezifischen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln maßgeblichen Kenndaten zu:

- Befallsdiagnosen können sich in der Praxis auf die Blattetagen F-2 bis F beschränken.
- Erregerspezifische Applikationen sollten erst ab einer Befallshäufigkeit von 60 % durchgeführt werden.
- Bestandskontrolle und gegebenenfalls Fungizidmaßnahmen sind ab EC 40 erforderlich.

Allerdings ist weiterhin der Gefahr von Spätinfektionen Rechnung zu tragen, da auch bei Befallsbeginn ab dem Stadium der Milchreife noch erhebliche Erregerprogression nachzuweisen war. Sofern bis zur Blüte keine gegen Braunrost wirksamen Präparate eingesetzt wurden oder aber diese aufgrund ihrer Terminierung keinen ausreichenden Schutz mehr gewährleisten, sind Abschlußbehandlungen gegen Ende der Blüte zur Absicherung der Kornbildungsphase vorzunehmen.

D. tritici-repentis

Neben den angesprochenen Pathogenen kam im Rahmen der Untersuchungen, wenngleich mit ausgeprägten Jahresunterschieden, auch der DTR-Blattfleckenkrankheit Bedeutung zu. Nach der im folgenden zitierten Literatur nehmen ackerbauliche Faktoren Einfluß auf die Pathogenentwicklung. So verstärkt Weizen als Vorfrucht das Befallsrisiko, was auf günstige Überdauerungsmöglichkeiten der Pseudothecien der Hauptfruchtform *Pyrenophora tritici-repentis* an Stroh- und Stoppelresten und damit frühzeitig stattfindende Primärinfektionen zurückgeführt wird (HOSFORD 1971, SCHMITZ & GROSSMANN 1987, WOLF 1991, WOLF & HOFFMANN 1993, 1994, KREYE et al. 1998, VON KRÖCHER 1998, HARTLEB et al. 1999, MERK 1999, MIELKE 1999). Entsprechendes ließ sich in der hier vorgestellten Arbeit nicht bestätigen. Weder Versuche, in denen Weizen als Vorfrucht stand, noch solche, die durch häufigen Weizenanbau in der Fruchtfolge gekennzeichnet waren, unterlagen stärkerem Befall als die der jeweiligen Vergleichsstudien. Möglicherweise wurden Fruchtfolgeeffekte überlagert durch Jahreseinfluß. Sorteneffekte, wie mehrfach dokumentiert (HOSFORD 1971, HOSFORD & BUSCH 1974, LEE & GOUGH 1984, LAREZ et al. 1986, COX & HOSFORD 1987, HOSFORD et al. 1987, VERREET 1991, WOLF 1994, VON KRÖCHER 1998, MIELKE 1999), waren nicht zu beobachten. Dies steht im Einklang mit den Angaben des Bundessortenamts (ANONYM 2001b), nach denen die hier untersuchten Sorten nahezu gleiche Anfälligkeit dem Erreger gegenüber aufweisen.

Ähnlich den anderen Parasiten unterliegt auch die Befallsentwicklung der DTR-Blattdürre den Witterungsbedingungen während der Hauptwachstumsphase des Weizens. Nach WOLF (1991) werden die windbürtigen Konidiosporen, die das Sekundärinokulum stellen, vor allem ab Ende April/Anfang Mai gebildet, ihre Keimung verläuft optimal bei Temperaturen von 20-25° C und einer relativen Luftfeuchte von mindestens 98 %. Unter günstigen Bedingungen, zwischen 10 und 30° C, sind 2-7 Tage nach der Infektion neue Läsionen zu erwarten, kühlere Verhältnisse verlängern die Latenzzeit (WOLF 1991, WOLF & HOFFMANN 1993). Insbesondere die relativ hohen Temperaturansprüche bestimmen demnach die Pathogenese des Erregers, was weitgehend Bestätigung findet in den populationsdynamischen Erhebungen in Niedersachsen. Förderliche Umweltverhältnisse stellten sich meist erst ab Ende Mai/Anfang Juni ein, erste DTR-Symptome waren in der Mehrzahl der Versuche nicht vor Anfang/Mitte Juni (Ährenschieben bis Blüte) festzustellen. Vergleichbar später Befallsbeginn wurde in schleswig-holsteinischen Feldstudien beobachtet (WITTROCK 2001), während in

Bayern, bei frühzeitigerer Erwärmung, erste Läsionen oftmals wesentlich eher diagnostiziert wurden (WOLF 1991). Dem Zeitpunkt des Befallsbeginns kommt in der Folge auch Einfluß auf den weiteren Krankheitsverlauf zu. Dementsprechend ergab sich eine ertragsrelevante Ausbreitung unter süddeutschen Verhältnissen (WOLF 1991), im norddeutschen Raum hingegen wurden nur selten höhere Besiedlungsstärken erreicht (VON KRÖCHER 1998, HARTLEB et al. 1999, WITTROCK 2001). In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, daß an den niedersächsischen Standorten von 1998 bis 2001 überregional in qualitativer und quantitativer Hinsicht rückläufiger Befall zu ermitteln war, eine Entwicklung, die ebenso in Schleswig-Holstein während der Jahre 1998-2000 festgestellt wurde (WITTROCK 2001). Da diese Beobachtungen nicht auf Witterungseinfluß zurückgeführt werden können, ist zu vermuten, daß biotische Faktoren als Ursache in Betracht zu ziehen sind. Unter Berücksichtigung des gesamten Pathogenspektrums waren sowohl in Niedersachsen als auch in Schleswig-Holstein (WITTROCK 2001, KLINK pers. Mitt. aufgrund der Weiterführung des IPS-Monitorings SH) die Vegetationsperioden 2000 und 2001 vor allem durch extrem hohes Aufkommen der *Septoria*-Blattdürre charakterisiert, das möglicherweise limitierend auf die Ausbreitung von DTR einwirkte.

Im norddeutschen Klimaraum ist dem Erreger der DTR-Blattdürre nach vorliegender Arbeit sowie den zitierten Literaturquellen nur untergeordnete Bedeutung beizumessen. Die unter bayerischen Verhältnissen erarbeiteten Bekämpfungsschwellenwerte des IPS-Modells Weizen können anhand des in Niedersachsen erhobenen Datenmaterials keine Beurteilung erfahren.

P. herpotrichoides

Obwohl in den Bonituren neben den Befallswerten des Parasitären Halmbruchs auch die von *R. cerealis* und der Gruppe der Halmbasisfusariosen erfaßt wurden, wird nachstehend nur auf *P. herpotrichoides* eingegangen, da lediglich dieser Erreger überregionale Verbreitung zeigte und somit Detailbetrachtungen zum Einflußpotential produktionstechnischer sowie klimatischer Parameter auf die Pathogenprogression erlaubt.

Nach der Literatur ist der Parasitäre Halmbruch eine typische Fruchtfolgekrankheit, die sich insbesondere bei häufigem Getreideanbau ausbreitet (GLYNNE 1951, BOCKMANN & KNOTH 1971, BACHTHALER et al. 1975, HÖFLICH & ROTH 1981, HERRMAN & WIESE 1985,

SIEBRASSE & FEHRMANN 1987, FITT et al. 1990), eine Aussage, die sich allerdings aufgrund des an nahezu allen Versuchsstandorten gleich hohen Anteils an Wirtspflanzen in der Rotation einer Beurteilung entzieht. Befallsfördernde Wirkung wird daneben frühen Saatterminen zugeschrieben (HOLLINS & SCOTT 1980, HERRMAN & WIESE 1985, HIGGINS et al. 1986, SIEBRASSE & FEHRMANN 1987, POLLEY & THOMAS 1991, COLBACH & SAUR 1998). Dies kann anhand der eigenen Ergebnisse nicht bestätigt werden. In Vegetationsperioden, die durch verzögerte Herbstbestellungen gekennzeichnet waren (1997/98, 1998/99), lagen die Ausgangsbefallswerte während der Schoßphase auf höherem Niveau als in Jahren mit regionsüblichen Drillzeitpunkten. Bedeutung für das Erregeraufkommen wird außerdem in einigen Arbeiten der Sortenwahl beigemessen (MURRAY & YE 1986, FITT et al. 1990, ANONYM 2001b), andere Autoren hingegen stellten keine Differenzen in der Toleranz dem Erreger gegenüber fest (SCOTT & HOLLINS 1974, KÄSBOHRER 1986, VERREET 1991, 1995, BÜSCHBELL & HOFFMANN 1992). Auch in den hier vorgestellten Erhebungen waren Sorteneffekte nicht nachzuweisen. Die jeweils parallel angebauten Sorten zeigten sowohl in den Ausgangs- als auch Endbefallswerten gleiche Größenordnungen, obwohl gemäß den Klassifizierungen des Bundessortenamts (ANONYM 2001b) deutliche Unterschiede zu erwarten gewesen wären.

Übergeordneten Einfluß auf die Pathogenentwicklung nehmen wiederum die klimatischen Rahmenbedingungen ein. Primärinfektionen im Herbst gehen von oberflächennahen, belasteten Stroh- und Stoppelresten aus (MACER 1961, SCHEINPFLUG 1964, BYTHER & POWELSON 1966, FEHRMANN & SCHRÖDTER 1971, FROMM & FELTZ 1976, HIGGINS & FITT 1984, COLBACH & MEYNARD 1995). Mild-feuchte Winterwitterung fördert die Überdauerungsmöglichkeiten des Erregers bis zum Frühjahr, längerfristige Frostphasen können Befallsdezimierung infolge Absterbens der unteren Blattetagen und Blattscheiden nach sich ziehen (SCOTT 1971, FITT & WHITE 1988, GOULDS & FITT 1991). Die weitere Ausbreitung des Parasitären Halmbruchs nach Ende der Vegetationsruhe unterliegt vornehmlich den Temperatur- und Feuchteverhältnissen. So wurde hohe Konidiosporenproduktion zwischen 3 und 15° C und bei einer relativen Luftfeuchte von 75-100 % ermittelt (BYTHER & POWELSON 1966, FEHRMANN & SCHRÖDTER 1971, ROWE & POWELSON 1973a, HIGGINS & FITT 1984, FRAHM & KNAPP 1986); Regentropfen stellen das Trägermedium für die Verbreitung des Sekundärinokulums im Bestand dar (SCHEINPFLUG 1964, BYTHER & POWELSON 1966, FEHRMANN & SCHRÖDTER 1971, ROWE & POWELSON 1973a,b, FITT & BAINBRIDGE 1983). Förderliche Keimbedingungen liegen vor bei einer

relativen Luftfeuchte von mindestens 80 % (SCHRÖDTER & FEHRMANN 1971, SIEBRASSE & FEHRMANN 1987), höchste Keimraten wurden von FRAHM & KNAPP (1986) und SIEBRASSE & FEHRMANN (1987) zwischen 6 und 9° C, von SCHEINPFLUG (1964) und SCHULZ (1968) hingegen zwischen 19 und 25° C beobachtet. Bis zum Auftreten neuer Läsionen vergehen unter günstigen Verhältnissen 4-5 Wochen, bei Wärme und Trockenheit verlängert sich die Latenzzeit auf bis zu 8 Wochen (ROWE & POWELSON 1973b, FITT & WHITE 1988). In gleicher Weise wird auch die Geschwindigkeit, mit der der Erreger die einzelnen Blattscheiden durchwächst und bis zum Halm vordringt, beeinflusst. Feuchtigkeit und relativ niedrige Temperaturen bewirken ein schnelleres, Niederschlagsarmut und Wärme hingegen ein verlangsamtes Mycelwachstum (FRAHM & KNAPP 1986, HIGGINS et al. 1986, SCOTT 1971, ROWE & POWELSON 1973a).

Wenngleich die im Feldversuch erhobenen Befallsdaten nur eingeschränkten Vergleich mit den Literaturangaben erlauben, zeigten sich tendenziell Übereinstimmungen, die das Einflußpotential der Witterung auf die Populationsdynamik von *P. herpotrichoides* unterstreichen. Ausgehend von generell niedrigen Inokulumwerten während des Schossens stellte sich im Stadium der Milchreife unterschiedlich hoher Befall ein. In den Vegetationsperioden 1998-2000 wurde eine eher geringe, in 2001 eine stärkere Erregerbesiedlung diagnostiziert. Jahresunabhängig fand ein deutlicher Anstieg der Befallswerte meist erst im Laufe der zweiten Junidekade statt und ist wahrscheinlich, entsprechend einer Latenzzeit von 4-5 Wochen bei kühl-feuchter Witterung, auf Infektionen nach Ablauf der Maitrockenphasen zurückzuführen. Die zwischen Mitte Mai und Mitte Juni herrschenden Temperaturen wiederum sind vermutlich als Ursache für die jahresspezifischen Unterschiede in der Pathogenprogression anzusehen. So wurden in dem genannten Zeitraum 1999 und 2000 mittlere Temperaturen von 14,8 bzw. 14,4° C erzielt, standortübergreifend ergaben sich an durchschnittlich 12 Tagen Werte > 15° C. Aufgrund der Graphiken im Versuchsbericht des Pflanzenschutzamts Hannover (ANONYM 1998) ist anzunehmen, daß ähnliche Verhältnisse ebenso im Jahr 1998, in dem an den hier einbezogenen Versuchsorten noch keine Wetterstationen standen, vorgelegen haben. Im Gegensatz hierzu zeigte das Jahr 2001 geringere Erwärmung. Während der betrachteten Zeitspanne wurden im Mittel Temperaturen von 12,8° C gemessen, Werte > 15° C stellten sich an nur 5 Tagen ein. Auch unter Berücksichtigung der Befunde von LANGE-DE LA CAMP (1967), nach denen sich das Mycelwachstum von *P. herpotrichoides* weitestgehend auf den Temperaturbereich zwischen 5 und 15° C beschränkt, kann davon ausgegangen werden, daß die kühlen Bedingungen der

Versuchsperiode 2001 die Erregerentwicklung begünstigten, während diese in den anderen Jahren infolge rascherer Erwärmung nachhaltig verzögert wurde.

Die in Niedersachsen durchgeführten Erhebungen deuten demnach an, daß insbesondere die Witterung während der Hauptwachstumsphase des Weizens die Erregerprogression des Parasitären Halmbruchs beeinflusste. Dies wurde durch die statistische Auswertung des Datenmaterials gestützt. Im Gegensatz zu SUTY et al. (1993) war keine signifikante Beziehung zwischen der Höhe des Ausgangsbefalls während des Schossens und der des Endbefalls im Stadium der Milchreife festzustellen. Eine hinreichend sichere Prognose der zu erwartenden Pathogenentwicklung ist somit, in Übereinstimmung mit einer Vielzahl früherer Arbeiten (RADTKE et al. 1980, HIGGINS et al. 1986, KÄSBOHRER et al. 1988b, MARTIN 1986, BÜSCHBELL 1990, HABERMEYER 1993, MERK 1999, ANONYM 1999a, b, 2000a, b, WITTROCK 2001, GLESER 2002), nicht realisierbar; erregerspezifische Fungizidmaßnahmen auf der Basis der Befallswerte zu Schoßbeginn sollten im Rahmen des Integrierten Pflanzenbaus zukünftig nicht mehr empfohlen werden. In diesem Zusammenhang ist auch das als eher geringfügig einzustufende Schadpotential des Pathogens zu berücksichtigen. Signifikante Ertragsminderungen stellten sich meist erst dann ein, wenn starkes Mycelwachstum im Halm zu dessen Vermorschung und Lager der Bestände geführt hatte (GLYNNE 1951, FEHRMANN & SCHRÖDTER 1972, SCOTT & HOLLINS 1974, BOCKMANN & MIELKE 1983). Ein Pflanzenschutzinsatz wäre daher nur in Ausnahmefällen ökonomisch und ökologisch berechtigt. Dem Erreger sollte vielmehr durch indirekte Maßnahmen gegengesteuert werden, wobei vornehmlich, wie bereits von KLINK (1997), WITTROCK (2001) und GLESER (2002) hervorgehoben, dem Einsatz von Wachstumsregulatoren, welche die Standfestigkeit der Pflanzen stabilisieren, Bedeutung beizumessen ist.

