

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz Kleinmachnow<sup>1)</sup>

# Untersuchungen zu Befall-Schaden-Relationen und Schwellenwerten für Mehltau (*Erysiphe graminis* DC) und Braunrost (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm.) an Winterroggen

Von E. Kluge

## Zusammenfassung

Parzellenversuche von verschiedenen Standorten wurden zur Ableitung von Befall-Schaden-Funktionen und Schwellenwerten genutzt. Die Schadensschwelle für Mehltau ergab sich bei 6% Deckungsgrad (3. Blatt) im Stadium der Blüte, für Braunrost bei 9% Deckungsgrad. Die optimalen Bekämpfungszeiträume und Bekämpfungsschwellenwerte lagen für Mehltau bis zum Stadium EC 37 bei 2% Deckungsgrad und für Braunrost bis zum Stadium EC 49 bei 0,5% Deckungsgrad. Bei einer kombinierten Bekämpfung beider Schaderreger mit breitenwirksamen Fungiziden wird der Bekämpfungszeitraum EC 39–49 empfohlen.

## Einleitung

Während über die Auswirkungen von Mehltaubefall auf Weizen und Gerste zahlreiche Untersuchungen vorliegen, ist bei Roggen nur sehr wenig bekannt. FRAUENSTEIN (1977) empfahl die 1. Maidekade als Bekämpfungstermin, konnte aber keinen Schwellenwert angeben. BIELKA u. a. (1982) konnten in Bekämpfungsversuchen Mehrerträge von 15% erzielen. Die einzige Untersuchung zur Befall-Schaden-Relation führte ENGEL (1979) durch. Er ermittelte auf der Basis von Gefäßversuchen eine Beziehung zwischen Boniturwert und Ertragsverlust. Aus seiner Funktion ergibt sich z. B. ein Ertragsverlust von 6% bei 3% Deckungsgrad bezogen auf das drittoberste Blatt im Stadium EC 45.

Ebenso gering sind die Kenntnisse zu Roggenbraunrost. FRAUENSTEIN (1985) stellte nach einem Versuch fest, daß nur früher Befall, der 10% Deckungsgrad erreicht, zu Ertragseinbußen führt. Trotz der Einführung eines vorläufigen Bekämpfungsschwellenwertes von 1,0 . . . 2,5% Deckungsgrad im Stadium EC 37–61 auf dem Gebiet der neuen Bundesländer war jedoch keinesfalls klar, ob und zu welchem Zeitpunkt eine Bekämpfungsnotwendigkeit besteht. HEIDEL (1990) stellte an Hand von Praxisversuchen fest, daß eine gezielte Braunrostbekämpfung erhebliche Mehrerträge erbringen kann.

Zur Klärung der offenen Fragen wurden in den Jahren 1989 bis 1991 im ehemaligen Institut für Angewandte Schaderreger- und Agroökosystemmodellierung Eberswalde Versuche durchgeführt. Bei den ursprünglich nur auf Mehltau ausgerichteten Versuchsanstellungen zeigte sich in den sehr starken Braunrostbefallsjahren 1989 und 1990, daß eine getrennte Bearbeitung von Mehltau und Braunrost kaum möglich war.

## Methodik

Die Versuche wurden sowohl auf dem Versuchsfeld des Institutes in Hohenfinow als auch durch Kooperationspartner aus verschiedenen Pflanzenschutzdienststellen durchgeführt. Zusätzlich war es uns möglich, Sekundärauswertungen von Mittelprüfversuchen der ehemaligen ZAF (Zentralstelle für Anwendungsforschung) Cunnersdorf bei Leipzig vorzunehmen. Die Methodik war darauf ausgerichtet, durch unterschiedliche Behandlungen und Behandlungstermine unterschiedliche Befallsstärken hervorzurufen.

