

CMA, Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft, Bonn und Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für integrierten Pflanzenschutz, Kleinmachnow

Erprobung eines flexiblen Schwellenwertkonzepts für Getreideblattläuse an Winterweizen unter Berücksichtigung der natürlichen Gegenspieler

Testing of a flexible threshold model for cereal aphids on winter wheat in consideration of natural enemies

Verena Rappaport und Bernd Freier

Zusammenfassung

Das bisherige bewährte Schwellenwertkonzept für die gezielte Bekämpfung von Getreideblattläusen an Winterweizen basiert auf einer Befallserhebung zur Zeit der ausklingenden Blüte. Die Bekämpfungsschwelle von 3 bis 5 Blattläusen/Ähre und Fahnenblatt berücksichtigt, dass in der Regel der Befall in der Folgezeit deutlich zunimmt und bei Überschreiten dieser Schwelle Ertragsverluste entstehen. Das hier erprobte flexible Schwellenwertkonzept berücksichtigt unterschiedliche Befallstrends infolge verschiedener Einflüsse, insbesondere der Nützlinge. Deshalb wurde der Schwellenwert auf einen Bereich von 1 bis 10 Blattläusen/Ähre und Fahnenblatt erweitert. Die Erprobung des flexiblen Konzepts erfolgte 1994 bis 1996 an 4 Standorten (Fläming, Westfalen, Magdeburger Börde, Mitteldeutsches Trockengebiet) auf der Grundlage eines Szenariokataloges und unter Einbeziehung von wöchentlichen Erhebungen zur Abundanzdynamik der Blattläuse und Antagonisten. Während mit den einfachen Schwellenwerten in den 11 untersuchten Fällen 2 Fehleinschätzungen erfolgten (eine gegen und eine für eine chemische Bekämpfung), wurden mit dem flexiblen Schwellenwertkonzept immer richtige Entscheidungen getroffen. Allerdings kam es lediglich in 2 Fällen zu einem Blattlausbefall oberhalb der Schadensschwelle und nur einmal oberhalb der wirtschaftlichen Schadensschwelle. Das Schwellenwertmodell wurde mit 5 Landwirten erfolgreich erprobt. Auf der Grundlage der 3-jährigen Untersuchungen und Erfahrungen wurde das methodische Konzept für die Landwirte weiter vereinfacht. Es sieht vor, dass neben einer Linienbonitur auch eine Bewertung des Auftretens von Blattlausprädatoren mittels Zählrahmen erfolgt. Dieser flexible Ansatz ist aus der Sicht des integrierten Pflanzenschutzes sehr zu begrüßen, wird aber aufgrund des erhöhten Aufwands und der relativ geringen Aussicht, daraus einen ökonomischen Nutzen zu ziehen, nur schwer Eingang in die Praxis finden.

Stichwörter: Situationsbezogene Bekämpfungsschwelle, Getreideblattläuse, Winterweizen, Nützlinge

Abstract

The present reliable threshold model for cereal aphid control in winter wheat is based on an infestation monitoring during the end of flowering. The control threshold of 3 to 5 aphids per ear and flag leaf considers that generally the infestation evidently in-

creases in the following and the exceeding of this threshold causes yield losses. In the present study, a flexible threshold model was used that considers different infestation trends due to various influences, in particular by beneficials. Therefore, the threshold was extended to a range from one to ten aphids per ear and flag leaf. The flexible model was tested in four locations in Germany (Fläming, Westfalen, Magdeburger Börde, Mitteldeutsches Trockengebiet) in 1994 to 1996 using a scenario catalogue and making weekly countings on the density dynamics of aphids and their natural enemies. While using simple threshold led to two miscalculations (one against and one in favour of a chemical control measure) in the 11 investigated fields, the application of the flexible threshold model led to right decisions in all cases. However, the aphid density increased over the injury level in only two cases, and over the economic threshold in only one case.

Farmers in all five locations successfully tested the flexible threshold model. On the base of the investigations and experience over three seasons, the methodological conception was simplified for use by farmers. It provides for both a counting in a line to the field centre and assessments of the occurrence of aphid predators by means of a 1-m² counting frame. The flexible approach is very appropriate with regard to integrated plant protection, but, it won't be easily implemented in practise because of the special handling and low expectation of an economic effect.

Key words: Situation-related control threshold, cereal aphids, winter wheat, beneficials

1 Einleitung

Die Getreideblattläuse gehören zu den wichtigsten und am besten untersuchten Schädlingen im Ackerbau. Während *Rhopalosiphum padi* (L.) an den Blättern und Stängeln und *Metopolophium dirhodum* (Walk.) an den Fahnenblättern saugen, befällt *Sitobion avenae* (F.) insbesondere die Ähren. Der Befall an den Ähren wirkt sich etwa doppelt so stark auf den Ertrag aus wie ein gleicher Befall an den Blättern (NIEHOFF und STÄBLEIN, 1998). Deshalb verdient die Getreideblattlaus *Sitobion avenae* besondere Aufmerksamkeit. Ab etwa 10 Blattläusen/Ähre oder 20 Blattläusen/Fahnenblatt ist mit einem statistisch abzusichernden Ertragsverlust zu rechnen. Diesen Werten entsprechen Blattlausindizes (Summe der Blattläuse an allen Tagen, entspricht der Fläche unter der Befallskurve) von 150 bis 230 Blattlaus-

tagen/Ähre. Allerdings modifizieren noch andere Faktoren, z. B. der Zeitraum des Befalls und die Ertragsersparung, die Ertragsverluste (ROSSING, 1991; MÖWES et al., 1997a). In diesen Bereichen muss auch die ökonomische Schadensschwelle angesetzt werden, zumal die Kosten für eine Insektizidapplikation im Getreide oft unter 40 DM/ha liegen (ASSMANN, 1988).