Fungizideinsatz und -wirkung

Im Mittel erfolgten in den IPS-Varianten zwei Fungizidapplikationen, die meist nach Überschreitungen der Bekämpfungsschwellenwerte von *S. tritici* (bei Berücksichtigung des z. T. gleichzeitigen Auftretens mehrerer Erreger: 71 % der Erst- bzw. 81 % der Zweitbehandlungen) und *E. graminis* (bei Berücksichtigung des z. T. gleichzeitigen Auftretens mehrerer Erreger: 46 % der Erst- bzw. 12 % der Zweitbehandlungen) durchgeführt wurden. Andere Pathogene lösten nur sehr vereinzelt Pflanzenschutzmitteleinsatz aus. Diese

Gegebenheiten sind bedingt durch die Klimaverhältnisse im norddeutschen Raum. So verzögert zum einen die relativ kühle Witterung die Entwicklung wärmeliebender Pathogene, zum anderen spielen die Feuchtebedingungen eine wichtige Rolle. Insbesondere die überregional beobachteten Niederschlagsereignisse Ende April/Anfang Mai zogen Zeitspannen mit günstigen Infektionsbedingungen für *S. tritici* nach sich und sind gleichermaßen als förderlich für *E. graminis* anzusehen, so daß diese Erreger frühzeitig Befallswerte erreichten, denen durch Fungizideinsatz gegenzusteuern war. Die Zweitapplikationen wurden im Schnitt 4 Wochen später, Anfang Juni, vorgenommen und basierten überwiegend auf erneuten Schwellenüberschreitungen durch die *Septoria*-Blattdürre. Zu dieser Zeit hatte der Echte Mehltau nur noch untergeordnete Bedeutung für die Entscheidung über die Erfordernis von Gegenmaßnahmen, eine Auswirkung der biologischen Kontrolle durch die Erstbehandlungen sowie eine Folge von natürlichen Befallsdezymierungen nach Trockenphasen.

Obleich vornehmlich *S. tritici* und *E. graminis* als Zielorganismen aufgetreten waren, hatten die Fungizidapplikationen aufgrund der meist breiten Wirksamkeit der zur Verfügung stehenden Präparate auch deutlichen Einfluß auf andere Erreger. Im Blattbereich beliefen sich in der Referenzsorte Ritmo die mittleren Befallsreduktionen auf 80 % bei *S. tritici*, 68 % bei *E. graminis*, 92 % bei *P. striiformis*, 90 % bei *P. recondita* und 67 % bei *D. tritici-repentis*. Daneben war, sortenunabhängig, eine verminderte Ausbreitung des Parasitären Halmbruchs festzustellen, vermutlich vor allem verursacht durch die bei den Erstapplikationen eingesetzten Präparate Jewel und Jewel Top (vgl. auch ANONYM 1998, 1999a, ERICHSEN & KRUSPE 2000, WITTRÖCK 2001). Die erzielte Pathogenkontrolle war im Schnitt zufriedenstellend, erreichte jedoch nicht das Niveau schleswig-holsteinischer Erhebungen (vgl. KLINK 1997, WITTRÖCK 2001). Als Ursache hierfür kommen, wie beim Echten Mehltau diskutiert, möglicherweise zunehmende Effizienzverluste der eingesetzten Wirkstoffe in Betracht, ferner die während der Untersuchungen beobachteten Jahresunterschiede, besonders bezüglich der Befallsstärkewerte von *S. tritici*, sowie die generell auftretenden regionalen Abweichungen im Erregeraufkommen. Im Gegensatz zum nördlichsten Bundesland, in dem nach den zitierten Studien nahezu nur *S. tritici* und *E. graminis* Bedeutung haben, war an den niedersächsischen Standorten ein differenzierteres Pathogenspektrum zu beobachten, bei dem auch die anderen Blattparasiten teilweise hohen Befall zeigten.

Ökonomie und Ökologie

Die Auswertung des Datenmaterials unter ökonomischen Gesichtspunkten ließ sowohl bei Betrachtung der absoluten Ertragsdaten als auch der durch Pflanzenschutzinsatz erzielten Mehrerträge sowie der um die Applikationskosten bereinigten monetären Mehrerlöse Jahreseffekte erkennen, die auf die zwischen den einzelnen Vegetationsperioden beobachteten Unterschiede im Pathogenaufkommen zurückzuführen waren. Im Schnitt bewirkte der Fungizideinsatz in den IPS-Varianten in der Sorte Ritmo im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle einen Ertragszuwachs von 20 dt/ha und eine Erlössteigerung um EUR 148,-/ha, in den übrigen Sorten wurden mit 14 dt/ha resp. EUR 77,-/ha signifikant niedrigere Werte ermittelt. Der zur Erzielung der maximal möglichen Erträge in den Gesund-Varianten durchgeführte Pflanzenschutz zog sortenunabhängig statistisch absicherbare Mehrerträge von durchschnittlich 4 dt/ha gegenüber den IPS-Parzellen nach sich, fiel jedoch aufgrund der höheren Kosten unter wirtschaftlichen Aspekten erheblich ab. So ergab sich im Mittel gegenüber der Kontrolle in der Sorte Ritmo noch eine deutlich positive Kosten-Nutzen-Relation in Höhe von EUR 84,-/ha, in den Vergleichssorten hingegen beliefen sich die rechnerischen Mehrerlöse mit rund EUR 7,-/ha auf äußerst unbedeutendem Niveau. Obwohl ein konkreter Vergleich der ermittelten Zahlen aufgrund der Unterschiede in den Versuchsanlagen, besonders bezüglich der Sortenspektren und Fungizid-Konzepte, nicht möglich ist, weisen die in Niedersachsen erhobenen Daten tendenziell ähnliche Beziehungen zwischen den Varianten auf wie in anderen Untersuchungen mit vergleichbarer Fragestellung (u. a. VERREET 1995, KLINK 1997, WITTROCK 2001). Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Sortenanfälligkeiten bestätigen die Ergebnisse frühere Arbeiten (ANONYM 1998, 1999a, 2000a, HOPPE et al. 1989, WITTROCK 2001), in denen ebenso eine höhere Wirtschaftlichkeit des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in anfälligeren als in toleranteren Sorten festgestellt wurde.

Neben den ökonomischen Gesichtspunkten ist im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes auch den ökologischen Aspekten Bedeutung zuzumessen. So wurden die Ertrags- und Erlössteigerungen ausgelöst durch einen Wirkstoffeinsatz pro Hektar, der in den IPS-Varianten im Schnitt um rund zwei Drittel unter dem der Gesund-Varianten lag. Beide Fungizid-Varianten zogen in Relation zur unbehandelten Kontrolle eine vergleichbar hohe Steigerung des Tausendkorngewichts nach sich, die Rohprotein- und Sedimentationswerte wurden nicht, die Fallzahlen nur geringfügig beeinflusst.

Wenngleich die Höhe des Wirkstoffeinsatzes in den Gesund-Varianten heutzutage kaum noch die Vorgehensweise praktischer Betriebe repräsentiert, werden Fungizide vielfach noch, insbesondere aus organisatorischen Gründen sowie mangelhaften biologischen Kenntnissen, nach starren, epidemieunabhängigen Kriterien eingesetzt. In den eigenen Untersuchungen diente diese Variante, durch maximalen Schutz der Pflanzen vor pilzlichen Krankheitserregern, der standort- und jahresspezifischen Ausschöpfung des genetisch fixierten Ertragspotentials. Der an der Biologie der Pathogene ausgerichtete Pflanzenschutz in den IPS-Varianten konnte die absoluten Verluste, die sich entsprechend der Ertragsdifferenzen zwischen den Gesund- und Kontroll-Varianten ergaben, nicht vollends auffangen, zeigte sich jedoch in ökonomischer und ökologischer Hinsicht überlegen. Durch den bedarfsgerechten, auf der Basis von Diagnose und Bekämpfungsschwellenwerten durchgeführten Fungizideinsatz konnten die Erreger mit deutlich minimierten Aufwandmengen erfolgreich kontrolliert werden. Vergleichend zur Gesund-Variante ergaben sich günstigere Kosten-Nutzen-Relationen; die Qualitätsabsicherung des Ernteprodukts war gewährleistet. Diese Resultate stehen im Einklang mit Studien in Bayern (VERREET 1995), Schleswig-Holstein (KLINK 1997, WITTRÖCK 2001) und Nordrhein-Westfalen (HEGER pers. Mitt. aufgrund der Durchführung des IPS-Monitorings in NRW) und lassen sowohl auf überregionale Funktionalität des IPS-Modells Weizen schließen als auch positive Effekte im Sinne von Verbrauchern, Umwelt und Praxis erkennen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde in den Jahren 1997/98 bis 2000/01 in Kooperation mit den Landwirtschaftskammern Hannover und Weser-Ems ein Monitoring zur Erfassung wirtschaftlich bedeutender Weizenpathogene durchgeführt. Die Untersuchungen hatten zum Ziel, die biologische, ökonomische und ökologische Effizienz des IPS-Modells Weizen unter niedersächsischen Anbau- und Klimabedingungen zu überprüfen. Die Versuche beinhalteten drei Fungizid-Stufen: eine unbehandelte Kontrolle, eine stadienorientiert behandelte Gesundheitsvariante zur Erfassung des erzielbaren Höchsttrags sowie eine IPS-Variante, bei der sich Zeitpunkt und Höhe des Fungizideinsatzes an der Biologie der Erreger ausrichteten. An Pflanzen der Kontroll- und IPS-Parzellen wurde zwischen Schoßbeginn und Milchreife wöchentlich das Erregeraufkommen bestimmt und vergleichend gegenübergestellt. In die Auswertungen zur Populationsdynamik von *P. striiformis* und *P. recondita* gingen neben den niedersächsischen Erhebungen Daten aus bundesweiten Monitoring-Projekten der Jahre 1993-2001 ein.

Die wesentlichsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. *S. tritici*: Die *Septoria*-Blattdürre stellte den wichtigsten Schaderreger dar. Dabei lagen in Jahren nach späten Herbstbestellungen sowohl die Ausgangsbefallsstärken während des Schossens als auch die Endbefallsstärken im Stadium der Milchreife auf niedrigem, nach früheren Saatterminen auf sehr hohem Niveau. Die Pathogenprogression war abhängig von den Witterungsverhältnissen. Signifikant ansteigende Befallswerte wurden zumeist 3-5 Wochen nach Zeiträumen mit günstigen Infektionsbedingungen (vgl. KLINK 1997) ermittelt; sehr geringe Ausgangsinokula verzögerten die Ausbreitung.

Unter Heranziehung der Originaldaten ließ die am Ende der Milchreife auf den oberen drei Blättern erreichte Befallsstärke keinen signifikanten Zusammenhang mit der Höhe der im Frühjahr auf F-6 und F-5 nachgewiesenen Pyknidienanzahlen erkennen, nach logarithmischer Transformation der Daten hingegen ergab sich eine statistisch absicherbare Beziehung. Prognosen der im Einzelfall zu erwartenden Erregerentwicklung sind jedoch aufgrund der starken Streuung der Meßwerte mit einem hohen Unsicherheitsfaktor belegt.

Die Fungizidapplikationen in den IPS-Varianten führten im Mittel zu Befallsreduktionen von rund 80 %, so daß von Übertragbarkeit des Bekämpfungsschwellenwerts des IPS-Modells Weizen auf niedersächsische Verhältnisse auszugehen ist.

2. *S. nodorum*: Der Erreger der Blatt- und Spelzenbräune hatte nur sehr untergeordnete Bedeutung. Aussagen zu den Bekämpfungsschwellenwerten des IPS-Modells Weizen können nicht getroffen werden.

3. *E. graminis*: Der Echte Mehltau trat als zweitwichtigstes Pathogen auf. Die vertikale Besiedlung der Weizenpflanze wurde vom Wetter beeinflusst. Längerfristige Trockenphasen im Mai bewirkten durch Absterben der Mycelien nachhaltige Unterbrechung der Infektionskette, feuchtere Verhältnisse führten zu verstärktem Befall des oberen Blattapparats.

Die Fungizidapplikationen in den IPS-Varianten verursachten im Schnitt Befallsreduktionen von rund 68 %. Die Bekämpfungsschwellenwerte des IPS-Modells Weizen sind als übertragbar auf niedersächsische Bedingungen anzusehen.

4. *P. striiformis*: Die Populationsdynamik des Gelbrostes unterlag deutlichem Witterungseinfluß. Langanhaltende Kälteperioden während des Winters zogen reduzierten, milderes Klima höheren Befall nach sich. Erste Symptome traten meist zwischen Ende Mai und Ende Juni auf. Ein früherer Befallsbeginn wurde offenbar durch zu niedrige, späterer durch zu hohe Temperatur sowie fortgeschrittene Nekrotisierung der Weizenpflanzen begrenzt. Die Geschwindigkeit der Befallsprogression nahm mit ansteigenden Temperaturen zu.

Uredosporenlager wurden fast nur auf F-3 bis F ermittelt. Tiefer inserierte Blattetagen zeigten selten oder nie Befall.

Zwischen den zeitgleich ermittelten Befallshäufigkeits- und Befallsstärkewerten ergaben sich hoch signifikante Zusammenhänge. Die Befallsstärke stagnierte zunächst auf niedrigem Niveau, ein Anstieg auf Werte ≥ 1 ergab sich erst, wenn mindestens 6 bis 7 von 10 Pflanzen Symptome aufwiesen.

Es wird eine Neuformulierung des Bekämpfungsschwellenwerts vorgeschlagen. Im praktischen Betrieb sind Befallsbeobachtungen ab EC 32 durchzuführen, können sich aber auf die 4 obersten Blätter beschränken; erregerspezifischer

Pflanzenschutzmitteleinsatz sollte erst bei Überschreitung eines Befallshäufigkeitswerts von 60 % erfolgen.

5. *P. recondita*: Die Befallsentwicklung des Braunrosts ließ Zusammenhänge mit den während der Hauptwachstumsphase herrschenden Temperaturen erkennen. Symptome waren meist erst ab Mitte Juni nachzuweisen, wobei der Befallsbeginn an südlicheren Standorten früher eintrat als in Norddeutschland. Die Geschwindigkeit der Ausbreitung im Bestand nahm im Laufe der jeweiligen Beobachtungsperioden zu.

Uredosporenlager wurden fast nur auf F-2 bis F festgestellt. Andere Blattetagen unterlagen selten oder nie Befall.

Die zeitgleich erhobenen Befallshäufigkeits- und Befallsstärkewerte belegten hoch signifikante Beziehungen zwischen den beiden Parametern. Das Pathogen durchlief zunächst eine Phase mit stagnierender Befallsschwere und zeigte erst, wenn mindestens 6 bis 7 von 10 Pflanzen Symptome aufwiesen, einen Anstieg auf Befallsstärkewerte ≥ 1 . Das Datenmaterial erlaubt Ergänzungen des Bekämpfungsschwellen-Konzepts. Im praktischen Betrieb können sich Befallsbeobachtungen auf die Wachstumsphase ab EC 40 sowie die obersten drei Blätter beschränken; erregerspezifischer Fungizideinsatz sollte erst bei Überschreitung eines Befallshäufigkeitswerts von 60 % durchgeführt werden. Der Gefahr von Spätinfektionen muß jedoch gegebenenfalls weiterhin Rechnung getragen werden.