Versuche in der Versuchsstation Hohenfinow 1989–1991

### Versuchsanlage:

Blockanlage mit 8 Wiederholungen,  
Parzellengröße 15 m<sup>2</sup>

### Sorten:

Muro, Pluto

### Prüfglieder:

1. unbehandelt
2. 3–5malige Behandlung gegen Mehltau
3. frühe Behandlung gegen Mehltau (EC 31–37)
4. späte Behandlung gegen Mehltau (EC 47–53)
5. Behandlung gegen Mehltau und Braunrost (EC 39–47)

### Fungizide:

Prüfglieder 2–4: Falimorph (Wirkstoff Aldimorph)

Prüfglied 5: Tilt 250 EC oder Bayleton

1991 Behandlung aller Prüfglieder mit Tilt

### Bonituren:

Wöchentliche Erfassung des Deckungsgrades (%) auf allen Blattetagen von 25 Pflanzen je Parzelle

### Ertragsparameter:

Parzellenertrag, TKM

Versuchsanlagen durch Pflanzenschutzdienststellen

Versuche wurden durchgeführt in Möckern/Sachsen (1989), Schwerin/Mecklenburg-Vorpommern (1989, 90) und Gerwisch/Sachsen-Anhalt (1990)

### Versuchsanlage:

Kontrollierter Anbauvergleich, d. h. Behandlung nebeneinanderliegender Streifen, Bonitur und Bewertung von Kleinparzellen (1 m<sup>2</sup>) aus den Streifen

### Sorten:

Muro, Pluto, Borellus

### Prüfglieder:

nach unseren Vorgaben, entspr. der Versuche in Hohenfinow (teilweise reduziert)

<sup>1)</sup> Die zusammenfassende Darstellung wurde im Rahmen einer Arbeitsbeschaffungsmaßnahme des Arbeitsamtes Eberswalde gefördert.

**Fungizide:**

Prüfglieder 2–4, Falimorph oder Bitosen N (Wirkstoff Carben-dazim)

Prüfglied 5: Tilt oder Bayleton oder Impact

**Bonituren:**

Erfassung des Deckungsgrades (%) auf dem drittobersten Blatt von 25 Pflanzen je Ernteparzelle zum Behandlungszeitpunkt und als Erfolgsbonitur

**Ertragsparameter:**

Parzellenertrag, TKM

**Versuchsanlagen durch ZAF Cunnersdorf**

Zu unserer Verfügung standen Versuche von den Standorten Trossin/Sachsen (1985, 1987, 1988, 1989), Torgau/Sachsen (1989) und Milmlersdorf/Brandenburg (1989). Es handelt sich um Blockanlagen mit 4facher Wiederholung. Behandlungen wurden nach eigenen Vorgaben durchgeführt. Ergebnisse der Bonituren und Ertragsermittlungen wurden uns zur Verfügung gestellt.

Die Auswertung der Versuche erfolgte mit mehrfacher Zielrichtung. Durch Varianzanalyse wurde ermittelt, ob die Behandlungsvarianten zu Ertragsdifferenzierungen geführt haben. Die umfangreichen Bonituren erlaubten Rückschlüsse auf die Ursache von Ertragsunterschieden. Mittels linearer Regressionsrechnungen zwischen Befallsstärken zu verschiedenen Zeitpunkten und dem Ertrag der einzelnen Parzellen wurde versucht, Beziehungen zwischen Befall und Ertrag auszuweisen. Aus den Funktionen wurden Bekämpfungsschwellenwerte abgeleitet, die folgendermaßen definiert sind:

Die Schadensschwelle ist der Befallsgrad in einem bestimmten Entwicklungsstadium, der zu 5 % Ertragsverlust führt. Die Bekämpfungsschwelle ist der Befallsgrad in einem bestimmten frühen Entwicklungsstadium, der bei normaler Weiterentwicklung des Befalls zum Erreichen der Schadensschwelle führt. Die Methodik der Ableitung der Werte und die Grenzen ihrer Anwendbarkeit sind bei LUTZE und KLUGE (1989) sowie KLUGE (1992) näher erläutert.