Das bisherige bewährte Schwellenwertkonzept für Getreideblattläuse an Winterweizen basiert auf einer Befallserhebung zur Zeit der ausklingenden Blüte. Die Bekämpfungsschwelle von 3 bis 5 Blattläusen/Ähre (HOLZ et al., 1994) bzw. Ähre und Fahnenblatt (BASEDOW et al., 1994) berücksichtigt, dass in der Regel der Befall in der Folgezeit deutlich zunimmt und bei Überschreiten dieser Bekämpfungsschwelle in der Regel die wirtschaftliche Schadensschwelle erreicht wird, also Ertragsverluste entstehen. Diese kurzfristige Prognose birgt aber aufgrund der Streuung Risiken der Über- oder Unterschätzung des weiteren Befallsverlaufs.

Mit der Erforschung der natürlichen Regulation von Getreideblattläusen durch Antagonisten wurde deutlich, dass der Befallsverlauf nach der Blüte stark von den Gegenspielern modifiziert werden kann (WETZEL et al., 1981; POEHLING, 1988; KRÖBER und CARL, 1991; HEMPTINNE et al., 1994; WETZEL, 1995). Daraus wurde die Idee abgeleitet, den Einfluss der Antagonisten bei der kurzfristigen Prognose des Blattlausbefalls zu berücksichtigen und ein situationsbezogenes Schwellenwertkonzept abzuleiten (FREIER et al., 1982; DEWAR und CARTER, 1984; ENTWISTLE und DIXON, 1986). Diesem Ziel kamen die aktuellen Arbeiten zur Entwicklung von Simulationsmodellen entgegen, mit denen unterschiedlichste Szenarien von Befallsentwicklungen gerechnet werden konnten (MANN und WRATTEN, 1987, 1991; HOLZ und WETZEL, 1989; DAAMEN, 1991). Die flexiblen modellgestützten Ansätze setzten sich allerdings in Großbritannien und den Niederlanden nicht durch, sie wurden wieder zugunsten einfacher Schwellenwerte aufgegeben.

HOLZ und WETZEL (1989), setzten auf einen Fallstudienkatalog, der unter Einbeziehung eines Simulationsmodells entwickelt wurde, aber auf die komplizierte Anwendung des Modells verzichtet. Der Katalog basiert auf der Annahme, dass die Populationsdynamik der Blattläuse von wenigen zentralen Einflussfaktoren abhängt: Wetter, Parasitierung, Prädatoren, Altersstruktur der Blattlauspopulation. Mit je 3 möglichen Ausgangssituationen ergaben sich 81 Konstellationen für die mit Hilfe des Simulationsmodells jeweils eine Bekämpfungsschwelle berechnet wurde.

Im folgenden soll über 3-jährige Untersuchungen zur Erprobung eines flexiblen Schwellenwertkonzepts für Getreideblattläuse berichtet werden. Es galt an 4 Standorten in Deutschland zu prüfen, ob insbesondere durch die Beachtung der Nützlinge die Entscheidungssicherheit gegenüber dem einfachen Schwellenwertkonzept verbessert werden kann und ob Landwirte mit diesem Konzept umgehen können. Damit wurde ein anspruchsvolles Element des integrierten Pflanzenschutzes auf den Prüfstein gestellt.

2 Methoden

2.1 Felderhebungen

Für die Felderhebungen wurden 4 landwirtschaftliche Praxisbetriebe an verschiedenen Standorten in Deutschland ausgewählt. Spickendorf (S) bei Halle (Mitteldeutsches Trockengebiet), Groß Rodensleben (G) bei Magdeburg (Magdeburger Börde) und Pflügkuff (P) (nördlicher Fläming) sind großräumig strukturierte, kontinental geprägte Trockenstandorte. Spickendorf und Groß Rodensleben zeichnen sich durch sehr gute, Pflügkuff nur durch mittlere Bodenqualitäten aus. Bechterdissen (B) bei Bielefeld (Westfalen) hat ein mild-feuchtes Klima, eine kleinstruktu-

rierte Landschaft und gute Böden. Unterschiedliche Standort- und Betriebsbedingungen sollten gewährleisten, dass die Ergebnisse repräsentativ für Nord- und Mitteldeutschland sind. Die Erhebungen erfolgten 1994 bis 1996 auf konventionell bewirtschafteten Winterweizenflächen, auf denen keine Insektizide ausgebracht wurden.

Die Erfassung der Blattläuse erfolgte mittels **Halmzählung**: In der 3. Drillreihe neben einer Fahrspur wurden 25 hintereinander liegende Halme visuell kontrolliert. Eine Differenzierung erfolgte nach:

- Ähre, Fahnenblatt, Restblätter,
- Arten (*Sitobion avenae*, *Metopolophium dirhodum*, *Rhopalosiphum padi*),
- L1-L3-Larven, L4-Larven, Nymphen und adulte Aptere und Alate.