6. *D. tritici-repentis*: Der jahresspezifische DTR-Befall schien komplementär zu dem mit *S. tritici* zu verlaufen, was Anlaß zu der Hypothese gab, daß eine negative Wechselwirkung zwischen den beiden Pathogenen vorliegt.

Symptome waren meist nicht vor Anfang/Mitte Juni nachzuweisen; die Endbefallsstärke lag in der Mehrzahl der Fallstudien auf niedrigem Niveau. Unter den norddeutschen Klimaverhältnissen scheint dem Erreger nur untergeordnete Relevanz zuzukommen.

7. *P. herpotrichoides*: In der Schoßphase zeigten, jahresunabhängig, nur wenige Pflanzen Befall. Ein Anstieg der Werte war ab der zweiten Junidekade zu beobachten und war in seinem Ausmaß abhängig von den Temperaturen zwischen Mitte Mai und Mitte Juni. Unter wärmeren Bedingungen fand eine geringere, unter kühleren eine stärkere Erregerprogression statt.

Ein quantifizierbarer Zusammenhang zwischen den Befallshäufigkeitswerten in der Schoßphase und den Befallsstärkewerten während der Milchreife war nicht zu belegen; Prognosen der zu erwartenden Pathogenentwicklung lassen sich nicht ableiten.

Es wird empfohlen, im Integrierten Pflanzenbau zukünftig auf Fungizideinsatz gegen *P. herpotrichoides* zu verzichten und dem Pathogen verstärkt durch ackerbauliche Maßnahmen gegenzusteuern.

8. Fungizideinsatz nach dem IPS-Modell: Im Schnitt erfolgten pro Versuch zwei Applikationen, in der Mehrzahl nach Überschreitungen der Bekämpfungsschwellenwerte von *S. tritici* und *E. graminis*. Durch das breite Wirkungsspektrum der eingesetzten Präparate wurden alle Pathogene in hinreichendem Umfang kontrolliert.

9. Ökonomie und Ökologie: Im Mittel ergaben sich im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle in den IPS-Varianten in der Sorte Ritmo Mehrerträge von 20 dt/ha und Erlössteigerungen in Höhe von EUR 148,-/ha; in den übrigen Sorten lagen die Werte bei 14 dt/ha bzw. EUR 77,-/ha. Der Pflanzenschutz Einsatz in den Gesund-Varianten bewirkte einen weiteren Ertragszuwachs um 4 dt/ha, fiel jedoch aufgrund der hohen Kosten unter wirtschaftlicher Betrachtungsweise rechnerisch gegenüber der IPS-Variante deutlich ab (Mehrerlöse von EUR 84,-/ha in der Sorte Ritmo und EUR 7,-/ha in den Vergleichssorten).
Pathogenkontrolle und Ertragssteigerung wurden in den IPS-Varianten durch einen Wirkstoffeinsatz ausgelöst, der um rund zwei Drittel unter dem in den Gesund-Varianten lag.

10. Wertung des IPS-Modells Weizen: Sowohl die populationsdynamischen Daten als auch die ökonomischen und ökologischen Auswertungen lassen auf Übertragbarkeit des Bekämpfungsschwellen-Konzepts des IPS-Modells Weizen auch auf niedersächsische Anbau- und Klimabedingungen schließen und deuten somit auf überregionale Funktionalität des Systems hin.

6. SUMMARY

In cooperation with the plant protection offices Hannover and Weser-Ems, a monitoring study was carried out to investigate a number of economically important wheat pathogens during the years 1997/98 to 2000/01. The aim of the project was to verify the biological, economical and ecological efficiency of the Integrated Pest Management (IPM) wheat model under the climatic conditions and cultivation practices in Lower Saxony. Each experiment included three fungicide treatments: an untreated control, a growth-stage oriented treatment variant to record the possible maximum yield, and the IPM variant, where time and amount of applications depended on the biology of the pathogens. During the beginning of the shooting stage up to the milky ripe stage, plants of the control and IPM variants were analyzed weekly with regard to pathogens, comparing the respective progression curves. In addition to the investigations in Lower Saxony, the evaluation of the population dynamics of *P. striiformis* and *P. recondita* is based on data collections of some nationwide monitoring projects of the years 1993-2001.

The most essential results can be summarized as follows:

1. *S. tritici*: The leaf blotch was the most important disease. Late-sown crops were characterized by lower disease severity both at the shooting stage and during the milky ripe stage, whereas in years following earlier cultivation higher levels of epidemics were observed. The progression of the disease correlated with weather conditions. In most experiments the infestation increased significantly 3-5 weeks after periods in which favourable conditions for the infection process existed (see KLINK 1997), whereas very low numbers of pycnidia in spring delayed the spreading out. Using the original data, the level of disease severity on leaves F-2 to F at the end of the milky ripe stage did not show any significant correlation to the one found on F-6 and F-5 in spring, whereas the data revealed significance after logarithmic transformation. Nevertheless, the wide scatter in data does not permit a reliable forecast of disease development in individual cases. The fungicides in the IPM variants reduced the disease severity by 80 % on average, hence the threshold value of the IPM model seems to be applicable to Lower Saxonian conditions.

2. *S. nodorum*: The agent of the glume blotch occurred to a very low extent, therefore a verification of the threshold value of the IPM model was not possible.

3. *E. graminis*: The powdery mildew was the second most important pathogen. The vertical colonization of the wheat plant reflected weather influence. Long-lasting dry periods in May caused interruption of the infection chain due to mortality of mycelia, whereas humid conditions led to higher disease levels on the upper leaves. The fungicides in the IPM variants reduced the disease severity by an average of 68 %. The threshold values of the IPM model seem to be applicable to Lower Saxony.

4. *P. striiformis*: The population dynamics of the stripe rust was influenced by weather conditions. In years following long continuous periods of extremely low temperatures during the winter months, the level of disease was reduced, while milder conditions proved to be favourable. In most experiments first symptoms appeared between end of May and end of June. Obviously an earlier outspread was limited due to lower, a later one due to higher temperature as well as the progress of necrotization of the wheat plants. The rate of outspread increased with time. Layers of urediniospores were almost exclusively restricted to leaves F-3 to F. Colonization of other leaves occurred only sporadically. The simultaneously observed data of disease incidence and disease severity showed highly significant correlations. During a first phase the severity data revealed stagnation at low level. A value of ≥ 1 was not achieved before at least 6 or 7 of 10 plants exhibited infection structures. On the base of the available data a new formulation of the threshold value is proposed. Under practical conditions only the 4 uppermost leaves should be examined, starting at EC 32. Application of fungicides should be restricted to crops with disease incidence values > 60 .

5. *P. recondita*: The development of the brown rust was dependent on the temperature conditions during the main growth period of wheat. First symptoms normally appeared not earlier than mid-June and at sites in southern Germany the disease started earlier than in the northern regions. The rate of outspread increased with time. Layers of urediniospores were almost exclusively restricted to leaves F-2 to F. Colonization of other leaves occurred only sporadically.

The simultaneously observed data of disease incidence and disease severity showed highly significant correlations. During a first phase the severity data revealed stagnation at low level. A value of ≥ 1 was not achieved before at least 6 or 7 of 10 plants exhibited infection structures.

On the base of the data at hand a modification of the threshold value is recommended. Under practical conditions the control of crops can be limited to the three uppermost leaves, beginning at EC 40. Application of fungicides should be restricted to crops with disease incidence values > 60 . Furthermore, the risk of late infections should still be taken into account.

6. *D. tritici-repentis*: Year specific infection with tan spot was complementary to the year specificity found in *S. tritici*, giving rise to the hypothesis of negative interactions between the two pathogens.

Symptoms were typically not present before the first half of June. The final disease severity was low in the majority of cases. Under the climatic conditions of northern Germany, the agent seems to be of little relevance.

7. *P. herpotrichoides*: Infection was found only scarcely in the shooting phase, independent of the year of investigation. Rising infestation could be observed from the second decade of June onwards, the extent depending on the temperatures between mid-May and mid-June. Warmer conditions produced lower pathogen progression, as opposed to colder weather.

A quantitative relationship between disease incidence in the shooting phase and disease severity in the milky ripe stage could not be shown, consequently no way of forecasting can be suggested.

It is recommended to drop the application of fungicides against *P. herpotrichoides* in the framework of Integrated Crop Management in future. This pathogen should rather be controlled by means of specific cultivation techniques.

8. Fungicide applications according to the IPM model: On average, two treatments per experiment were carried out, mainly after the thresholds for *S. tritici* and *E. graminis* were exceeded. Due to the broad bandwidth of effectiveness of the substances applied, all pathogens were sufficiently controlled.

9. Economy and ecology: On average, the IPM plots gave an increment of 20 dt/ha in yield and EUR 148,-/ha in profit, respectively, over the untreated control in the variety of Ritmo. In the other varieties, these values were 14 dt/ha and EUR 77,-/ha, respectively. The variant of growth-stage oriented treatment resulted in an additional yield increase of 4 dt/ha over the IPM, but clearly fell back in economical terms due to the high costs (profit increase of EUR 84,-/ha in the Ritmo and EUR 7,-/ha in the other varieties).

Pathogen control and yield increase were achieved in the IPM variants through an amount of active ingredients about two thirds less than in the growth-stage oriented variants.

10. Assessment of the IPM wheat model: The population dynamics data as well as the economical and ecological evaluations suggest the applicability of the IPM threshold concept also under those culture and climatic conditions prevailing in Lower Saxony and point towards a regionally more general functionality of the system.

7. LITERATUR

- ANONYM (1993): Beschreibende Sortenliste 1993. - Bundessortenamt (Hrsg.), A. Strothe, Frankfurt/Main.
- (1998): Versuchsbericht 1998. - Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Hannover (Hrsg.), Hannover.
- (1999a): Versuchsbericht 1999. - Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Hannover (Hrsg.), Hannover.
- (1999b): Versuchsbericht 1999 - Ackerbau. - Pflanzenschutzdienst des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.), Kiel.
- (2000a): Versuchsbericht 2000. - Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Hannover (Hrsg.), Hannover.
- (2000b): Versuchsbericht 2000 - Ackerbau. - Pflanzenschutzdienst des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.), Kiel.
- (2001a): Versuchsbericht 2001. - Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Hannover (Hrsg.), Hannover.
- (2001b): Beschreibende Sortenliste 2001. - Bundessortenamt (Hrsg.), Landbuch Verlag, Hannover.
- BACHTHALER, G., R. DIERCKS & P. BEHRINGER (1975): Entwicklung und Auswirkung parasitärer Fruchtfolgeschäden unter den Streißbedingungen langjähriger Getreiderotationen. - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **27**, 101-108.
- BANNON, F. J. & B. M. COOKE (1998): Studies on dispersal of *Septoria tritici* pycnidiospores in wheat-clover intercrops. - Plant Pathol., **47**, 49-56.
- BOCKMANN, H. & K. E. KNOTH (1971): Der verstärkte Getreidebau aus pflanzenpathologischer und pflanzenhygienischer Sicht. - Z. PflKrankh. PflSchutz, **78**, 1-33.
- & H. MIELKE (1983): Fruchtfolge, Fußkrankheiten und neuzeitliche Anbaumaßnahmen beim Weizen aus der Sicht der Bodenhygiene. - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **35**, 97-103.
- BOSSE, W. (1987): Ausprägung von Ertragsmerkmalen mehrerer Weizensorten und Veränderungen der Befalls-Verlust-Äquivalente durch Mehltaubefall in Abhängigkeit von Saatzeit, Saatstärke, N-Düngung und Befallsgrad. - Diss. Univ. Kiel, [Mskr.].
- BROKENSHIRE, T. (1976): The reaction of wheat genotypes to *Septoria tritici*. - Ann. appl. Biol., **82**, 415-423.
- BÜSCHBELL, T. (1990): Phytopathologische Grundlagen des integrierten Pflanzenschutzes gegen Pilzkrankheiten in Weizenanbausystemen. - Diss. Techn. Univ. München, [Mskr.].
- & G. M. HOFFMANN (1992): Die Effekte unterschiedlicher N-Versorgung auf die epidemiologische Entwicklung von Krankheitserregern im Winterweizen und deren Bekämpfung. - Z. PflKrankh. PflSchutz, **99**, 381-403.
- BURLEIGH, J. R. & M. LOUBANE (1984): Plot size effects on disease progress and yield of wheat infected by *Mycosphaerella graminicola* and barley infected by *Pyrenophora teres*. - Phytopathology, **74**, 545-549.
- BYTHER, R. S. & R. L. POWELSON (1966): Observations on *Cercospora herpotrichoides* in soil. - Phytopathology, **56**, 1314-1315.
- CEYNOWA, J., H. LINDENBERG & G. PIENING (1993): Epidemiologie und infektionsbezogene Bekämpfung der Blattdürre (*Septoria tritici*) an Winterweizen. - Gesunde Pflanzen, **45**, 155-162.

- COAKLEY, S. M. & R. F. LINE (1981): Quantitative relationships between climatic variables and stripe rust epidemics on winter wheat. - *Phytopathology*, **71**, 461-467.
- , ----- & L. R. MCDANIEL (1988): Predicting stripe rust severity on winter wheat using an improved method for analyzing meteorological and rust data. - *Phytopathology*, **78**, 543-550.
- COLBACH, N. & J.-M. MEYNARD (1995): Soil tillage and eyespot: influence of crop residue distribution on disease development and infection cycles. - *Eur. J. Plant Pathology*, **101**, 601-611.
- & L. SAUR (1998): Influence of crop management on eyespot development and infection cycles of winter wheat. - *Eur. J. Plant Pathology*, **104**, 37-48.
- COX, D. J. & R. M. HOSFORD (1987): Resistant winter wheats compared at differing growth stages and leaf positions for tan spot severity. - *Plant Dis.*, **71**, 883-886.
- DAAMEN, R. A., R. W. STUBBS & W. STOL (1992): Surveys of cereal diseases and pests in the Netherlands. 4. Occurrence of powdery mildew and rusts in winter wheat. - *Neth. J. Plant Pathol.*, **98**, 301-312.
- DE VALLAVIEILLE-POPE, C., L. HUBER, M. LECONTE & H. GOYEAU (1995): Comparative effects of temperature and interrupted wet periods on germination, penetration, and infection of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* and *P. striiformis* on wheat seedlings. - *Phytopathology*, **85**, 409-415.
- DIMMOCK, J. P. R. E. & M. J. GOODING (2002): The effects of fungicides on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. - *J. Agric. Sci.*, **138**, 1-16.
- EMGE, R. G. & R. D. SHRUM (1976): Epiphytology of *Puccinia striiformis* at five selected locations in Oregon during 1968 and 1969. - *Phytopathology*, **66**, 1406-1412.
- EVERSMAYER, M. G. & J. R. BURLEIGH (1970): A method of predicting epidemic development of wheat leaf rust. - *Phytopathology*, **60**, 805-811.
- & C. L. KRAMER (1994): Survival of *Puccinia recondita* and *P. graminis* urediniospores as affected by exposure to weather conditions at one meter. - *Phytopathology*, **84**, 332-335.
- & ----- (1995): Survival of *Puccinia recondita* and *P. graminis* urediniospores exposed to temperatures from subfreezing to 35 C. - *Phytopathology*, **85**, 161-164.
- & ----- (1996): Modeling winter and early spring survival of *Puccinia recondita* in wheat nurseries during 1980 to 1993. - *Plant Dis.*, **80**, 490-493.
- , ----- & L. E. BROWDER (1984): Presence, viability, and movement of *Puccinia recondita* and *P. graminis* inoculum in the Great Plains. - *Plant Dis.*, **68**, 392-395.
- , ----- & ----- (1988): Winter and early spring survival of *Puccinia recondita* on Kansas wheat during 1980-1986. - *Plant Dis.*, **72**, 1074-1076.
- EYAL, Z. (1981): Integrated control of Septoria diseases of wheat. - *Plant Dis.*, **65**, 763-768.
- , Z. AMIRI & I. WAHL (1973): Physiologic specialization of *Septoria tritici*. - *Phytopathology*, **63**, 1087-1091.
- FEHRMANN, H. & H. SCHRÖDTER (1971): Ökologische Untersuchungen zur Epidemiologie von *Cercospora herpotrichoides*. I. Die jahreszeitliche Abhängigkeit von Weizeninfektionen im Freiland. - *Phytopath. Z.*, **71**, 66-82.
- & ----- (1972): Ökologische Untersuchungen zur Epidemiologie von *Cercospora herpotrichoides*. IV. Erarbeitung eines praxisnahen Verfahrens zur Bekämpfung der Halmbruchkrankheit des Weizens mit systemischen Fungiziden. - *Phytopath. Z.*, **74**, 161-174.
- FELSENSTEIN, F. G. (1991): Virulenz und Fungizidsensitivität des Weizenmehltaus, *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal, in Europa. - Diss. Techn. Univ. München, [Mskr.].
- (2002): Wieder eine neue Resistenz. - *DLG-Mitt.*, **2**, 52.