Ziel der Rechnungen war es, getrennte Schwellenwerte für Mehltau und Braunrost abzuleiten. Aus diesem Grunde wurde jede einzelne Befall-Schaden-Funktion mit Hilfe der Boniturnwerte daraufhin eingeschätzt, ob eine Beeinflussung durch andere Schaderreger oder durch unterschiedliche Bestandesdichten erfolgt sein konnte. In vielen Fällen war eine Trennung der Effekte unterschiedlicher Schadensursachen nicht möglich, so daß sich das verwertbare Datenmaterial reduzierte. Desgleichen mußte bei der Auswahl der Prüfglieder die Signifikanz der Ertragsunterschiede beachtet werden.

**Ergebnisse****Versuche Hohenfinow**

Die Ertragsergebnisse und die Befallsbonituren der Jahre 1989 und 1990 sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefaßt. Die Ertragsergebnisse der Behandlungen gegen Mehltau waren allgemein gering; lediglich die mehrfache Behandlung im Jahre 1989 ergab bei der Sorte Muro einen gesicherten Mehrertrag. Im Jahre 1990 war der Mehltaubefall so gering, daß kein Effekt einer Behandlung zu erwarten war. Demgegenüber wird in diesem Jahr eine deutliche positive Ertragswirkung durch die Rostbekämpfung ersichtlich. Im Jahre 1991 war der Befall durch Mehltau und Braunrost so gering, daß die Schadensschwelle nicht oder sehr spät erreicht wurden. Ertragseffekte von Behandlungen blieben aus, so daß auf die Darstellung der Ergebnisse dieses Jahres verzichtet wird.

In den folgenden Übersichten werden die Ergebnisse aller hinsichtlich Mehltau bzw. Braunrost aussagefähigen Prüfglieder aller Versuche zusammengefaßt. Zunächst wird auf die Ertragseffekte eingegangen, dann auf die Beziehungen zwischen Befallsstärke und Ertragsverlust.

**Versuchsauswertungen zu Mehltau**

Eine Zusammenfassung der Relativerträge aller hinsichtlich Mehltau auswertbaren Prüfglieder wird in Tabelle 3 gegeben.

Die Ergebnisse zeigen, daß deutliche Mehrerträge nur bei Befallsstärken von mindestens 2 % zum Behandlungszeitpunkt vorgekommen sind. Die Versuche mit Signifikanz der

Tab. 1. Ertragsergebnisse und Befallswerte des Versuchs 1989 Hohenfinow mit den Prüfgliedern 1 (unbehandelt), 2 (Mehrfachbehandlung gegen Mehltau), 3 (frühe Behandlung gegen Mehltau), 4 (späte Behandlung gegen Mehltau), 5 (Behandlung gegen Mehltau und Braunrost)

Prüfglied	Sorte Muro		Befall (% DG 3. Blatt)		Sorte Pluto		Befall (% DG 3. Blatt)	
	Ertrag dt/ha	(relativ)	Mehltau	Braunrost	Ertrag dt/ha	(relativ)	Mehltau	Braunrost
1	60,41	(100)	12	13	61,48	(100)	22	36
2	65,96	(109)	2	10	65,93	(107)	25	34
3	60,98	(101)	10	11	61,89	(101)	18	37
4	64,62	(107)	7	10	63,18	(103)	17	37
5	63,98	(106)	2	6	65,61	(107)	15	28
Signifikanz	2 > 1,3				n. s.			

Tab. 2. Ertragsergebnisse und Befallswerte des Versuchs 1990 Hohenfinow (Prüfglieder entspr. Versuch 1989, Tab. 1)

Prüfglied	Sorte Muro		Befall (% DG 3. Blatt)		Sorte Pluto		Befall (% DG 3. Blatt)	
	Ertrag dt/ha	(relativ)	Mehltau 21. 5. (65)	Braunrost 5. 6. (70)	Ertrag dt/ha	(relativ)	Mehltau 21. 5. (65)	Braunrost 5. 6. (70)
1	70,66	(100)	2	20	64,30	(100)	3	30
2	71,46	(101)	1	19	65,68	(102)	1	32
3	71,80	(102)	2	22	65,41	(102)	2	32
4	72,18	(102)	1	17	66,94	(104)	2	28
5	78,84	(112)	0,3	2	74,42	(116)	1	7
Signifikanz	5 > 1,2,3,4				4 > 1 5 > 1,2,3,4			