Die Parasitierung durch Hymenopteren wurde anhand der mumifizierten Blattläuse ermittelt. Zwischen Mumifizierungs- und Parasitierungsrate besteht ein statistischer Zusammenhang (KREUTER, 1990). Die sichtbar von entomopathogenen Pilzen befallenen Blattläuse wurden 1994 geschätzt, in den Folgejahren jedoch bei der Halmzählung erfasst. Eine Artendetermination erfolgte für beide Antagonistengruppen nicht.

Bei den Halmzählungen wurden auch die Blattlausfresser (aphidophage Prädatoren) erfasst. Die Zählung erfolgte differenziert nach:

- Coccinellidae, Syrphidae, Chrysopidae,
- Entwicklungsstadien (Eier, Larven, Puppen, Imagines).

Bei den Coccinelliden-Imagines wurde zusätzlich nach Arten getrennt (*Coccinella 7-punctata* L. und *Propylea 14-punctata* (L.)).

Die polyphagen Carabiden, Staphyliniden und Spinnen, die auf den Halmen oder auf dem Boden vorkommen, wurden nicht bonitiert, weil sie nicht zu den Leistungsträgern der natürlichen Regulation der Getreideblattläuse gehören (WINDER et al., 1994). Auf jeder Untersuchungsfläche erfolgten an 4 Seiten jeweils 5 Zählungen à 25 Halme in 5, 25, 50, 75 und 100 m Entfernung vom Feldrand. Pro Teilfläche wurden 125 Halme, pro Gesamtfläche 500 Halme bonitiert.

Die Halmzählung ist nur eingeschränkt nutzbar für leicht flüchtige Arthropoden. Dies gilt insbesondere für die Imagines von Syrphiden und Chrysopiden. Neben der Halmzählung wurden die Prädatoren deshalb noch mit dem **Zählrahmen** erfasst. Dabei wurde ein 1 m² großer Holzrahmen vorsichtig auf den Bewuchs aufgelegt. Die während einer Minute innerhalb des Rahmens beobachteten Prädatoren wurden gezählt. An jedem Halmzählpunkt wurde der Zählrahmen einmal eingesetzt, d. h. pro Teilfläche 5-mal, pro Gesamtfläche insgesamt 20-mal. Weiterhin erfolgten Erhebungen mit dem Kescher, Transektzählungen und Bodenfallenfänge, die aber in der nachfolgenden Analyse nicht einbezogen wurden. Die Erhebungen erfolgten in wöchentlichen Abständen von BBCH 69 (Mitte Juni) bis 85 (Ende Juli).

Aus den Abundanzwerten wurde der Blattlausindex (Summe der Blattläuse/Halm an allen Tagen des Befallszeitraums, ausgedrückt in Blattlaustagen/Halm) ermittelt. Hierbei wird von einer durchschnittlichen Altersstruktur der Blattlauspopulation ausgegangen. Eine Wichtung nach Entwicklungsstadien erfolgte nicht. Um eine quantitative Bewertungsgröße für die Prädatoren insgesamt zu ermöglichen, wurden in Anlehnung an FREIER et al. (1997) die Individuen der unterschiedlichen Gruppen nicht einfach addiert, sondern gewichtet als Prädatoreinheiten summiert, wobei gilt: Eine Prädatoreinheit (PE) entspricht einer Imago von *C. 7-punctata* bzw. 2 Imagines von *P. 14-punctata* oder 2 aphidophagen Larven.

Tab. 3. Ergebnisse der Dichteermittlungen in Winterweizenbeständen und die Entscheidungen nach dem Fallstudienkatalog z. Z. BBCH 69 sowie die aus den real erreichten Blattlausindices mit den entsprechenden Ertragsverlusten resultierende Bekämpfungswürdigkeit.

S – Spickendorf, P – Pflügkuff, G – Groß Rodensleben, B – Bechterdissen. BS – Bekämpfungsschwelle.
 Symbole für die Einstufung: s – gering, m – mittel, h – hoch; wt – warm-trockenes Wetter, ds – durchschnittliches Wetter, kf – kühl-feuchtes Wetter