- FITT, B. D. L. & A. BAINBRIDGE (1983): Dispersal of *Pseudocercospora herpotrichoides* spores from infected wheat straw. - *Phytopath. Z.*, **106**, 214-225.
- & R. P. WHITE (1988): Stages in the progress of eyespot epidemics in winter wheat crops. - *Z. PflKrankh. PflSchutz.*, **95**, 35-45.
- , A. GOULDS, T. W. HOLLINS & D. R. JONES (1990): Strategies for control of eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) in UK winter wheat and winter barley. - *Ann. appl. Biol.*, **117**, 473-486.
- FRAHM, J. & A. KNAPP (1986): Ein einfaches Modell zur Optimierung von Fungizidbehandlungen gegen *Pseudocercospora herpotrichoides* in Weizen. - *Gesunde Pflanzen*, **38**, 139-150.
- FROMM, R. & H. FELTZ (1976): Stroh als Infektionsquelle für Fußkrankheiten an Sommerweizen. - *Z. PflKrankh. PflSchutz*, **83**, 584-590.
- GEAGEA, L., L. HUBER & I. SACHE (1997): Removal of urediniospores of brown (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) and yellow (*P. striiformis*) rusts of wheat from infected leaves submitted to a mechanical stress. - *Eur. J. Plant Pathology*, **103**, 785-793.
- , ----- & ----- (1999): Dry-dispersal and rain-splash of brown (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) and yellow (*P. striiformis*) rust spores from infected wheat leaves exposed to simulated raindrops. - *Plant Pathology*, **48**, 472-482.
- , ----- , ----- , D. FLURA, H. A. MCCARTNEY & B. D. L. FITT (2000): Influence of simulated rain on dispersal of rust spores from infected wheat seedlings. - *Agric. For. Meteorol.*, **101**, 53-66.
- GLESER, H. (2002): Messen, zählen, dann behandeln. - *DLG-Mitt.*, **2/2002**, 46-48.
- GLYNNE, M. D. (1951): Effects of cultural treatments on wheat and on the incidence of eyespot, lodging, take-all and weeds. Field experiments 1945-8. - *Ann. appl. Biol.*, **38**, 665-688.
- GOUGH, F. J. (1978): Effect of wheat host cultivars on pycnidiospore production by *Septoria tritici*. - *Phytopathology*, **68**, 1343-1345.
- GOULDS, A. & B. D. L. FITT (1991): The development of eyespot on stems of winter wheat and barley in crops inoculated with W-type or R-type isolates of *Pseudocercospora herpotrichoides*. - *Z. PflKrankh. PflSchutz*, **98**, 490-502.
- HABERMEYER, J. (1993): Integrierter Pflanzenschutz gegen Erreger von Pilzkrankheiten im Weizenbau. Überprüfung des WEIZENMODELL BAYERN und Einführung in landwirtschaftliche Betriebe. - Diss. TU München, [Mskr.].
- & G. M. HOFFMANN (1994): Strategie und Realisation der Einführung des Pflanzenschutz-Entscheidungsmodells („IPS WEIZENMODELL“) gegen Pilzkrankheiten an Weizen in die landwirtschaftliche Praxis. - *Z. PflKrankh. PflSchutz*, **101**, 617-633.
- HANHART, H. & J. FRAHM (2000): Gelbrost: Was leisten die neuen Fungizide? - *top agrar*, **1/2000**, 62-65.
- HARTLEB, H., R. GIPPERT, C. WOLFF & P. RÜCKER (1999): DTR-Blattdürre und Ährenfusariosen - Wann Weizen im Trockengebiet gefährdet ist. - *top agrar* **5/1999**, 52-55.
- HAU, B. & J. KRANZ (1990): Mathematics and statistics for analysis in epidemiology. - In: KRANZ, J. (Hrsg.): Epidemics of plant diseases - Mathematical analysis and modeling: 12-52. - 2. Auflage, Springer, Berlin.
- HEDKE, K. (1999): Auswirkungen von Anbausystemen auf pilzliche Krankheitserreger im Winterweizen und resultierende Konsequenzen für den Integrierten Pflanzenschutz. - Diss. Univ. Kiel, Cuvillier, Göttingen.
- HERRMAN, T. & M. V. WIESE (1985): Influence of cultural practices on incidence of foot rot in winter wheat. - *Plant Dis.*, **69**, 948-950.

- HESS, D. E. & G. SHANER (1987): Effect of moisture and temperature on development of *Septoria tritici* blotch in wheat. - *Phytopathology*, **77**, 215-219.
- HIGGINS, S. & B. D. L. FITT (1984): Production and pathogenicity to wheat of *Pseudocercospora herpotrichoides* conidia. - *Phytopath. Z.*, **111**, 222-231.
- , ----- & R. P. WHITE (1986): The development of eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) lesions in winter wheat crops. - *Z. PflKrankh. PflSchutz*, **93**, 210-220.
- HÖFLICH, G. & R. ROTH (1981): Auftreten von Getreidefußkrankheiten in Praxisschlägen in Abhängigkeit von der Fruchtfolgegestaltung. - *Nachrichtenbl. Pflanzenschutzd. DDR*, **35**, 79-81.
- HOFFMANN, G. M. & H. SCHMUTTERER (1999): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. - 2. Auflage, Ulmer, Stuttgart.
- , J. A. VERREET & F. W. KREMER (1988): Konzeption und Methode für eine zukunftsorientierte, gezielte Bekämpfung von Blatt- und Ährenkrankheiten an Getreide. - *Gesunde Pflanzen*, **40**, 438-446.
- , ----- & J. HABERMEYER (1991): Entwicklung und Einführung des „Weizenmodell Bayern“ im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes. - *Gesunde Pflanzen*, **43**, 333-345.
- HOLLINS, T. W. & P. R. SCOTT (1980): Epidemiology of eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) on winter wheat, with particular reference to the period of infection. - *Ann. appl. Biol.*, **95**, 19-29.
- HOLTHUIS, U., H. KÖNNING, C. BOYLE & H. J. AUST (1990): Keimung, Haftung und Infektionseffizienz von *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* und *hordei* auf Getreide unter dem Einfluß natürlicher und künstlicher Niederschläge und anaerober Bedingungen. - *Z. PflKrankh. PflSchutz*, **97**, 608-621.
- HOPPE, H. H., G. KELLNER & B. DEUKER-ISERMAYER (1989): Zur Wirtschaftlichkeit der Krankheitsbekämpfung in anfälligen und resistenten Winterweizensorten. - *Gesunde Pflanzen*, **41**, 314-320.
- HOSFORD, R. M. (1971): A form of *Pyrenophora trichostoma* pathogenic to wheat and other grasses. - *Phytopathology*, **61**, 28-32.
- & R. H. BUSCH (1974): Losses in wheat caused by *Pyrenophora trichostoma* and *Leptosphaeria avenaria* f. sp. *triticea*. - *Phytopathology*, **64**, 184-187.
- , C. R. LAREZ & J. J. HAMMOND (1987): Interaction of wet period and temperature on *Pyrenophora tritici-repentis* infection and development in wheats of differing resistance. - *Phytopathology*, **77**, 1021-1027.
- HOVMØLLER, M. S. (2001): Disease severity and pathotype dynamics of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Denmark. - *Plant Pathology*, **50**, 181-189.
- KÄSBOHRER, M. (1986): Epidemiologie und Ertragsrelevanz von Fuß-, Blatt- und Ährenkrankheiten in verschiedenen Weizenanbausystemen. - *Diss. Techn. Univ. München*, [Mskr.].
- , G. M. HOFFMANN & G. FISCHBECK (1988a): Die Befallshäufigkeit als Entscheidungshilfe für die Bekämpfung des Echten Mehltaus (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) an Weizen. - *Z. PflKrankh. PflSchutz*, **95**, 1-15.
- , ----- & ----- (1988b): Zur Entwicklung der Halmbruchkrankheit (Erreger: *Pseudocercospora herpotrichoides*) in vergleichbaren Weizenanbausystemen. - *Z. PflKrankh. PflSchutz*, **95**, 611-629.
- KASPERS, H. & W. KOLBE (1971): Zur Frage der Lebensweise, wirtschaftlichen Bedeutung und Bekämpfung des Getreidemehltaus *Erysiphe graminis* DC.. - *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*, **24**, 330-366.

- KLINK, H. (1997): Geoepidemiologische Erhebungen von Weizenpathogenen in Schleswig-Holstein unter Anwendung und Entwicklung des Integrierten Pflanzenschutzsystems (IPS-Modell Weizen) für einen minimierten, bedarfsgerechten Fungizideinsatz (1993-1996). - Diss. Univ. Kiel, [Mskr.].
- KLISCHOWSKI, B. & H. BEYER (1980): Mehлтаubekämpfung an Winterweizen unterschiedlicher Anfälligkeit. - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **32**, 181-184.
- KNOTT, E. A. & C. C. MUNDT (1991): Latent period and infection efficiency of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* populations isolated from different wheat cultivars. - Phytopathology, **81**, 435-439.
- KRAMER, C. L. & M. G. EVERSMEYER (1992): Effect of temperature on germination and germtube development of *Puccinia recondita* and *P. graminis* urediniospores. - Mycol. Res., **96**, 689-693.
- KREYE, H., V. GARBE & H.-H. HOPPE (1998): Einfluß verschiedener Intensitäten der Grundbodenbearbeitung auf den pilzlichen Befall von Winterweizen an verschiedenen Standorten Niedersachsens. - Mitt. Biol. Bundesanst., **357**, 83.
- KRIEG, U. (1999): Bedeutung pilzlicher Krankheitserreger in Produktionssystemen der Wintergerste und Möglichkeiten der Nutzung phytosanitärer Maßnahmen im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes. - Diss. Univ. Kiel, Shaker, Aachen.
- LANGE-DE LA CAMP, M. (1967): Der Einfluß der Temperatur auf den Befall mit *Cercospora herpotrichoides* Fron. - Z. PflKrankh. PflSchutz, **74**, 267-276.
- LAREZ, C. R., R. M. HOSFORD & T. P. FREEMAN (1986): Infection of wheat and oats by *Pyrenophora tritici-repentis* and initial characterization of resistance. - Phytopathology, **76**, 931-938.
- LEE, T. S. & F. J. GOUGH (1984): Inheritance of Septoria leaf blotch (*S. tritici*) and Pyrenophora tan spot (*P. tritici-repentis*) resistance in *Triticum aestivum* cv. Carifan 12. - Plant Dis., **68**, 848-851.
- & G. SHANER (1984): Infection processes of *Puccinia recondita* in slow- and fast-rusting wheat cultivars. - Phytopathology, **74**, 1419-1423.
- LONG, D. L., A. P. ROELFS & J. J. ROBERTS (1992): Virulence of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in the United States during 1988-1990. - Plant Dis., **76**, 495-499.
- MACER, R. C. F. (1961): The survival of *Cercospora herpotrichoides* Fron in wheat straw. - Ann. appl. Biol., **49**, 165-172.
- MADDEN, L. V. & C. L. CAMPBELL (1990): Nonlinear disease progress curves. - In: KRANZ, J. (Hrsg.): Epidemics of plant diseases - Mathematical analysis and modeling: 181-229. - 2. Auflage, Springer, Berlin.
- MANNERS, J. G. (1950): Studies on the physiologic specialization of yellow rust (*Puccinia glumarum* (Schm.) Erikss. & Henn.) in Great Britain. - Ann. appl. Biol., **37**, 187-214.
- MARES, D. J. & S. COUSEN (1977): The interaction of yellow rust (*Puccinia striiformis*) with winter wheat cultivars showing adult plant resistance: macroscopic and microscopic events associated with the resistant reaction. - Physiol. Pl. Pathol., **10**, 257-274.
- MARTIN, J. (1986): Bekämpfung von *Pseudocercospora herpotrichoides* an Winterweizen mit MBC-Fungiziden und Getreideertrag bei unterschiedlicher Befallsintensität. - Z. PflKrankh. PflSchutz, **93**, 87-103.
- MASRI, S. S. & A. H. ELLINGBOE (1966): Germination of conidia and formation of appressoria and secondary hyphae in Erysiphe graminis f. sp. tritici. - Phytopathology, **56**, 304-308.
- MAULER-MACHNIK, A. & P. NAB (1990): Einfache Methode zur Frühdiagnose von *Pseudocercospora herpotrichoides* mit dem Bayer Getreide-Diagnose-System nach Verreet/Hoffmann. - Gesunde Pflanzen, **42**, 130-132.