Tab. 3. Ertragsergebnisse von Versuchen mit Behandlungsvarianten gegen Mehltau (Relativierung der Behandlungsvariante in Vergleich zum unbehandelten Prüflied)

Versuchsort	Versuchs-jahr	Sorte	Behandlungstermin EC	Befall zum Behandl.-Termin % DG	Ertrag (relativ)
1	2	3	4	5	6
Hohenfinow	1990	Muro	37	0,9	101
Hohenfinow	1990	Muro	51	1,4	102
Hohenfinow	1990	Pluto	51	1,7	104
Hohenfinow	1989	Muro	32	1,8	101
Schwerin	1989	Pluto	32	2,0	108*
Hohenfinow	1990	Pluto	37	2,9	102
Hohenfinow	1989	Pluto	32	2,9	101
Torgau	1989	Pluto	47	3,0	108
Gerwisch	1990	Muro	37	3,5	111*
Hohenfinow	1989	Pluto	47	4,4	103
Hohenfinow	1989	Muro	45	6,0	107
Schwerin	1989	Pluto	47	7,0	94
Möckern	1989	Muro	32	7,0	124*
Möckern	1989	Muro	40	11,4	122

\* Mehrertrag gegenüber unbehandelter Kontrolle signifikant

Tab. 4. Ertragsverlustfunktionen und Schwellenwerte für Mehltau an Winterroggen

Ertragsverlustfunktionen	
EC 30-59	$y = 2,38 x$
EC 60-59	$y = 0,86 x$
y = Ertragsverlust in %      x = % Deckungsgrad 3. Blatt	
Funktionen gelten nur bis x = 10	

  

Schwellenwerte	Anzahl Funktionen	Befallswert (% DG 3. Blatt) (= Schwellenwert)	Streuung der Einzelwerte
EC 30-59	10	2,1	1,1 ... 3,6
EC 60-69	3	5,8	2,7 ... 9,8

Tab. 5. Ertragsergebnisse von Versuchen mit Behandlungsvarianten gegen Braunrost (Relativvertrag der Behandlungsvariante im Vergleich zum unbehandelten Prüflied)

Versuchsort	Versuchs-jahr	Sorte	Behandlungstermin EC	Befall zum Behandl.-Termin % DG	Ertrag (relativ)
Hohenfinow	1990	Muro	39	0,2	112*
Milmersdorf	1989	Pluto	70	0,5	108
Hohenfinow	1990	Pluto	39	0,7	116*
Schwerin	1989	Pluto	47	1,0	109
Schwerin	1990	Borellus	49	2,0	113*
Gerwisch	1990	Muro	45	6,0	110*
Schwerin	1990	Borellus	69	30,0	107

\* Mehrertrag gegenüber unbehandelter Kontrolle signifikant

Ertragsunterschiede liegen innerhalb des Zeitraumes EC 32-37 für die Behandlungen.

Die aus den Prüfliegern der verschiedenen Versuche abgeleiteten Befall-Schaden-Funktionen sind unter Mittelwertbildung in Tabelle 4 zusammengefaßt. Für die Berechnung standen 13 Funktionen mit Signifikanz zur Verfügung. Aus den Funktionen lassen sich Schwellenwerte ableiten, wie sie im Abschnitt Methodik definiert sind.

Die den Funktionen zugrundegelegten linearen Gleichungen können nur für relativ niedrige Befallswerte angewendet werden. Später steigt der Ertragsverlust nicht mehr in linearer Abhängigkeit von der Befallsstärke an. Diese Tatsache erfordert eine Begrenzung der Anwendbarkeit der Funktionen. Als zu nutzenden Bekämpfungsschwellenwert betrachten wir den

Tab. 6. Ertragsverlustfunktionen und Schwellenwerte für Braunrost an Winterroggen

Ertragsverlustfunktionen	
EC 47-49	$y = 12,50 x$
EC 59	$y = 1,56 x$
EC 65	$y = 1,06 x$
EC 69/70	$y = 0,56 x$
y = Ertragsverlust in %      x = % Deckungsgrad 3. Blatt	
Funktionen gelten nur bis x = 15	