	S94	S95	S96	P94	P95	P96	G95	G96	B94	B95	B96
Wissenschaftler											
Blattläuse/Halm	3,3	1,2	0,2	4,9	1,6	0,4	2,6	0,1	5,3	1,6	0,6
Blattläuse/Ähre und Fahnenblatt	1,2	1,2	0,1	3,5	1,5	0,3	2,6	0,1	2,8	0,9	0,3
Blattläuse/Ähre	0,3	1,1	0	1,5	1,3	0,2	2,4	0	0,2	0,7	0,1
Anteil adulter Blattläuse (%)	10,4 s	32,2 h	13,2 s	12,8 s	13,8 s	21,8 m	16,2 s	24,7 h	6,3 s	18,6 m	15,0 s
Wetterprognose	wt	ds	ds	ds	wt	ds	wt	ds	wt	wt	ds
Prädatoreinheiten/m ²											
– Halmzählung	1,2 s	7,8 m	0,6 s	12,7 h	9,0 m	2,7 s	0 s	0,4 s	18,2 h	5,0 m	1,7 s
– Zählrahmen	0 s	5,3 m	0 s	7,5 m	27,8 h	3,0 m	3,8 m	0 s	0,8 s	3,8 m	0 s
Mumifizierungsrate (%)	0,4 s	0 s	0,9 s	0,4 s	0,5 s	2,1 s	0,2 s	0 s	0,6 s	6,5 m	0,4 s
Verpilzungsrate (%)	–m	1,0 s	0 s	–s	1,8 s	0,5 s	0,8 s	0 s	–s	18,7 h	0 s
Festlegung der BS und Entscheidung	2,0* nein	2,2 nein	2,6* nein	8,0* nein	1,4/3,0 ja/nein	1,4 nein	1,0 ja	3,0* nein	6,0* nein	2,3 nein	2,6* nein
					**						
Landwirt											
Blattläuse/Halm	1,7	1,7	0,1	5,2	1,6	0,8	2,4	0	8,8	1,9	0,5
Anteil an Ähre (%)	1,1	67,7	20,8	27,4	79,1	12,8	82,9	0	27,8	45,4	9,5
Anteil adulter Blattläuse (%)	14,1 s	18,6 m	15,1 s	26,3 h	21,2 m	7,8 s	11,0 s	0 s	9,9 s	31,8 h	24,3 h
Wetterprognose	wt	ds	ds	ds	wt	ds	wt	ds	wt	wt	ds
Prädatoreinheiten/m ²											
– Halmzählung	2,9 s	11,3 h	0 s	0 s	3,0 m	4,0 m	2,9 s	2,1 s	19,7 h	4,2 m	1,4 s
– Zählrahmen	7,5 m	52,5 h	0 s	11,3 h	18,8 h	3,8 m	0 s	7,5 m	7,5 m	3,8 m	0 s
Mumifizierungs- und Verpilzungsrate (%)	3,5 s	3,4 s	6,7 m	0,4 s	2,5 s	3,8 s	1,3 s	100 h	4,8 s	17,2 h	5,3 m
Festlegung der BS und Entscheidung	2,0* nein	4,3 nein	4,8* nein	3,0/9,2* ja/nein	1,5 nein	4,0 nein	1,0 ja	5,0 nein	6,0* ja	3,1 nein	4,0* nein
				**							
* Verdopplung wegen hohem Blattbefall											
** nein bei Beachtung der Ergebnisse mit Zählrahmen											
Blattlausindex (Blattlaustage/Halm)	190	35	42	60	14	88	216	134	22	21	158
Dichtemaximum (Blattläuse/Halm)	12,8	2,7	1,9	6,0	1,6	6,0	19,6	9,1	5,3	1,4	9,5
Ertragsverlust (dt/ha)	0,7	0,1	0	0	0	0	2,9	0	0	0,1	0,2
Erlös durch Bekämpfung (DM/ha)	–33	–48	–50	–50	–50	–50	20	–50	–50	–48	–45
Objektive Bekämpfungswürdigkeit	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein

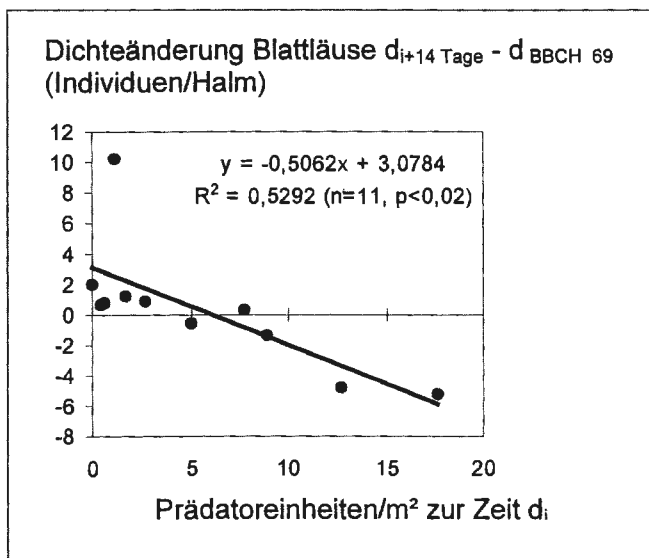


Abb. 1. Zusammenhang zwischen der Prädatorendichte zu BBCH 69 (d_i) und der Populationsentwicklung der Blattläuse in Winterweizenbeständen in den folgenden zwei Wochen.

Feldstudien mit hoher Stichprobengröße (ca. 2000 Halme) ergaben sich auf der Grundlage signifikanter Zusammenhänge zwischen Halmbefall einerseits und Ähren- bzw. Fahnenblattbefall andererseits mit 73,6 % und 49,2 % für den Zeitpunkt BBCH 69 ähnliche Raten.

Bei einer Reduzierung der Stichprobe von 500 auf 100 Halme (Stichprobengröße für den Landwirt) verschlechterten sich die Mittelwertschätzungen nicht wesentlich. Nur in einem Fall (P94) kam es zu einer signifikanten Abweichung ($P < 0,05$). In der Regel stieg in den vorliegenden Erhebungen die Blattlausdichte nach BBCH 69 an, lediglich in den Fällen B94 und P95 stagnierte der Befall.