- MERCHÁN, V. M. & J. KRANZ (1986 a): Wirkung der Blattnässe auf den asexuellen Zyklus des Weizenmehltaus *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal. - Z. PflKrankh. PflSchutz, **93**, 246-254.
- & ----- (1986 b): Untersuchungen über den Einfluß des Regens auf die Infektion des Weizens durch *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal. - Z. PflKrankh. PflSchutz, **93**, 255-261.
- & ----- (1986 c): Die Wirkung des Regens auf die Entwicklung des Weizenmehltaus (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal.). - Z. PflKrankh. PflSchutz, **93**, 262-270.
- MERK, M. (1999): Monitoring von Pilzkrankheiten in Bayern 1993-1995 für Prognosen an Weizen und Gerste als Grundlage des Integrierten Pflanzenschutzes. - Diss. Techn. Univ. München, Hieronymus, München.
- MIELKE, H. (1999): Zur DTR-Weizenblattdürre - Anfälligkeit inländischer Weizensorten und mögliche Bekämpfung des Erregers. - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **51**, 91-94.
- & M. AHLF (1985): Weizenblattdürre. - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **37**, 143.
- MOSCHINI, R. C. & B. A. PÉREZ (1999): Predicting wheat leaf rust severity using planting date, genetic resistance, and weather variables. - Plant Dis., **83**, 381-384.
- MURRAY, T. D. & H. YE (1986): Papilla formation and hypersensitivity at penetration sites and resistance to *Pseudocercospora herpotrichoides* in winter wheat. - Phytopathology, **76**, 737-744.
- NAIR, K. R. S. & A. H. ELLINGBOE (1965): Germination of conidia of *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*. - Phytopathology, **55**, 365-368.
- OHM, H. W. & G. E. SHANER (1976): Three components of slow leaf-rusting at different growth stages in wheat. - Phytopathology, **66**, 1356-1360.
- ONOGUR, E. (1977): Vergleichende Untersuchungen über die Pathogenese der von *Septoria tritici* verursachten Blattfleckenkrankheit an Weizensorten unterschiedlicher Anfälligkeit. - Diss. Univ. Bonn, [Mskr.].
- PARK, R. F. (1990): The role of temperature and rainfall in the epidemiology of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the summer rainfall area of eastern Australia. - Plant Pathology, **39**, 416-423.
- & F. G. FELSENSTEIN (1998): Physiological specialization and pathotype distribution of *Puccinia recondita* in western Europe, 1995. - Plant Pathology, **47**, 157-164.
- POLLEY, R. W. & M. R. THOMAS (1991): Surveys of diseases of winter wheat in England and Wales, 1976 - 1988. - Ann. appl. Biol., **119**, 1-20.
- RADTKE, W., F. MAYKUHS & H. J. HOPPE (1980): Bekämpfung der Halmbasiserkrankungen im Winterweizen - Ergebnisse der Jahre 1973 bis 1977. - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **32**, 49-54.
- RAPILLY, F. (1979): Yellow rust epidemiology. - Ann. Rev. Phytopathol., **17**, 59-73.
- RAUM, J. H. (1991): Haupt- und Nebenwirkungen schwellenorientierter Fungizidmaßnahmen im Integrierten Pflanzenschutz auf Pilzkrankheiten in Weizen und der Einfluß von Wirkstoffen auf das Seneszenzverhalten der Pflanzen. - Diss. Techn. Univ. München, [Mskr.].
- ROELFS, A. P. (1972): Gradients in horizontal dispersal of cereal rust uredospores. - Phytopathology, **62**, 70-76.
- ROWE, R. C. & R. L. POWELSON (1973a): Epidemiology of *Cercospora footrot* of wheat: spore production. - Phytopathology, **63**, 981-984.
- & ----- (1973b): Epidemiology of *Cercospora footrot* of wheat: disease spread. - Phytopathology, **63**, 984-988.

- ROYLE, D. J., M. W. SHAW & R. J. COOK (1986): Patterns of development of *Septoria nodorum* and *S. tritici* in some winter wheat crops in Western Europe, 1981-83. - *Plant Pathology*, **35**, 466-476.
- SACHE, I. & C. DE VALLAVIEILLE-POPE (1993): Comparison of the wheat brown and yellow rusts for monocyclic sporulation and infection processes, and their polycyclic consequences. - *J. Phytopathology*, **138**, 55-65.
- SACHS, L. (1972): *Statistische Auswertungsmethoden*. - 3. Auflage, Springer, Berlin-Heidelberg-New York.
- SAS (1989) (Hrsg.): Institute Inc., SAS/STAT users guide, version 6, forth edition, vol. 2. - Cary, North Carolina.
- SCHEINPFLUG, H. (1964): Untersuchungen über den Infektionsmodus von *Cercospora herpotrichoides* Fron bei der Primärinfektion. - *Phytopath. Z.*, **50**, 43-61.
- SCHLÜTER, K. (1988): Gelbrost, eine tückische Krankheit. - *PSP*, **2/1988**, 12-13.
- SCHMITZ, H. & F. GROSSMANN (1987): Auftreten der Blattdürre an Winterweizen (*Drechslera tritici-repentis*) in Abhängigkeit von der Fruchtfolge und unter dem Einfluß verschiedener Spritzfolgen. - *J. Phytopathology*, **118**, 21-26.
- SCHRÖDER, J. & K. HASSEBRAUK (1964): Untersuchungen über die Keimung der Uredosporen des Gelbrostes (*Puccinia striiformis* West.). - *Zentr.bl. Bakteriol.*, **118**, 622-657.
- SCHRÖDTER, H. & H. FEHRMANN (1971): Ökologische Untersuchungen zur Epidemiologie von *Cercospora herpotrichoides*. II. Die Abhängigkeit des Infektionserfolges von einzelnen meteorologischen Faktoren. - *Phytopath. Z.*, **71**, 97-112.
- SCHULZ, F. A. (1968): Untersuchungen über den Einfluß der Gründüngung auf die Halmbruchkrankheit des Weizens und ihrer Erreger *Cercospora herpotrichoides* Fron. III. Ursächliche Zusammenhänge zwischen Pflanzenwachstum, Gründüngung und Konodienkeimung. - *Phytopath. Z.*, **62**, 205-219.
- SCOTT, P. R. (1971): The effect of temperature on eyespot (*Cercospora herpotrichoides*) in wheat seedlings. - *Ann. appl. Biol.*, **68**, 169-175.
- & T. W. HOLLINS (1974): Effects of eyespot on the yield of winter wheat. - *Ann. appl. Biol.*, **78**, 269-279.
- SEEM, R. C. (1984): Disease incidence and severity relationships. - *Ann. Rev. Phytopathol.*, **22**, 133-150.
- SHANER, G. & G. BUECHLEY (1995): Epidemiology of leaf blotch of soft winter wheat caused by *Septoria tritici* and *Stagonospora nodorum*. - *Plant Dis.*, **79**, 928-938.
- & R. E. FINNEY (1976): Weather and epidemics of Septoria leaf blotch of wheat. - *Phytopathology*, **66**, 781-785.
- & R. L. POWELSON (1973): The overwintering and dispersal of inoculum of *Puccinia striiformis* in Oregon. - *Phytopathology*, **63**, 13-17.
- , ----- & F. L. PATTERSON (1975): Expression and effectiveness of resistance in wheat to Septoria leaf blotch. - *Phytopathology*, **65**, 761-766.
- , H. W. OHM & R. E. FINNEY (1978): Response of susceptible and slow leaf-rusting wheats to infection by *Puccinia recondita*. - *Phytopathology*, **68**, 471-475.
- SHAW, M. W. & D. J. ROYLE (1986): Saving Septoria fungicide sprays: The use of disease forecasts. - *Brit. Crop Prot. Conf. - Pests Dis.*, **8C-33**, 1193-1200.
- & ----- (1987): Spatial distributions of *Septoria nodorum* and *S. tritici* within crops of winter wheat. - *Plant Pathology*, **36**, 84-94.
- & ----- (1989): Airborne inoculum as a major source of *Septoria tritici* (*Mycosphaerella graminicola*) infections in winter wheat crops in the UK. - *Plant Pathology*, **38**, 35-43.

- SIEBRASSE, G. & H. FEHRMANN (1987): Ein erweitertes Modell zur praxisgerechten Bekämpfung des Erregers der Halmbruchkrankheit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Winterweizen. - Z. PflKrankh. PflSchutz, **94**, 137-149.
- SUBBA RAO, K. V., J. P. SNOW & G. T. BERGGREN (1989): Effect of growth stage and initial inoculum level on leaf rust development and yield loss caused by *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. - J. Phytopathology, **127**, 200-210.
- , G. T. BERGGREN & J. P. SNOW & (1990): Characterization of wheat leaf rust epidemics in Louisiana. - Phytopathology, **80**, 402-410.
- SUTY, A., A. MAULER-MACHNIK & K. H. KUCK (1993): Bekämpfungsschwelle für *Pseudocercospora herpotrichoides* mit dem Bayer Getreide-Diagnose-System nach Verreet/Hoffmann. - Gesunde Pflanzen, **45**, 86-88.
- TOLLENAAR, H. & B. R. HOUSTON (1966): Effect of temperature during uredospore production and of light on in vitro germination of uredospores from *Puccinia striiformis*. - Phytopathology, **56**, 787-790.
- TOMERLIN, J. R., M. G. EVERSMEYER, C. L. KRAMER & L. E. BROWDER (1984): Environmental and host effects on colony development of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. - Phytopathology, **74**, 225-229.
- VERREET, J.-A. (1985): Grundlagen der Schadenswirkung des Blatt- und Ährenbefalles durch *Septoria nodorum* (Berk.) Berk. bei Weizen. - Diss. Techn. Univ. München, [Mskr.].
- (1991): Grundlagen des Integrierten Pflanzenschutzes gegen Pilzkrankheiten in Weizenanbausystemen. - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **43**, 119-132.
- (1995): Grundlagen des Integrierten Pflanzenschutzes. Das IPS-Modell Weizen. - Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer, **48**, 1-321.
- & G. M. HOFFMANN (1984): Zur Wirkung von *Septoria nodorum* auf einige Ertragsfaktoren bei Weizen. - Gesunde Pflanzen, **36**, 95-99.
- & ----- (1989): Schwellenorientiertes Entscheidungsschema für eine epidemiebezogene Bekämpfung von *Septoria nodorum* (Berk.) Berk. an Weizen. - Gesunde Pflanzen, **41**, 147-159.
- & ----- (1990): A biologically oriented threshold decision model for control of epidemics of *Septoria nodorum* in wheat. - Plant Dis., **74**, 731-738.
- , ----- & A. AMBERGER (1987): Auswirkungen der Infektion durch *Septoria nodorum* in verschiedenen Entwicklungsstadien des Weizens auf die Produktionsleistung. - Z. PflKrankh. PflSchutz, **94**, 283-300.
- , ----- & J. PORTNER (1990): Nachweis des Teleomorph *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter (Anamorph: *Septoria tritici* Rob. apud Desm.) in der Bundesrepublik Deutschland. - J. Phytopathology, **130**, 105-113.
- , H. KLINK & G. M. HOFFMANN (2000): Regional monitoring for disease prediction and optimization of plant protection measures: The IPM Wheat Model. - Plant Dis., **84**, 816-826.
- VON KRÖCHER, C. (1998): DTR - eine zunehmende Gefahr für den Weizenanbau in Niedersachsen? - Mitt. Biol. Bundesanst., **357**, 86-87.
- WEBER, E. (1972): Grundriss der biologischen Statistik. - VEB G. Fischer, Jena.
- WITTROCK, A. F. (2001): Das Integrierte Pflanzenschutzsystem (IPS-Modell Weizen) im praktischen Betrieb Schleswig-Holsteins – Implementierung und Validierung. - Diss. Univ. Kiel, [Mskr.].
- WOLF, P. (1991): Biologie, Epidemiologie, Schadrelevanz, Konzeption für eine integrierte Bekämpfung von *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem., (*Perfektstadium* *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs.), dem Erreger einer Blattfleckenkrankheit an Weizen. - Diss. Techn. Univ. München, [Mskr.].

- WOLF, P. (1994): Untersuchungen zur Sortentoleranz und Pathotypensituation im Wirt-Parasitsystem Weizen - *Drechslera tritici-repentis*. - Mitt. Biol. Bundesanst., **301**, 256.
- & G. M. HOFFMANN (1993): Zur Biologie von *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem. (Teleomorph *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler) dem Erreger einer Blattfleckenkrankheit an Weizen. - Z. PflKrankh. PflSchutz, **100**, 33-48.
- & ----- (1994): Epidemiologische Entwicklung von *Drechslera tritici-repentis* in Weizenbeständen. - Z. PflKrankh. PflSchutz, **101**, 22-37.
- ZADOCKS, J. C., T. T. CHANG & C. F. KONZAK (1974): A decimal code for the growth stages of cereals. - Weed Research, **14**, 415-421.

Anhangtab. 1: Fungizid-Konzept 1998

(Abkürzungen: DTR = *D. tritici-repentis*, EG = *E. graminis*, PH = *P. herpotrichoides*, PR = *P. recondita*, PS = *P. striiformis*, SN = *S. nodorum*, ST = *S. tritici*)

Variante	bei Schwellenüberschreitung		Fungizid(e) [l bzw. kg/ha]
	von	in EC	
IPS	EG/PS/PR ST/SN/PS/PR ST/SN/PS/PR/EG	32-39	0,5 Pronto + 0,15 Fortress 0,5 Juwel 0,5-0,7 Juwel oder 0,5 Amistar + 0,5 Pronto oder 0,5 Amistar + 0,4 Gladio 0,7 Unix + 0,5 Juwel
	ST/SN/PS/PR/EG/PH ST/SN/PS/PR/EG/DTR	41-59	0,8 Amistar + 0,5 Pronto oder 0,8 Amistar + 0,4 Gladio oder 1,0 Juwel
	ST/SN/PS/PR/EG/DTR	61-69	0,4 Amistar + 0,25 Pronto oder 0,4 Amistar + 0,2 Gladio oder 0,5 Juwel
	keine in EC 41-69	69	0,3 Amistar oder 0,2 Juwel
Gesund	bei Befall mit EG	30	0,3 Zenit M
		31-32	0,7 Unix + 0,5 Juwel
		37-39	0,5 Juwel
		55	0,8 Amistar + 0,5 Pronto

Anhangtab. 2: Fungizid-Konzept 1999
(Abkürzungen: vgl. Anhangtab. 1)

Variante	bei Schwellenüberschreitung von	in EC	Fungizid(e) [l bzw. kg/ha]
IPS	EG/PS/PR ST/SN/PS/PR	32-39	0,75 Pronto + 0,15 Fortress 0,75 Opus Top oder 0,5 Juwel Top
	ST/SN/PS/PR/EG		0,75 Opus Top + 0,15 Fortress oder 0,5 Juwel Top + 0,15 Fortress
	ST/SN/PS/PR/DTR		0,75 Opus Top + 0,5 Amistar oder 0,5 Juwel Top + 0,5 Amistar
	ST/SN/PS/PR/PH		0,7 Unix + 0,75 Opus Top oder 0,7 Unix + 0,5 Juwel Top
	ST/SN/PS/PR/EG/DTR	41-59	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus oder 0,8 Amistar + 0,4 Gladio oder 0,8 Amistar + 0,75 Opus Top oder 1,0 Juwel Top
	ST/SN/PS/PR/EG/DTR	61-69	0,4 Amistar + 0,4 Pronto Plus oder 0,4 Amistar + 0,2 Gladio oder 0,4 Amistar+ 0,4 Opus Top 0,3 Amistar
Gesund	keine in EC 41-69	69	
	bei Befall mit EG	29-30	0,5 Pronto Plus + 0,15 Fortress
		31-32	0,7 Unix + 0,5 Juwel Top
		37-39	0,5 Juwel Top
		55	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus

Anhangtab. 3: Fungizid-Konzept 2000
(Abkürzungen: vgl. Anhangtab. 1)

Variante	bei Schwellenüberschreitung		Fungizid(e) [l bzw. kg/ha]
	von	in EC	
IPS	EG/PS/PR ST/SN/PS/PR	32-39	0,75 Pronto Plus + 1,0 Fortress Top 0,75 Opus Top oder 0,5 Juwel Top
	ST/SN/PS/PR/EG		0,75 Opus Top + 1,0 Fortress Top oder 0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress
	ST/SN/PS/PR/DTR		0,75 Opus Top + 0,5 Amistar oder 0,5 Juwel Top + 0,5 Amistar
	ST/SN/PS/PR/PH		0,7 Unix + 0,75 Opus Top oder 0,7 Unix + 0,5 Juwel Top
	ST/SN/PS/PR/EG/DTR	41-49	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus oder 0,8 Amistar + 0,4 Gladio oder 0,8 Amistar + 0,5 Opus Top
	ST/SN/PS/PR/EG/DTR	51-59	1,0 Juwel Top 0,6 Amistar + 0,75 Pronto Plus oder 0,6 Amistar + 0,4 Gladio oder 0,6 Amistar + 0,5 Opus Top
	ST/SN/PS/PR/EG/DTR	61-69	0,7 Juwel Top 0,4 Amistar + 0,75 Pronto Plus oder 0,4 Amistar + 0,4 Gladio oder 0,4 Amistar + 0,5 Opus Top
	keine in EC 41-69	69	0,5 Juwel Top 0,4 Amistar
Gesund		29-30	0,5 Pronto Plus + 1,0 Fortress Top
		31-32	0,7 Unix + 0,5 Juwel Top
		37-49	0,5 Juwel Top + 0,3 Zenit M
		55-65	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus

Anhangtab. 4: Fungizid-Konzept 2001
(Abkürzungen: vgl. Anhangtab. 1)

Variante	bei Schwellenüberschreitung		Fungizid(e) [l bzw. kg/ha]
	von	in EC	
IPS	ST/SN/PS/PR	31/32-39	0,5 Juwel Top
	ST/SN/PS/PR/EG	41-49	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress
	ST/SN/PS/PR/EG/DTR		0,8 Amistar (oder Stratego) + 0,75 Pronto Plus oder 0,8 Amistar (oder Stratego) + 0,4 Gladio oder 0,8 Amistar (oder Stratego) + 0,5 Opus Top oder 1,0 Juwel Top
	ST/SN/PS/PR/EG/DTR	51-59	0,6 Amistar (oder Stratego) + 0,75 Pronto Plus oder 0,6 Amistar (oder Stratego) + 0,4 Gladio oder 0,6 Amistar (oder Stratego) + 0,5 Opus Top oder 0,7 Juwel Top
	ST/SN/PS/PR/EG/DTR	61-69	0,4 Amistar (oder Stratego) + 0,75 Pronto Plus oder 0,4 Amistar (oder Stratego) + 0,4 Gladio oder 0,4 Amistar (oder Stratego) + 0,5 Opus Top oder 0,5 Juwel Top
	keine in EC 41-69	69	0,4 Amistar
Gesund		29-30	0,5 Juwel Top + 0,3 Fortress
		31-32	0,7 Unix + 0,5 Juwel Top
		37-49	0,5 Juwel Top
		55-65	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus

Anhangtab. 5: Schlagdaten 1998-2001

Versuchsjahr	1998	1998	1998
Standort	Ditterke	Klein Gaddau	Lauenhagen
Landkreis	Hannover	Lüchow-Dannenberg	Schaumburg
Versuchsansteller	LK Hannover, Ref. P/7	LK Hannover, Bzst. Uelzen	LK Hannover, Bzst. Nienburg
Bodentyp	Parabraunerde	Parabraunerde	Parabraunerde
Bodenart	Lehm	sandiger Lehm	Lehm
Ackerzahl	80-90	56	78
Fruchtfolge	WW-WW-ZR	WW-KA-TR-ZR	WW-WG-ZR
Vorfrucht	ZR	ZR	ZR
Vorvorfrucht	WW	TR	WG
Bodenbearbeitung	Grubber (2x) Pflug Kreiselegge	Grubber Pflug Kreiselegge	Pflug Kreiselegge
Herbizide [l bzw. kg/ha]	0,06 Concert 0,02 Hoestar	1,5 Fenikan 0,5 IPU	0,6 IPU 0,04 Concert 0,5 Chlortoluron
Insektizide [l bzw. kg/ha]	0,8 E 605 Combi	keine	keine
Wachstumsregler [l/ha]	1,0 CCC	1,0 CCC	0,7 CCC
Fungizide	vgl. Anhangtab. 6		
N-Düngung [kg/ha]	184	159	193
Sorte	Contur	Ritmo	Ritmo
Qualitätsgruppe	B	B	B
Saattermin	14.10.97	14.10.97	17.10.97
Saatstärke [Kö/m ²]	360	480	370
Ernte	14.08.98	13.08.98	09.08.98

Versuchsjahr	1998	1998	1998
Standort	Lemmie	Nennndorf	Ohrensen
Landkreis	Hannover	Winsen-Luhe	Stade
Versuchsansteller	LK Hannover, Ref. P/1	LK Hannover, Bzst. Uelzen	LK Hannover, Bzst. Bremervörde
Bodentyp	Parabraunerde	Parabraunerde	Pseudogley
Bodenart	Lehm	sandiger Lehm	humoser Sand
Ackerzahl	84	60	32
Fruchtfolge	WW-WW-ZR	WW-WW-ZR	WW-WG-MA
Vorfrucht	WW	ZR	MA
Vorvorfrucht	ZR	WW	WG
Bodenbearbeitung	Grubber (2x) Pflug Kreiselegge	Grubber (2x)	Pflug
Herbizide [l bzw. kg/ha]	1,4 IPU 0,8 Orkan 0,4 Starane 1,5 U 46 D	1,5 IPU 0,5 Starane	0,5 Fenikan 1,0 IPU 0,4 Starane
Insektizide [l bzw. kg/ha]	0,15 Parathion 0,2 Sumicidin	0,1 Fastac	0,2 Fastac
Wachstumsregler [l/ha]	1,1 CCC	0,5 CCC	1,0 CCC 0,2 Etephon
Fungizide	vgl. Anhangtab. 6		
N-Düngung [kg/ha]	236	165	197
Sorte	Ritmo	Ritmo	Rialto
Qualitätsgruppe	B	B	B
Saattermin	30.09.97	22.10.97	20.10.97
Saatstärke [Kö/m ²]	365	400	300
Ernte	12.08.98	12.08.98	11.08.98

Anhangtab. 5: Schlagdaten 1998-2001 (Fortsetzung 1)

Versuchsjahr	1999	1999	1999
Standort Landkreis Versuchsansteller	Agathenburg Stade LK Hannover, Bzst. Bremervörde	Borbeck Ammerland LK Weser-Ems	Eboldshausen Northeim LK Hannover, Bzst. Northeim
Bodentyp Bodenart Ackerzahl	Parabraunerde lehmiger Sand 35	Sandmischkultur humoser Sand 30	Parabraunerde Lehm 85
Fruchtfolge Vorfrucht Vorvorfrucht	WW-KA-WW-WG-ZR KA WW	WW-WG-WRa WRa WG	WW-ZR-WG WG ZR
Bodenbearbeitung	Scheibenegge Pflug Kreiselegge	Grubber Pflug	Grubber Pflug Kreiselegge
Herbizide [l bzw. kg/ha] Insektizide [l bzw. kg/ha] Wachstumsregler [l/ha]	1,5 IPU 0,5 Basagran 0,5 Starane 0,15 Karate 1,2 CCC	4,0 Pendiron 0,15 Karate 2,2 CCC	2,0 IPU 0,6 Starane 1,0 U 46 M 0,4 Somicidin 0,15 Pirimor 1,5 CCC 0,4 Moddus
Fungizide	vgl. Anhangtab. 7		
N-Düngung [kg/ha]	210	189	250
Sorte(n) Qualitätsgruppe(n) Saattermin Saatstärke [Kö/m ²] Ernte	Ritmo B 30.09.98 295 30.07.99	Ritmo, Batis B (Ritmo), A (Batis) 06.10.98 450 03.08.99	Ritmo, Toronto B (Ritmo), A (Toronto) 18.10.98 400 03.08.99

Versuchsjahr	1999	1999	1999
Standort Landkreis Versuchsansteller	Huntlosen Oldenburg LK Weser-Ems	Lauenhagen Schaumburg LK Hannover, Bzst. Nienburg	Nenndorf Harburg LK Hannover, Bzst. Uelzen
Bodentyp Bodenart Ackerzahl	Sandmischkultur humoser Sand 28	Parabraunerde Lehm 75-78	Parabraunerde sandiger Lehm 60-65
Fruchtfolge Vorfrucht Vorvorfrucht	WW-KA-WR WR KA	WW-WW-ZR WW (Ritmo), ZR (Asketis) ZR (Ritmo), WW (Asketis)	WW-WW-ZR ZR (Ritmo), WW (Pegassos) WW (Ritmo), ZR (Pegassos)
Bodenbearbeitung	Pflug	Pflug Kreiselegge	Grubber Pflug
Herbizide [l bzw. kg/ha] Insektizide [l bzw. kg/ha] Wachstumsregler [l/ha]	0,4 Herold 0,15 Karate 2,0 CCC	1,35 IPU 0,1 Pirimor 1,25 CCC (Ritmo) 2,0 CCC (Asketis)	2,0 IPU (Ritmo) 0,4 Herold (Pegassos) 0,2 Pirimor 0,75 CCC (Ritmo) 1,8 CCC (Pegassos)
Fungizide	vgl. Anhangtab. 7		
N-Düngung [kg/ha]	189	234 (Ritmo), 223 (Asketis)	195 (Ritmo), 205 (Pegassos)
Sorten Qualitätsgruppe(n) Saattermin(e) Saatstärke(n) [Kö/m ²] Ernte	Ritmo, Batis B (Ritmo), A (Batis) 30.11.98 450 02.08.99	Ritmo, Asketis B (Ritmo), A (Asketis) 17.10.98 (Ritmo), 17.11.98 (Asketis) 350 (Ritmo), 420 (Asketis) 05.08.99	Ritmo, Pegassos B 08.11.98 450 (Ritmo), 350 (Pegassos) 13.08.99

Anhangtab. 5: Schlagdaten 1998-2001 (Fortsetzung 2)

Versuchsjahr	1999	2000	2000
Standort Landkreis Versuchsansteller	Schickelsheim Helmstedt LK Hannover, Bzst. Braunschweig	Borbeck Ammerland LK Weser-Ems	Eboldshausen Northeim LK Hannover, Bzst. Northeim
Bodentyp Bodenart Ackerzahl	Parabraunerde sandiger Lehm 80	Sandmischkultur humoser Sand 26	Parabraunerde Lehm 75
Fruchtfolge Vorfrucht Vorvorfrucht	WW-WW-ZR ZR WW	WW(WRa)-MA-WR WR MA	WW-WW-WG-ZR WW ZR
Bodenbearbeitung	Pflug Kreiselegge	Grubber Pflug	Grubber Pflug
Herbizide [l bzw. kg/ha]	1,8 IPU 1,4 DP 0,5 Starane 1,2 MCPA	0,5 Herold	2,0 IPU 0,5 Fenikan 0,6 Starane
Insektizide [l bzw. kg/ha]	0,21 Somicidin	0,15 Karate	0,3 Somicidin
Wachstumsregler [l/ha]	1,3 CCC	1,5 CCC	0,1 Pirimor 2,1 CCC 0,1 Moddus
Fungizide	vgl. Anhangtab. 7		vgl. Anhangtab. 8
N-Düngung [kg/ha]	221	190	261
Sorten Qualitätsgruppe(n) Saattermin Saatstärke(n) [Kö/m ²] Ernte	Ritmo, Bandit B 08.11.98 400 05.08.99	Ritmo, Batis B (Ritmo), A (Batis) 07.10.99 400 04.08.00	Ritmo, Toronto B (Ritmo), A (Toronto) 24.09.99 310 (Ritmo), 300 (Toronto) 03.08.00

Versuchsjahr	2000	2000	2000
Standort Landkreis Versuchsansteller	Lauenhagen Schaumburg LK Hannover, Bzst. Nienburg	Ohrensen Stade LK Hannover, Bzst. Bremervörde	Raven Lüneburg LK Hannover, Bzst. Uelzen
Bodentyp Bodenart Ackerzahl	Parabraunerde Lehm 75	Pseudogley humoser Sand 32	Parabraunerde sandiger Lehm 45-50
Fruchtfolge Vorfrucht Vorvorfrucht	WW-WW(WG)-ZR WW (Ritmo), ZR (Asketis) ZR (Ritmo), WW (Asketis)	WW-ZR-WG-WRa WRa WG	WW-SG-KA SG KA
Bodenbearbeitung	Grubber (2x, Ritmo) Pflug Kreiselegge	Scheibenegge Grubber Kreiselegge	Scheibenegge Pflug
Herbizide [l bzw. kg/ha]	0,8 Bacara (Ritmo) 0,3 Starane (Ritmo) 1,25 U 46 M (Ritmo) 1,0 IPU (Asketis) 1,8 Foxtril S (Asketis)	0,85 IPU 0,2 Herold 0,28 Basagran DP	1,5 IPU
Insektizide [l bzw. kg/ha]	keine	0,2 E 605 forte 0,1 Karate	0,07 Fastac 0,15 Pirimor
Wachstumsregler [l/ha]	1,1 CCC (Ritmo) 2,2 CCC (Asketis)	1,0 CCC (Ritmo) 1,5 CCC (Hybnos)	1,3 CCC
Fungizide	vgl. Anhangtab. 8		
N-Düngung [kg/ha]	217 (Ritmo), 198 (Asketis)	198	225
Sorten Qualitätsgruppe(n) Saattermin(e) Saatstärke(n) [Kö/m ²] Ernte	Ritmo, Asketis B (Ritmo), A (Asketis) 22.09.99 (Ritmo), 08.11.99 (Asketis) 250 (Ritmo), 380 (Asketis) 05.08.00	Ritmo, Hybnos 1 B (Ritmo), C (Hybnos 1) 21.09.99 220 (Ritmo), 140 (Hybnos 1) 09.08.00	Ritmo, Drifter B 06.10.99 380 25.07.00

Anhangtab. 5: Schlagdaten 1998-2001 (Fortsetzung 3)

Versuchsjahr	2000	2000	2000
Standort Landkreis Versuchsansteller	Schickelsheim Helmstedt LK Hannover, Bzst. Braunschweig	Sehnde Hannover LK Hannover, Ref. P/7	Springe Hannover LK Hannover, Ref. P/1
Bodentyp Bodenart Ackerzahl	Parabraunerde sandiger Lehm 85	Schwarzerde Lehm 90	Parabraunerde sandiger Lehm 77
Fruchtfolge Vorfrucht Vorvorfrucht	WW-WG-ZR ZR WG	WW-WW-ZR WW ZR	WW-WW-ZR WW ZR
Bodenbearbeitung	Grubber Pflug Kreiselegge	Grubber (2x) Pflug Kreiselegge	Grubber Pflug Kreiselegge
Herbizide [l bzw. kg/ha]	1,5 IPU 0,5 Starane 1,0 KV 1,0 U 46 M	0,035 Lexus Class	0,3 Herold
Insektizide [l bzw. kg/ha]	0,5 Metasystox 0,25 Sumicidin	0,4 Metasystox 0,15 Karate	0,15 Sumicidin 0,15 E 605 forte 0,15 Karate
Wachstumsregler [l/ha]	1,2 CCC	1,2 CCC	1,75 CCC
Fungizide	vgl. Anhangtab. 8		
N-Düngung [kg/ha]	180	237	250
Sorten Qualitätsgruppe Saattermin(e)	Ritmo, Bandit B 18.10.99	Ritmo, Bandit B 12.10.99	Ritmo, Bandit B 23.09.99 (Ritmo), 11.10.99 (Bandit)
Saatstärke(n) [Kö/m ²] Ernte	350 14.08.00	340 (Ritmo), 320 (Bandit) 10.08.00	290 (Ritmo), 320 (Bandit) 11.08.00

Versuchsjahr	2000	2001	2001
Standort Landkreis Versuchsansteller	Steinkimmen Oldenburg LK Weser-Ems	Bergen Celle LK Hannover, Bzst. Uelzen	Eboldshausen Northeim LK Hannover, Bzst. Northeim
Bodentyp Bodenart Ackerzahl	Braunerde lehmgiger Sand 38	Parabraunerde sandiger Lehm 60	Parabraunerde Lehm 75
Fruchtfolge Vorfrucht Vorvorfrucht	WW-WG- WRa WRa WG	WW-WW-ZR WW ZR	WW-WW-ZR WW ZR
Bodenbearbeitung	Grubber Pflug	Grubber Pflug Kreiselegge	Grubber Pflug Kreiselegge
Herbizide [l bzw. kg/ha]	0,5 Herold 0,8 Starane	0,35 Herold	1,5 IPU 0,5 Fenikan 0,6 Starane 0,15 Sumicidin
Insektizide [l bzw. kg/ha]	0,15 Karate WG	keine	0,15 Sumicidin
Wachstumsregler [l/ha]	1,5 CCC	1,5 CCC	1,7 CCC
Fungizide	vgl. Anhangtab. 8		vgl. Anhangtab. 9
N-Düngung [kg/ha]	190	200	232
Sorten Qualitätsgruppen Saattermin Saastärke [Kö/m ²] Ernte	Ritmo, Batis B (Ritmo), A (Batis) 14.10.99 400 18.08.00	Ritmo, Certo B (Ritmo), C (Certo) 16.10.00 320 25.07.01	Ritmo, Biscay B (Ritmo), C (Biscay) 04.10.00 300 14.08.01