  

Schwellenwerte	Anzahl Funktionen (davon signif.)	Befallswert (% DG 3. Blatt) (= Schwellenwert)	Streuung der Einzelwerte
EC 47-49	2 (0)	0,4	0,3 ... 0,5
EC 59	4 (3)	3,2	2,1 ... 5,3
EC 65	4 (4)	4,7	2,4 ... 6,2
EC 69/70	6 (5)	9,0	5,6 ... 11,9

aus den Funktionen des Zeitraumes EC 30-59 abgeleiteten Wert: 2,1% Deckungsgrad des drittobersten Blattes. Der Zeitraum ab EC 60 liegt außerhalb eines sinnvollen Bekämpfungszeitpunktes für Roggenmehltau. In dieser Zeitspanne, dem Stadium der Blüte, erreicht der Mehltau in der Regel seinen höchsten Befallswert. Dieser Wert stellt bei der von uns definierten Toleranzgrenze von 5% Ertragsverlust die Schadensschwelle dar: etwa 6% Deckungsgrad.

**Versuchsauswertungen zu Braunrost**

Eine Zusammenfassung der Relativerträge aller hinsichtlich Braunrost auswertbaren Prüflieder wird in Tabelle 5 gegeben.

Die Ergebnisse zeigen, daß eine Braunrostbekämpfung zu Mehrerträgen führt. Gesicherte Mehrerträge wurden nur bei Behandlung bis zum Termin EC 49 erzielt. Die aus den Prüfliegern der einzelnen Versuche errechneten Befall-Schaden-Funktionen und die daraus abgeleiteten Schwellenwerte finden sich in Tabelle 6.

Die Schwellenwerte in den Stadien EC 47 bis 65 sind als Bekämpfungsschwellen zu betrachten, während der Befallswert im Stadium Ende der Blüte (EC 69/70) als Schadensschwelle (9% Deckungsgrad) anzusehen ist.

**Diskussion**

Die Versuche haben gezeigt, daß eine Behandlung des Roggens gegen Mehltau und Braunrost unter bestimmten Bedingungen zur Ertragssicherheit beitragen kann.

Erste Voraussetzung ist das Vorliegen stärkeren Befalls, d. h. das Übertreffen der Bekämpfungs- und Schadensschwellen. In den Versuchsjahren war der Befall durch Braunrost wesentlich stärker als durch Mehltau, so daß die Ergebnisse hier deutlichere Werte ergeben. Die Schadensschwelle für Mehltau lag bei 6%, diejenige für Braunrost bei 9% Deckungsgrad. Diese Zahlen stehen in guter Übereinstimmung mit den von ENGEL (1979) für Mehltau und von FRAUENSTEIN (1985) für Braunrost erhaltenen Versuchsergebnissen. Um derartige Befallswerte zu vermeiden, werden Bekämpfungsschwellen benötigt, die zeitlich vorher liegen und logischerweise niedriger sein müssen. Der reale Verlauf der Epidemieentwicklung ab Erreichen der Bekämpfungsschwelle ist vom Witterungsverlauf abhängig und kann nicht mit Sicherheit prognostiziert werden. Der Befallsentwicklung bis zur Schadensschwelle wurde deshalb ein mittlerer (normaler) Verlauf von Witterung und Epidemie zugrunde gelegt. Das Erreichen der Schadensschwelle mit der hier festgelegten Toleranzschwelle von 5% Ertragsverlust sagt noch nichts aus über die

Wirtschaftlichkeit von entsprechend terminierten Maßnahmen. Genauere ökonomische Kalkulationen können unter Verwendung der Ertragsverlustfunktionen und mit Kenntnis der speziellen schlagspezifischen Parameter (Ertragserwartung, Ertragserlös, Behandlungskosten) vorgenommen werden.