Bonitur der Nützlinge z. Z. BBCH 69 und danach

Bei den Halmzählungen wurden sehr unterschiedliche Nützlingsdichten/m² registriert. Sechs Mittelwerte lagen in der Kategorie „gering“. Alle wichtigen Blattlausfresser wurden innerhalb der Stichproben festgestellt: Schwebfliegenlarven, Marienkäferimagines und -larven (*Coccinella 7-punctata* und/oder *Propylea 14-punctata*)(außer B94) und Chrysopidenlarven (außer B94 und S95). Die Umrechnung in Prädatoreinheiten erwies sich als unkompliziert. Auch Spinnen wurden gezählt und bei nahezu allen Bonituren festgestellt (Mittelwert: 4,5 Individuen/m²), sie

blieben aber aufgrund geringer prädatorischer Effekte wie auch die polyphagen Carabiden und Staphyliniden in allen Auswertungen unberücksichtigt. Mit dem Zählrahmen wurden ergänzende Informationen zum Nützlingsauftreten erzielt, die in 6 Fällen gut übereinstimmten und in einem Fall von den Daten der Halmzählungen extrem abwichen (B94). Die Mittelwerte täuschen etwas über das differenzierte Bild hinweg: 5,8 (Bonitur) versus 4,7 (Zählrahmen) Prädatoreinheiten/m². Die Erfahrungen zeigten, dass z. B. Witterungsbedingungen und Tageszeit sowie der persönliche Kenntnisstand über Insekten die Zählergebnisse stark beeinflussten. Während die Mumien gut zu erfassen waren, ließen sich die verpilzten Blattläuse nicht immer leicht identifizieren. Da aber die Raten außer bei B95 sehr niedrig lagen, sind entsprechende Boniturfehler zu vernachlässigen.

Effekt der Nützlinge

Die ausführlichen Bonituren nach Prädatoren ließen eine Prüfung des grundlegenden Nützlingseffektes auf die Befallsentwicklung zu. Abbildung 1 beschreibt den negativen Zusammenhang ($P < 0,02$) zwischen der Prädatordichte zu BBCH 69 und der Populationsentwicklung der Blattläuse in den folgenden 2 Wochen.

Bonitur der Blattläuse und Nützlinge durch die Landwirte

Die entscheidenden Ergebnisse der Blattlausbonituren der Wissenschaftler (500 Halme) und Landwirte (100 Halme) am Ende der Blüte unterschieden sich kaum. Die Mittelwerte lagen bei 2,0 (S.D.= 1,84) und 2,2 (S.D.= 2,60) Blattläusen/Halm. Bei der Erfassung der Altersstruktur gab es einige Abweichungen zu den wissenschaftlichen Erhebungen, die aber in keinem Fall die Einschätzung des Befallsverlaufes veränderten.

Die Nützlinge wurden von den Landwirten im Rahmen der reduzierten Stichprobe ($n = 200$ Halme) registriert. Trotz der eher groben Nützlingserfassung wich das Zählergebnis im Vergleich zu den umfassenderen wissenschaftlichen Bonituren ($n = 500$ Halme) nicht dramatisch ab: 4,7 gegenüber 5,8 Prädatoreinheiten/m². Allerdings war die Streuung der Einzelfälle enorm. Eine Analyse der wissenschaftlichen Bonitur mit auf $n = 200$ Halme reduzierten Stichproben wies eine deutliche Verschlechterung der Datensicherheit aus. Die Folge waren sogar Veränderungen bei der Entscheidung zur Bekämpfungswürdigkeit. Bei der Zählrahmenerhebung wurde den Landwirten zugestanden, neben den ihnen bekannten Nützlingen auch andere, ihnen unbekannt bewegliche Arthropoden zu zählen. Wie zu erwarten war, kam es dabei im Mittel aller Erhebungen zu einer Überschätzung des Nützlingsauftretens im Vergleich zu den Zählrahmenergebnissen der Wissenschaftler um etwa den Faktor 2: 10,2 im Vergleich zu 4,7 Prädatoreinheiten/m². Von den Landwirten wurden die Mumifizierungs- und Verpilzungsraten im Jahre 1994 nur geschätzt, dann in den Folgejahren im Zusammenhang mit der Blattlausbonitur ($n = 100$) ermittelt. Die Befunde der Landwirte war großen Schwankungen unterworfen, insbesondere dann, wenn nur wenige Blattläuse gezählt wurden, z. B. G96. Aber auch in den Fällen S94 und S95 wurden die Parameter überschätzt. Die Mittelwerte der von den Landwirten und Wissenschaftlern erhobenen Raten lagen bei 4,9 (ohne G96 mit nur 2 registrierten Blattläusen) und 4,2 % mumifizierter und verpilzter Blattläuse.

Bekämpfungsentscheidungen der Wissenschaftler und Landwirte

Auf der Grundlage der wissenschaftlichen Befallsbonituren und den daraus resultierenden Blattlausindices wurden die Ertragsverluste ermittelt. Demnach war nur im Fall G95 die wirtschaftliche Schadensschwelle objektiv überschritten. Deutliche, aber

noch oberhalb der wirtschaftlichen Schadensschwelle liegende Ertragsverluste wurden zudem für S94 und B96 ermittelt. Nach dem einfachen Schwellenwertkonzept auf Basis Blattläuse/Ähre war in keinem Fall eine Bekämpfung angezeigt. Das bedeutet 10-mal richtig und 1-mal falsch (G95) entschieden, wenngleich die falsche Entscheidung mit bonitierten 2,4 Blattläusen/Ähre knapp ausfiel.