Anhangtab. 5: Schlagdaten 1998-2001 (Fortsetzung 4)

Versuchsjahr	2001	2001	2001
Standort	Goldenstedt	Hespe	Ohrensen
Landkreis	Vechta	Schaumburg	Stade
Versuchsansteller	Landw. Versuchswesen, A. Homann	LK Hannover, Bzst. Nienburg	LK Hannover, Bzst. Bremervörde
Bodentyp	Parabraunerde	Parabraunerde	Pseudogley
Bodenart	lehmiger Sand	sandiger Lehm	humoser Sand
Ackerzahl	48	80-83	32
Fruchtfolge	WW-WW-KA	WW-WW-ZR(WRa)	WW-WR-WRa
Vorfrucht	WW	WW (Ritmo), WRa (Drifter)	WRa
Vorvorfrucht	KA	ZR (Ritmo), WW (Drifter)	WR
Bodenbearbeitung	Grubber (2x) Pflug	Grubber Kreiselegge	Scheibenegge Pflug
Herbizide [l bzw. kg/ha]	0,4 Herold 1,0 IPU 0,6 Starane	0,2 Herold (Ritmo) 0,75 Dicuran (Ritmo) 1,25 IPU (Ritmo) 0,01 Pointer (Ritmo) 0,3 Starane (Ritmo) 0,6 Herold (Drifter)	0,2 Herold 1,0 IPU
Insektizide [l bzw. kg/ha]	keine	0,1 Fastac	0,12 Karate
Wachstumsregler [l/ha]	0,3 Moddus	1,5 CCC (Ritmo) 1,0 CCC (Drifter) 0,3 Moddus	0,05 Pirimor 0,6 CCC 0,15 Moddus
Fungizide	vgl. Anhangtab. 9		
N-Düngung [kg/ha]	180	155 (Ritmo), 176 (Drifter)	205
Sorte(n)	Ritmo	Ritmo, Drifter	Ritmo, Biscay
Qualitätsgruppe(n)	B	B	B (Ritmo), C (Biscay)
Saattermin(e)	20.10.00	20.09.00	14.10.00 (Ritmo), 30.09.00 (Biscay)
Saatstärke(n) [Kö/m ²]	330	230 (Ritmo), 220 (Drifter)	260 (Ritmo), 240 (Biscay)
Ernte	13.08.01	02.08.01	17.08.01

Versuchsjahr	2001	2001	2001
Standort	Schickelsheim	Sehnde	Springe
Landkreis	Helmstedt	Hannover	Hannover
Versuchsansteller	LK Hannover, Bzst. Braunschweig	LK Hannover, Ref. P/7	LK Hannover, Ref. P/1
Bodentyp	Parabraunerde	Schwarzerde	Parabraunerde
Bodenart	sandiger Lehm	Lehm	sandiger Lehm
Ackerzahl	80	90	77-81
Fruchtfolge	WW-WW-ZR	WW-WW-ZR	WW-WW(ZR)-KA
Vorfrucht	ZR	WW	WW
Vorvorfrucht	WW	ZR	KA (Ritmo), WW (Bandit)
Bodenbearbeitung	Pflug Kreiselegge	Grubber Pflug Kreiselegge	Grubber (2x) Pflug Kreiselegge
Herbizide [l bzw. kg/ha]	0,025 Monitor 1,5 Bifenal 1,0 U 46 M	0,4 Herold 0,3 Starane	1,0 Baccara
Insektizide [l bzw. kg/ha]	0,3 Bulldock 0,2 Karate	0,2 E 605 forte 0,15 Karate SC	0,15 Sumicidin 0,15 E 605 forte
Wachstumsregler [l/ha]	1,2 CCC	0,4 CCC 0,1 Moddus	0,1 Pirimor 1,5 CCC 0,15 Moddus
Fungizide	vgl. Anhangtab. 9		
N-Düngung [kg/ha]	180	200	249
Sorten	Ritmo, Bandit	Ritmo, Bandit	Ritmo, Bandit
Qualitätsgruppe	B	B	B
Saattermin(e)	18.10.00	07.10.00	22.09.00 (Ritmo), 28.09.00 (Bandit)
Saatstärke [Kö/m ²]	350	440	300
Ernte	17.08.01	21.08.01	22.08.01

Anhangtab. 6: Fungizidapplikationen in den IPS-Varianten im Jahr 1998
(SüP: schwellenüberschreitende(s) Pathogen(e))

Standort	Sorte	SüP	PSM [l/ha]	Datum	EC
		1. Applikation			
Ditterke	Contur	EG	0,5 Juwel	4.5.	33
Klein Gaddau	Ritmo	EG, ST	0,5 Juwel	7.5.	32
Lauenhagen	Ritmo	EG	0,7 Juwel	4.5.	32
Lemmie	Ritmo	ST	0,5 Juwel	7.5.	33
Nenndorf	Ritmo	EG	0,6 Juwel	7.5.	32
Ohrensen	Rialto	SN	0,5 Juwel	15.5.	37
2. Applikation					
Ditterke	Contur	ST	0,8 Amistar + 0,5 Pronto	4.6.	55
Klein Gaddau	Ritmo	EG	1,0 Juwel	4.6.	51
Lauenhagen	Ritmo	ST	0,8 Amistar + 0,5 Pronto	4.6.	51
Lemmie	Ritmo	ST	0,8 Amistar + 0,5 Pronto	4.6.	55
Nenndorf	Ritmo	ST	1,0 Juwel	4.6.	51
Ohrensen	Rialto	SN	0,8 Amistar + 0,5 Pronto	9.6.	61

Anhangtab. 7: Fungizidapplikationen in den IPS-Varianten im Jahr 1999
(SüP: schwellenüberschreitende(s) Pathogen(e))

Standort	Sorte	SüP	PSM [l/ha]	Datum	EC
			1. Applikation		
Agathenburg	Ritmo	ST	0,5 Juwel Top	14.5.	33
Borbeck	Ritmo	ST	0,5 Juwel Top	30.4.	32
	Batis	ST	0,5 Juwel Top	14.5.	34
Eboldshausen	Ritmo	ST	0,75 Pronto Plus + 0,15 Fortress	20.5.	37
	Toronto	ST	0,75 Pronto Plus + 0,15 Fortress	20.5.	37
Huntlosen	Ritmo	EG	0,75 Opus Top + 0,15 Fortress	5.5.	32
	Batis	EG	0,75 Pronto Plus + 0,15 Fortress	28.5.	49
Lauenhagen	Ritmo	ST	0,5 Juwel Top	19.5.	33/34
	Asketis	DTR	0,5 Juwel Top	17.5.	33/37
Nenndorf	Ritmo	ST	0,5 Juwel Top	18.5.	33
	Pegassos	ST	0,5 Juwel Top	18.5.	37
Schickelsheim	Ritmo	ST, DTR	0,5 Juwel Top	20.5.	34
	Bandit	ST, DTR	0,5 Juwel Top	20.5.	34
2. Applikation					
Agathenburg	Ritmo	ST	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus	9.6.	59
Borbeck	Ritmo	ST	0,8 Amistar + 0,75 Opus Top	4.6.	55
	Batis	ST	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus	4.6.	55
Eboldshausen	Ritmo	-	0,3 Amistar	17.6.	69
	Toronto	-	0,3 Amistar	17.6.	69
Huntlosen	Ritmo	ST	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus	10.6.	59
Lauenhagen	Ritmo	-	0,4 Amistar + 0,4 Opus Top	16.6.	61
	Asketis	ST	0,4 Amistar + 0,4 Opus Top	10.6.	65
Nenndorf	Ritmo	ST	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus	15.6.	61
	Pegassos	ST	0,4 Amistar + 0,4 Opus Top	15.6.	69
Schickelsheim	Bandit	-	0,3 Amistar	17.6.	65

Anhangtab. 8: Fungizidapplikationen in den IPS-Varianten im Jahr 2000
(SüP: schwellenüberschreitende(s) Pathogen(e))

Standort	Sorte	SüP	PSM [l/ha]	Datum	EC
			1. Applikation		
Borbeck	Ritmo	ST	0,75 Opus Top	28.4.	32
	Batis	ST	0,75 Opus Top	28.4.	32/33
Eboldshausen	Ritmo	EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	28.4.	32/33
	Toronto	EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	28.4.	32/33
Lauenhagen	Ritmo	ST	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	28.4.	32/33
	Asketis	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	4.5.	32
Ohrensen	Ritmo	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	27.4.	32
	Hybnos 1	ST	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	27.4.	32
Raven	Ritmo	EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	5.5.	33
	Drifter	EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	15.5.	39/43
Schickelsheim	Ritmo	ST	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	4.5.	32
	Bandit	ST	0,75 Opus Top	4.5.	32
Sehnde	Ritmo	ST	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	2.5.	32
	Bandit	ST	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	2.5.	32
Springe	Ritmo	ST	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	4.5.	32/33
	Bandit	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	4.5.	33
Steinkimmen	Ritmo	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	28.4.	32
	Batis	ST	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	28.4.	32/33
2. Applikation					
Borbeck	Ritmo	ST, EG	0,6 Amistar + 0,75 Pronto Plus	26.5.	55/59
	Batis	ST, EG	0,6 Amistar + 0,75 Pronto Plus	26.5.	59/61
Eboldshausen	Ritmo	ST	0,8 Amistar + 0,4 Gladio	26.5.	51
	Toronto	ST	0,8 Amistar + 0,4 Gladio	26.5.	51/55
Lauenhagen	Ritmo	ST	0,4 Amistar + 0,75 Pronto Plus	31.5.	65
	Asketis	ST	0,6 Amistar + 0,4 Gladio	31.5.	51
Ohrensen	Ritmo	ST, EG	0,6 Amistar + 0,75 Pronto Plus	26.5.	55
	Hybnos 1	ST	0,6 Amistar + 0,75 Pronto Plus	26.5.	55
Raven	Ritmo	ST, EG	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus	30.5.	55/59
	Drifter	ST	0,6 Amistar + 0,75 Pronto Plus	2.6.	61
Schickelsheim	Ritmo	ST	0,6 Amistar + 0,4 Gladio	31.5.	51
	Bandit	ST	0,6 Amistar + 0,4 Gladio	31.5.	55
Sehnde	Ritmo	ST	0,6 Amistar + 0,4 Gladio	2.6.	61/65
	Bandit	ST	0,4 Amistar + 0,4 Gladio	2.6.	65/69
Springe	Ritmo	-	0,4 Amistar	31.5.	61
	Bandit	-	0,4 Amistar	31.5.	61
Steinkimmen	Ritmo	ST, EG	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus	26.5.	51/55
	Batis	ST	0,6 Amistar + 0,75 Pronto Plus	26.5.	59/61

Anhangtab. 9: Fungizidapplikationen in den IPS-Varianten im Jahr 2001
(SüP: schwellenüberschreitende(s) Pathogen(e))

Standort	Sorte	SüP	PSM [l/ha]	Datum	EC
Bergen	Ritmo	EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	17.5.	32/33
	Certo	EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	10.5.	32
Eboldshausen	Ritmo	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	4.5.	32
	Biscay	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	4.5.	32
Goldenstedt	Ritmo	EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	16.5.	33
Hespe	Ritmo	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	2.5.	32
	Drifter	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	2.5.	32
Ohrensen	Ritmo	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	9.5.	32
	Biscay	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	9.5.	33
Schickelsheim	Ritmo	PS	0,8 Amistar + 0,4 Gladio	30.5.	45
	Bandit	ST	0,6 Amistar + 0,4 Gladio	9.6.	59
Sehnde	Ritmo	ST, EG	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	8.5.	32
	Bandit	ST	0,5 Juwel Top	23.5.	39
Springe	Ritmo	ST	0,5 Juwel Top	10.5.	33
	Bandit	ST	0,5 Juwel Top	3.5.	32
2. Applikation					
Bergen	Ritmo	ST	0,8 Amistar + 0,4 Gladio	11.6.	55
	Certo	ST	0,6 Amistar + 0,4 Gladio	11.6.	55/59
Eboldshausen	Ritmo	ST	0,6 Amistar + 0,4 Gladio	6.6.	55
	Biscay	ST	0,6 Amistar + 0,4 Gladio	6.6.	55
Goldenstedt	Ritmo	ST	0,6 Amistar + 0,4 Gladio	8.6.	51/55
Hespe	Ritmo	ST	0,5 Juwel Top + 0,125 Fortress	23.5.	39
	Drifter	ST	0,5 Juwel Top	23.5.	39
Ohrensen	Ritmo	ST	0,8 Amistar + 0,75 Pronto Plus	1.6.	43
	Biscay	ST	0,8 Amistar + 0,4 Gladio	1.6.	51
Sehnde	Ritmo	ST	0,6 Amistar + 0,5 Opus Top	11.6.	59
	Bandit	-	0,4 Amistar	14.6.	61
Springe	Ritmo	ST	0,6 Amistar + 0,5 Opus Top	8.6.	55/59
	Bandit	ST	0,5 Juwel Top	23.5.	39
3. Applikation					
Hespe	Ritmo	-	0,4 Amistar	14.6.	65
Springe	Drifter	-	0,4 Amistar	14.6.	65
	Bandit	-	0,4 Amistar	14.6.	65

Anhangtab. 10: Erträge (dt/ha) in den Kontroll-, IPS- und Gesund-Varianten, Signifikanzgruppen (SG*) und Grenzdifferenzen (GD**) (Sorte Ritmo, 1998-2001)

(Anmerkung: Ein Versuch des Jahres 1998 wurde aufgrund vermuteter Fehler bei der Beerntung nicht ausgewertet.)