Wie vor allem die Versuche am Standort Hohenfinow zeigen, sind in Jahren mit geringem Befall Behandlungsmaßnahmen nicht erforderlich. Nicht erwartungsgemäß sind jedoch die Ergebnisse Hohenfinow 1989 mit der Sorte Pluto (Tab. 1). Die Schadensschwelle für Mehltau wurde deutlich übertroffen, gesicherte Ertragsunterschiede waren auch bei den zeitlich günstigen Behandlungsterminen nicht nachweisbar. Die Befallsdaten machen jedoch deutlich, daß das verwendete Fungizid (Falimorph) kaum einen Effekt auf den Befall gehabt hat. Eine weitere Bedingung für die Effektivität einer Behandlungsmaßnahme ist ein für sie optimaler Zeitpunkt. Die Versuche zeigen, daß ein früherer Zeitpunkt – bei Mehltau bis EC 37 und bei Braunrost bis EC 49 – am ehesten zu gesicherten Ergebnissen führte. Die Bekämpfung beider Schadpilze erfolgt in der Regel kombiniert durch Fungizide mit Breitenwirkung. Es erhebt sich die Frage, welches der günstigste Zeitpunkt ist, beide Schaderreger zu erfassen. In Tabelle 7 sind die Bekämpfungsschwellenwerte zu den verschiedenen Zeitpunkten zusammengestellt.

Tab. 7. Bekämpfungsschwellenwerte (gerundet) für Mehltau und Braunrost an Winterroggen

Entwicklungsstadium EC	Bekämpfungsschwelle (% DG 3. Blatt)	
	Mehltau	Braunrost
30–37	2,0	–
39–49	2,0	0,5
50–59	2,0	3,0
60–69	–	5,0

Die vorliegenden Ergebnisse lassen eine kombinierte Bekämpfung beider Erreger im Stadium EC 39–49 als empfehlenswert erscheinen. Diese Zeitspanne liegt in den ostdeutschen Ländern bei normalem Witterungsverlauf in der 2. Maihälfte. Hierbei wird der Braunrost, der bei frühem und starkem Auftreten beträchtlichen Schaden verursachen kann, in der Anfangsphase seiner Entwicklung getroffen. Die Versuche wurden fast ausschließlich mit den Sorten Muro und Pluto durchgeführt. Eine getrennte Bewertung der Ergebnisse der einzelnen Sorten führte nicht zu unterschiedlichen Werten. Es kann allerdings nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob die Funktionen und Schwellenwerte auch für Sorten mit anderen Resistenz- oder Toleranzeigenschaften zutreffen. So wurden bisher noch keine Hybridsorten getestet. Entsprechende, 1991 angelegte Versuche konnten leider nicht fortgeführt werden.

### Literatur

- BIELKA, F., R. ROSSBERG, H. NEUMANN und W. NEUHAUS, 1982: Mehltaubekämpfung in Winterroggen. Nachr.-Bl. Pflanzenschutz ehemalige DDR **36**, 196–198.
- ENGEL, K.-H., 1979: Befall-Schaden-Relation für Roggenmehltau. Nachr.-Bl. Pflanzenschutz ehemalige DDR **33**, 152–154.
- FRAUENSTEIN, K., 1977: Untersuchungen zur Bonitur des Mehltaubefalls auf Winterroggen. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz **13**, 93–97.
- FRAUENSTEIN, K., 1985: Untersuchungen zur Schadwirkung des Braunrostes, *Puccinia recondita* Rob. ex Desm., an Winterroggen. Nachr.-Bl. Pflanzenschutz ehemalige DDR **39**, 177–178.
- HEIDEL, W., 1990: Effektive Bekämpfung von Fuß- und Blattkrankheiten in Winterroggen, 47. Deutsche Pflanzenschutztagung in Berlin, 1.–5. 10. 1990. Mitteilungen aus der Biol. Bundesanstalt für Land- u. Forstwirtschaft 1990, Heft 266, 157.
- KLUGE, E., 1992: Bekämpfungs- und Schadensschwellenwerte für Getreidemehltau (*Erysiphe graminis* DC). Nachrichtenbl. des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **44**, 209–211.
- LUTZE, G. und E. KLUGE, 1989: Bekämpfungsrichtwerte als Entscheidungshilfen zur gezielten Bekämpfung von Getreidekrankheiten. Nachr.-Bl. Pflanzenschutz ehemalige DDR, **43**, 153–156.