Mit dem **einfachen Schwellenwertkonzept** auf Basis Blattläuse/Ähre und Halm wurde im Fall P94 zur Bekämpfung aufgerufen, was sich als falsch herausstellte. In der Gesamtbilanz ergaben sich somit 9 richtige Entscheidungen (gegen Bekämpfung) und zwei falsche, eine für (P94) und eine gegen eine Bekämpfung (G95).

Das **situationsbezogene Schwellenwertkonzept** signalisierte eine Bekämpfungsmaßnahme für den Fall G95. Damit wurde mit dieser Methode die objektive Bekämpfungsnotwendigkeit im Fall G95 richtig angezeigt. Insgesamt lagen alle 11 Entscheidungen richtig, wobei im Vergleich zum einfachen Schwellenwertkonzept zwei Entscheidungen verbessert wurden. Im Fall P95 wurde zunächst mit der niedrigen Nützlingsbewertung bei den Bonituren auf eine Bekämpfung orientiert und somit eine Fehleinschätzung vorgenommen. Jedoch konnte unter Berücksichtigung der enormen Nützlingsdichten, die bei den Zählrahmenerhebungen ermittelt wurden, diese Entscheidung wieder aufgehoben werden.

Die Anwendung des **situationsbezogenen Schwellenwertkonzepts durch die Landwirte** führte zu 10 richtigen Entscheidungen (9 gegen und eine für eine Bekämpfung) und einer falschen Entscheidung für eine Bekämpfung (B94). Die zunächst getroffene Entscheidung für eine Bekämpfung im Fall P94 wurde verursacht, weil der Landwirt bei der Bonitur keine Nützlinge gesichtet hatte. Bei seinen Zählrahmenbeobachtungen stellte er hingegen einen hohen Nützlingsbesatz fest; daraus ergab sich ein wesentlich höherer Schwellenwert und die Entscheidung gegen eine Bekämpfung. Bei der falschen Entscheidung für eine Bekämpfung im Fall B94 hatte der hohe Blattlausbefall in der Bonitur den Ausschlag gegeben. Im Fall G95 wurde die Befallsnotwendigkeit richtig erkannt.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Um Blattlausbefall auf einem Weizenfeld hinreichend genau zu bestimmen, sind Pflanzenbonituren mit hoher Stichprobenzahl am besten geeignet. Aufgrund der aggregierten Verteilung der Aphiden, d. h. viele Halme sind befallsfrei und einige Halme weisen hohe Dichten auf, sollte bei einer Erhebung die Anzahl inspizierter Halme nicht wesentlich < 50 liegen (TROMMER, 1988; BASEDOW et al., 1989; FENG und NOWIERSKY, 1992). Die unterschiedliche Besiedlung der Blattläuse an Ähren, Fahnenblättern und anderen Pflanzenteilen folgt keiner Regel. Deshalb scheint die Erfassung der Abundanz der Blattläuse/Ähre nicht auszureichen, die Bezugsbasis Blattläuse/Ähre und Fahnenblatt dürfte dagegen ein repräsentativer Befallsindikator sein. Die Erfassung der Blattläuse am ganzen Halm ist nicht unbedingt erforderlich. Die Blattlauszählungen stellten in den vorliegenden Untersuchungen kein Problem dar. Stichprobeneinheiten von 100 Halmen haben sich bewährt.

Die Erfassung der Parasitierung durch Zählung der Mumien stellt nur eine grobe Schätzung dar (KOU-SELL und EGGERS, 1987), die aber für grundlegende Aussagen zum Parasitierungsstatus gut geeignet ist und dem Praktiker zugemutet werden kann (OAKLEY, 1992). Ungeübte Personen identifizieren leider nicht selten die nach dem Schlupf der Parasitoiden zurückbleibenden Mumienhüllen als Mumien. Probleme bereitet die Ermittlung der Verpilzungsrate der Blattläuse, die auch aggregiert in Erschei-

nung tritt (FENG und NOWIERSKY, 1992). Allerdings sollte in der Regel zum Zeitpunkt BBCH 69 keine hohe Verpilzung erwartet werden.

Mit den auf 100 Halme begrenzten Bonituren ließen sich nur Hinweise zum Auftreten der wichtigen Blattlausräuber geben. Selbst die wissenschaftliche Zählung von 500 Halmen erlaubte keine sicheren Aussagen zur Dichte der Prädatoren, denn beim „Pflanzencheck“ werden etliche Tiere übersehen und die Stichprobe ist zu klein, um repräsentative Mittelwerte zu erhalten (MÖWES et al., 1997b). Andererseits kann den Praktikern nicht zugemutet werden, wesentlich mehr als 100 Halme zu inspizieren. Als eine gute Ergänzung zu den Boniturdaten erwies sich die Auszählung der Nützlinge innerhalb eines 1-m²-Zählrahmens. Wie die vorliegenden Untersuchungen zeigen, können diese Daten zur Relativierung der zum Teil dünnen Boniturbefunde herangezogen werden. Durchaus wertvoll sind auch Kescherdaten, um das grundlegende Auftreten von Nützlingen einzuschätzen, allerdings lehnen Praktiker den Kescher ab. Transekterhebungen erwiesen sich als praktikabel, aber relativ ungenau.