Jahr	Standort	Kontrolle		IPS		Gesund		GD (5 %) [dt/ha]
		[dt/ha]	SG	[dt/ha]	SG	[dt/ha]	SG	
1998	Klein Gaddau	47,56	a	76,84	b	83,82	c	4,82
	Lauenhagen	54,89	a	87,36	b	92,27	b	10,03
	Nenndorf	65,74	a	87,27	b	90,39	b	5,88
1999	Agathenburg	83,98	a	94,30	b	97,95	b	4,45
	Borbeck	101,45	a	118,65	b	123,07	c	2,76
	Eboldshausen	83,68	a	99,19	b	109,44	c	6,29
	Huntlosen	97,08	a	109,59	b	114,30	b	8,75
	Lauenhagen	96,14	a	118,07	b	119,75	b	3,84
	Nenndorf	81,15	a	99,86	b	100,64	b	4,44
	Schickelsheim	83,34	a	94,07	b	106,00	c	3,60
2000	Borbeck	66,86	a	80,17	b	80,55	b	7,35
	Eboldshausen	84,26	a	95,78	b	94,11	b	7,96
	Lauenhagen	83,98	a	109,65	b	109,09	b	3,54
	Ohrensen	82,00	a	91,51	b	93,55	b	7,98
	Raven	77,33	a	92,25	b	92,98	b	5,84
	Schickelsheim	106,01	a	114,54	b	117,05	b	4,08
	Sehnde	76,65	a	109,88	b	110,23	b	4,31
	Springe	89,71	a	113,23	b	121,15	c	3,07
	Steinkimmen	86,76	a	119,62	b	123,10	c	2,67
	2001	Bergen	53,50	a	77,20	b	80,89	b
Eboldshausen		48,30	a	82,40	b	88,90	b	7,09
Goldenstedt		88,92	a	102,76	b	103,85	b	2,53
Hespe		101,05	a	124,50	b	124,40	b	8,41
Ohrensen		66,10	a	88,80	b	98,50	c	4,77
Schickelsheim		86,84	a	105,21	b	110,42	c	3,75
Sehnde		94,27	a	122,44	b	126,93	b	23,00
Springe		89,77	a	102,33	b	106,35	c	3,60

* Gruppen mit gleichen Buchstaben (a, b, c) innerhalb eines Versuchs unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

** berechnet mittels des Duncan-Tests (vgl. WEBER 1972: 256ff)

Anhangtab. 11: Erträge (dt/ha) in den Kontroll-, IPS- und Gesund-Varianten, Signifikanzgruppen (SG*) und Grenzdifferenzen (GD**) (Vergleichssorten, 1998-2001)

Jahr	Standort	Sorte	Kontrolle		IPS		Gesund		GD (5 %) [dt/ha]
			[dt/ha]	SG	[dt/ha]	SG	[dt/ha]	SG	
1998	Ditterke	Contur	56,60	a	69,56	b	78,01	b	9,49
	Ohrensen	Rialto	48,52	a	79,67	b	85,78	c	3,80
1999	Borbeck	Batis	94,90	a	103,11	b	110,35	c	3,01
	Eboldshausen	Toronto	86,52	a	93,76	b	101,46	c	6,84
	Huntlosen	Batis	74,93	a	75,19	a	80,62	b	3,62
	Lauenhagen	Asketis	100,64	a	108,92	b	109,85	b	1,39
2000	Nenndorf	Pegassos	75,88	a	83,85	b	86,93	b	7,90
	Schickelsheim	Bandit	85,13	a	97,45	b	99,03	b	4,02
	Borbeck	Batis	65,86	a	70,55	a	74,17	b	5,30
	Eboldshausen	Toronto	66,56	a	73,26	b	71,91	b	5,12
	Lauenhagen	Asketis	77,66	a	89,18	b	90,74	b	2,66
	Ohrensen	Hybnos 1	88,46	a	92,50	a	100,55	b	4,75
	Raven	Drifter	75,38	a	82,98	b	88,53	c	5,28
	Schickelsheim	Bandit	109,67	a	115,64	b	117,31	b	3,27
	Sehnde	Bandit	88,04	a	104,21	b	108,04	b	6,44
	Springe	Bandit	95,30	a	110,68	b	115,12	b	4,78
2001	Steinkimmen	Batis	91,46	a	104,62	b	103,24	b	6,33
	Bergen	Certo	61,96	a	81,02	b	82,49	b	4,27
	Eboldshausen	Biscay	70,20	a	82,50	b	88,80	b	6,61
	Hespe	Drifter	78,20	a	114,20	b	114,90	b	5,72
	Ohrensen	Biscay	87,10	a	105,50	b	112,90	c	4,29
	Schickelsheim	Bandit	106,20	a	112,64	b	114,38	b	3,03
	Sehnde	Bandit	54,87	a	77,48	b	84,02	b	10,63
	Springe	Bandit	80,00	a	118,13	b	125,28	c	6,36

* Gruppen mit gleichen Buchstaben (a, b, c) innerhalb eines Versuchs unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

** berechnet mittels des Duncan-Tests (vgl. WEBER 1972: 256ff)

Anhangtab. 12: *P. striiformis*: Befallsstärke-Verteilung auf der Pflanze nach Regionen
(Anzahl und Prozent der Boniturtermine, 1993-2001)

Pflanzen- teil	Gebiet	Befallsklasse [BSB]										Bonitur- termine mit Befall [Anzahl]
		>0,0-0,5		>0,5-1,0		>1,0-2,0		>2,0-5,0		>5,0		
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
F	NS	70	72,9	11	11,5	8	8,3	5	5,2	2	2,1	96
	SH	158	64,8	27	11,1	23	9,4	22	9,0	14	5,7	244
	BWM	69	58,5	12	10,2	8	6,8	13	11,0	16	13,5	118
	gesamt	297	64,9	50	10,9	39	8,5	40	8,7	32	7,0	458
F-1	NS	71	69,6	14	13,7	13	12,8	4	3,9	0	0,0	102
	SH	185	72,2	24	9,4	20	7,8	13	5,1	14	5,5	256
	BWM	59	53,2	22	19,8	8	7,2	9	8,1	13	11,7	111
	gesamt	315	67,2	60	12,8	41	8,7	26	5,5	27	5,8	469
F-2	NS	74	79,6	12	12,9	5	5,4	2	2,1	0	0,0	93
	SH	137	73,7	15	8,1	14	7,5	11	5,9	9	4,8	186
	BWM	46	60,5	19	25,0	3	4,0	5	6,5	3	4,0	76
	gesamt	257	72,4	46	13,0	22	6,2	18	5,0	12	3,4	355
F-3	NS	50	87,7	6	10,5	1	1,8	0	0,0	0	0,0	57
	SH	70	72,9	13	13,6	5	5,2	7	7,3	1	1,0	96
	BWM	21	61,7	4	11,8	7	20,6	2	5,9	0	0,0	34
	gesamt	141	75,4	23	12,3	13	7,0	9	4,8	1	0,5	187
F-4	NS	16	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	16
	SH	30	88,2	2	5,9	2	5,9	0	0,0	0	0,0	34
	BWM	11	84,6	2	15,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	13
	gesamt	57	90,5	4	6,3	2	3,2	0	0,0	0	0,0	63
F-5	NS	7	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	7
	SH	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1
	BWM	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	gesamt	8	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8
Gesamt- pflanze	NS	140	80,0	20	11,4	8	4,6	5	2,9	2	1,1	175
	SH	280	73,7	38	10,0	16	4,2	24	6,3	22	5,8	380
	BWM	116	65,2	20	11,2	16	9,0	10	5,6	16	9,0	178
	gesamt	536	73,1	78	10,6	40	5,5	39	5,3	40	5,5	733

Anhangtab. 13: *P. striiformis*: Funktionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Korrelationskoeffizienten zur Beziehung zwischen Befallshäufigkeit und Befallsstärke (182 Versuche mit Befall, 1993-2001)
 (je Pflanzenteil: erste Zeile Daten für die Exponentialfunktion, zweite Zeile Daten für die logistische Funktion mit linearer Anpassung, dritte Zeile Daten für die logistische Funktion mit Polynom Anpassung 2. Ordnung)

Pflanzenteil	Funktionsgleichung: y =	Bestimmtheitsmaß	Korrelationskoeffizient	Boniturtermine mit Befall [Anzahl]
F	$0,103e^{0,040x}$	0,7807	0,88	458
	$0,589x - 5,004$	0,7650	0,87	
	$-0,029x^2 + 0,608x - 4,813$	0,7761	0,88	
F-1	$0,104e^{0,039x}$	0,7682	0,88	469
	$0,573x - 5,053$	0,7434	0,86	
	$-0,028x^2 + 0,586x - 4,890$	0,7545	0,87	
F-2	$0,102e^{0,039x}$	0,8045	0,90	355
	$0,574x - 5,064$	0,8023	0,90	
	$-0,008x^2 + 0,573x - 5,023$	0,8034	0,90	
F-3	$0,104e^{0,036x}$	0,7368	0,86	187
	$0,555x - 5,119$	0,7114	0,84	
	$-0,018x^2 + 0,530x - 5,069$	0,7152	0,85	
F-4	$0,090e^{0,050x}$	0,5853	0,77	63
	$0,506x - 5,242$	0,5432	0,74	
	$0,083x^2 + 0,795x - 5,112$	0,5740	0,76	
Gesamtpflanze	$0,079e^{0,034x}$	0,7208	0,85	733
	$0,502x - 5,542$	0,7108	0,84	
	$0,017x^2 + 0,487x - 5,647$	0,7154	0,85	

Anhangtab. 14: *P. recondita*: Befallsstärke-Verteilung auf der Pflanze nach Regionen
(Anzahl und Prozent der Boniturtermine, 1993-2001)

Pflanzen- teil	Gebiet	Befallsklasse [BSB]										Bonitur- termine mit Befall [Anzahl]
		>0,0-0,5		>0,5-1,0		>1,0-2,0		>2,0-5,0		>5,0		
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
F	NS	43	48,9	15	17,0	12	13,6	10	11,4	8	9,1	88
	SH	166	65,6	49	19,4	20	7,9	8	3,2	10	3,9	253
	BWM	60	37,3	23	14,3	24	14,9	25	15,5	29	18,0	161
	gesamt	269	53,6	87	17,3	56	11,1	43	8,6	47	9,4	502
F-1	NS	29	42,6	17	25,0	11	16,2	7	10,3	4	5,9	68
	SH	166	68,3	45	18,5	17	7,0	12	5,0	3	1,2	243
	BWM	59	38,8	26	17,1	24	15,8	22	14,5	21	13,8	152
	gesamt	254	54,9	88	19,0	52	11,2	41	8,9	28	6,0	463
F-2	NS	29	67,4	8	18,6	3	7,0	3	7,0	0	0,0	43
	SH	101	77,7	16	12,3	9	6,9	4	3,1	0	0,0	130
	BWM	42	49,4	14	16,5	11	12,9	8	9,4	10	11,8	85
	gesamt	172	66,7	38	14,7	23	8,9	15	5,8	10	3,9	258
F-3	NS	15	88,2	2	11,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	17
	SH	23	79,3	3	10,3	1	3,5	2	6,9	0	0,0	29
	BWM	16	69,6	3	13,0	1	4,4	3	13,0	0	0,0	23
	gesamt	54	78,3	8	11,6	2	2,9	5	7,2	0	0,0	69
F-4	NS	3	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3
	SH	2	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2
	BWM	8	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8
	gesamt	13	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	13
Gesamt- pflanze	NS	60	53,1	19	16,8	12	10,6	12	10,6	10	8,9	113
	SH	251	70,9	58	16,4	24	6,8	12	3,4	9	2,5	354
	BWM	97	42,7	28	12,3	30	13,2	33	14,6	39	17,2	227
	gesamt	408	58,8	105	15,1	66	9,5	57	8,2	58	8,4	694

Anhangtab. 15: *P. recondita*: Funktionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Korrelationskoeffizienten zur Beziehung zwischen Befallshäufigkeit und Befallsstärke (218 Versuche mit Befall, 1993-2001)
 (je Pflanzenteil: erste Zeile Daten für die Exponentialfunktion, zweite Zeile Daten für die logistische Funktion mit linearer Anpassung, dritte Zeile Daten für die logistische Funktion mit Polynom-Anpassung 2. Ordnung)

Pflanzenteil	Funktionsgleichung: y =	Bestimmtheitsmaß	Korrelationskoeffizient	Boniturtermine mit Befall [Anzahl]
F	$0,101e^{0,037x}$	0,7859	0,89	502
	$0,549x - 5,152$	0,7844	0,89	
	$-0,014x^2 + 0,567x - 5,070$	0,7871	0,89	
F-1	$0,104e^{0,036x}$	0,7842	0,89	463
	$0,533x - 5,174$	0,7686	0,88	
	$-0,028x^2 + 0,560x - 5,017$	0,7810	0,88	
F-2	$0,103e^{0,036x}$	0,7762	0,88	258
	$0,529x - 5,181$	0,7401	0,86	
	$-0,032x^2 + 0,535x - 5,013$	0,7576	0,87	
F-3	$0,100e^{0,037x}$	0,7982	0,89	69
	$0,550x - 5,167$	0,7859	0,89	
	$-0,026x^2 + 0,534x - 5,053$	0,7967	0,89	
Gesamtpflanze	$0,075e^{0,036x}$	0,7504	0,87	694
	$0,515x - 5,541$	0,7493	0,87	
	$0,004x^2 + 0,508x - 5,567$	0,7496	0,87	

Danksagung

Herrn Prof. Dr. J.-A. Verreet danke ich für die Überlassung des Themas, sein kontinuierliches Interesse am Fortgang der Arbeit sowie die Erlaubnis, das im Institut vorhandene Datenmaterial aus weiteren Monitoring-Projekten mit in die Auswertung einbeziehen zu können.

Prof. Dr. H. Kage danke ich für die Übernahme des Korreferats.

Der Deutschen Bundesstiftung Umwelt danke ich für die im Rahmen des Projekts 12275 gewährte Finanzierung.

Den Mitarbeitern der Landwirtschaftskammern Hannover (besonders Frau A. Grams sowie den Herren H. Bödecker, W. Denecke, M. Dunker, R. Hachmeister, W. Hoppe, S. Kampen, H. Koppe, M. Manning, P. Steingröver, F. Windheim) und Weser-Ems (besonders den Herren J. Boning, M. Sander) sowie Frau A. Homann (Landwirtschaftliches Versuchswesen Lohne) danke ich für die kollegiale Zusammenarbeit während der 4jährigen Versuchsperiode.

Herrn Dr. H. Klink danke ich für seine ständige Diskussionsbereitschaft und die Hilfestellung bei der computergerechten Aufarbeitung des Datenmaterials.

Den wissenschaftlichen Hilfskräften danke ich für die sorgfältige Ausführung der Probenaufarbeitung sowie das nette Arbeitsklima während der Boniturzeiten.

Für die kritische Durchsicht des Manuskripts und konstruktive Verbesserungsvorschläge danke ich den Herren Prof. Dr. P. Arntz sowie Dr. U. Damm, der außerdem durch seine Unterstützung in statistischen Fragen wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat.

Curriculum vitae

Persönliche Daten:

Name, Vorname	Finger, Imme
Geburtsdatum, -ort	25.07.56, Kiel
Wohnort	Dorfstr. 23, 24358 Bistensee
Staatsangehörigkeit	deutsch

Schulischer und beruflicher Werdegang:

1963-1966	Goetheschule, Kiel
1966-1973	Ricarda-Huch-Schule, Kiel
Sept. 1973-Aug. 1975	Ausbildung zur Landwirtschaftlich-Technischen Assistentin an der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel; Abschlußprüfung am 26.08.1975
Sept. 1975-Okt. 1979	Technische Assistentin am Institut für Meereskunde der Christian-Albrechts-Universität, Kiel
Okt. 1979-Dez. 1983	Technische Assistentin in einem Entwicklungshilfeprojekt der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Eschborn; Einsatz am Instituto del Mar del Perú, Callao/Peru
Aug. 1984-Juni 1986	Städtisches Abendgymnasium, Kiel; Abitur am 18.06.1986
WS 1985/86-WS 1988/89	Studium der Landwirtschaft an der Fachhochschule Kiel; Diplomprüfung am 13.10.1988
WS 1988/89-SS 1990	Studium der Landwirtschaft an der Christian-Albrechts-Universität, Kiel
Sept. 1988-Febr. 1989	Sachbearbeiterin beim Amt für Land- und Wasserwirtschaft, Kiel
März 1989-März 1991	Sachbearbeiterin bei der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Kiel
April 1991-April 1992	Agrarberaterin des Landesverbands der Landeskulturverbände, Kiel
SS 1992-WS 1996/97	Studium der Geologie-Paläontologie an der Universität Hamburg; Diplomprüfung am 27.09.1996
Jan. 1997-Dez. 1998	Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Paläontologie der FU Berlin
April 1999-März 2002	Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Phytopathologie der Christian-Albrechts-Universität, Kiel