Die vorliegenden Daten belegen die hohe Varianz des Blattlausauftretens von Jahr zu Jahr und Standort zu Standort. Dennoch war der Befall sowohl im Moment der Entscheidung (BBCH 69) als auch während des Zenits nur ausnahmsweise oberhalb kritischer Werte. Diese Normalität des unterschweligen Blattlausbefalls in Winterweizen (FREIER et al., 2000) oder mit anderen Worten gesagt, der Mangel an Gradationen erschwerte die umfassende Erprobung des flexiblen Schwellenwertkonzepts. Verpilzung und Parasitierung hielten sich in den vorliegenden Feldstudien zumeist im grünen Bereich, die Ausnahmen am Standort B in Westfalen zeigen aber, dass im Einzelfall von stärkeren Auswirkungen ausgegangen werden muss und diese Regelmechanismen nicht außer Acht gelassen werden können.

Die größte Bedeutung bei der natürlichen Kontrolle der Getreideblattläuse haben die prädatatorischen Leistungsträger Schwebfliegenlarven, *Coccinella 7-punctata* und *Propylea 14-punctata*, jeweils Imagines und Larven, sowie Florfliegenlarven. Sie traten in den vorliegenden Untersuchungen erwartungsgemäß unterschiedlich stark und in unterschiedlicher Zusammensetzung auf.

Das variable Schwellenwertkonzept basiert auf Kenntnissen und auf Indizien gestützten Annahmen zum Einfluss der Wirtspflanze Weizen, der Witterungsfaktoren und der Gegenspieler auf die Befallsentwicklung der Getreideblattläuse in der Hauptschadenszeit nach der Blüte. Im Mittelpunkt steht dabei die Wirkung der Nützlinge. Ihre befallsreduzierenden Effekte sind im Einzelfall allerdings schwer nachzuweisen und eigentlich nur mit Hilfe von Modellexperimenten und Computersimulationen zu kalkulieren (FREIER et al., 1999, 2000). Tendenzen lassen sich, wie auch in dieser Untersuchung, aus Regressionsanalysen zwischen Räuber- und Blattlausauftreten aufzeigen. Die Beziehung wird aber oft durch positive Dichterückkopplungen (um so mehr Blattläuse desto mehr Prädatoren stellen sich ein) überlagert. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Nützlingspräsenz von > 5 PE/m² der Blattlausbefall deutlich gedämpft wird.

Die Erprobung des flexiblen Schwellenwertkonzepts zeigte, dass oft auch Grenzsituationen zustande kommen, wenn eine methodenbedingte unterschiedliche Einschätzung der Nützlinge erfolgt. Deshalb setzt das flexible Schwellenwertkonzept gute Grundkenntnisse zum Erkennen der Nützlinge voraus. Das kann allerdings nur von gut ausgebildeten, interessierten Landwirten erwartet werden. Grenzsituationen ergaben sich auch bei der unterschiedlichen Bewertung der Blattläuse an Ähren und Blättern. Hierbei zeigt sich, dass ein überwiegender Blattbefall z. Z.

BBCH 69 nicht zu schwach bewertet werden darf, da ein großer Teil dieser Blattläuse danach die Ähren besiedelt.

Mit der Studie konnte belegt werden, dass in der Bilanz das flexible Schwellenwertkonzept zu besseren Aussagen führt als das einfache Schwellenwertkonzept. Allerdings zeigte sich der Vorteil für den Landwirt angesichts von Mehraufwendungen (Vorbereitung, Vorkenntnisse, eine halbe Stunde Arbeit pro Feld) in einem eher bescheidenen Rahmen.

Aus den Untersuchungen und Erfahrungen bei der Erprobung mit Landwirten wurde das flexible Schwellenwertkonzept von HOLZ und WETZEL (1989) modifiziert und so weit wie nur möglich vereinfacht. Es ist im Internet-Angebot der Biologischen Bundesanstalt unter <http://www.bba.de/ip/schwellenwerte.htm> abrufbar.

Das modifizierte Konzept berücksichtigt folgende Änderungen:

1. Bonitur aller Blattläuse an Ähren und Fahrenblättern (*S. avenae*, *M. dirhodum*, *R. padi*). Bei starkem Blattbefall (> 66 %) wird die Bekämpfungsschwelle um 50 % erhöht und erst bei fast ausschließlichem Blattbefall (> 90 %) verdoppelt.
2. Die Altersstruktur der Blattlauspopulationen wird nicht berücksichtigt und immer als durchschnittlich eingestuft.
3. Zusätzlich zur Mumifizierungsrate werden der Anteil verpilzter Blattläuse eingeschätzt und eine gemeinsame Mumifizierungs- und Verpilzungsrate ausgewiesen.

Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt Osnabrück für die finanzielle Unterstützung der 3-jährigen Untersuchungen. Besonderer Dank gilt den Landwirten und Beratern Herrn EHRENBERG, Herrn SCHAAF, Herrn GRABO, Herrn HELMECKE, Herrn HARTMANN, Herrn ALTROGGE und Herrn Dr. PLUSCHKELL für ihre Mitwirkung am Projekt.

Literatur

- ASSMANN, G., 1988: Zur Bekämpfung von Getreideblattläusen an Winterweizen unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1–106.
- BASEDOW, T., C. BAUERS, G. LAUENSTEIN, 1989: Ergebnisse vierjähriger Untersuchungen zur gezielten Bekämpfung der Getreideblattläuse (Hom., Aphididae) im intensiven Winterweizenanbau; optimaler Termin und Bekämpfungsschwellen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. **254**, 1–63.
- BASEDOW, T., H.-M. POEHLING, G. LAUENSTEIN, 1994: Untersuchungen zur Anpassung der Bekämpfungsschwelle der Getreideblattläuse (Hom. Aphididae) (Saugschäden an Weizen im Sommer) an die veränderten ökonomischen Rahmenbedingungen im Ackerbau. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz **101**, 337–349.
- DAAMEN, R. A., 1991: Experiences with the cereal pest and disease management system EPIPRE in the Netherlands. Danish J. Plant Soil Science **85** (S-2161), 77–87.
- DEWAR, A. M., N. CARTER, 1984: Decision trees to assess the risk of cereal aphid (Hemiptera: Aphididae) outbreaks in summer in England. Bull. Entomol. Res. **74**, 387–398.
- ENTWISTLE, J. C., A. F. G. DIXON, 1986: Short-term forecasting of peak population density of the grain aphid (*Sitobion avenae*) on wheat. Ann. Appl. Biol. **109**, 215–222.
- FENG, M. G., R. M. NOWIERSKY, 1992: Spatial distribution and sampling plans for four species of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat in southwestern Idaho. J. Econ. Entomol. **85**, 830–837.
- FREIER, B., U. GOSSELKE, H. TRILTSCH, 2000: Die beachtliche Gratisleistung der Prädatoren und die Mühe, sie zu erhöhen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. **376**, 188–189.
- FREIER, B., P. MATTHES, T. WETZEL, 1982: Entscheidungshilfen zur kurzfristigen Befallsvorhersage und zur gezielten Bekämpfung der Getreideblattlaus (*Macrosiphum avenae* (Fabr.) in Winterweizen. Nachrichtenbl. Pflanzenschutz DDR **36**, 193–196.
- FREIER, B., H. TRILTSCH, M. MÖWES, V. RAPPAPORT, 1997: Der relative Wert von Prädatoren bei der natürlichen Kontrolle von Getreideblattläu-

- sen und die Verwendung von Prädatoreinheiten. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. **49**, 215–222.
- FREIER, B., H. TRILTSCH, U. GOSSELKE, 1999: Die Dimension der natürlichen Kontrolle von Getreideblattläusen durch Prädatoren. Gesunde Pflanzen **51**, 65–71.
- HEMPTINNE, J. L., J. L. DOUCET, C. GASPAR, 1994: How do ladybirds and syrphids respond to aphids in the field? Bull. IOBC/WPRS **17**, 101–110.
- HOLZ, F., T. WETZEL, 1989: Ein Fallstudienkatalog als schlagbezogene Entscheidungshilfe für die gezielte Bekämpfung der Getreideläus (*Macrosiphum avenae* (Fabr.)). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. **41**, 58–60.
- HOLZ, F., T. WETZEL, B. FREIER, 1994: 3–5 Blattläuse pro Ähre im Winterweizen – eine neue Bekämpfungsschwelle? Gesunde Pflanzen **46**, 8–12.
- KREUTER, M., 1990: Untersuchungen zum Auftreten, Artenspektrum und zur Diagnose von Parasitoiden der Getreideblattläuse. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1–124.
- KRÖBER, T., K. CARL, 1991: Cereal aphids and their natural enemies in Europe – a literature review. Biocontrol News, Information **12**, 357–371.
- KUO SELL, H.-L., G. EGGERS, 1987: Evaluierung der Wirkung von Parasitoiden auf die Populationsentwicklung von Getreideblattläusen durch Vergleich zwischen Mumifizierungs- und Parasitierungsrate in Winterweizen. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz. **94**, 178–189.
- MANN, B. P., S. D. WRATTEN, 1987: A computer-based advisory system for the control of *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum*. Bull. IOBC/WPRS **10**, 143–155.
- MANN, B. P., S. D. WRATTEN, 1991: A computer-based advisory system for cereal aphids – field-testing the model. Ann. Appl. Biol. **118**, 503–512.
- MÖWES, M., B. FREIER, J. HEIMANN, 1997a: Variation in yield loss per aphid-day due to *Sitobion avenae*-infestation in high yielding winter wheat. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz **104**, 569–575.
- MÖWES, M., B. FREIER, T. KREUTER, H. TRILTSCH, 1997b: Halmzählung oder Parzellentotalernte – wie genau sind Prädatorenbonituren im Winterweizen? Anz. Schädlingsk. Pflanzenschutz Umweltschutz **70**, 121–126.
- NIEHOFF, B., J. STÄBLEIN, 1998: Vergleichende Untersuchungen zum Schadpotential der Getreideblattläusarten *Metopolophium dirhodum* (Wlk.) und *Sitobion avenae* (F.) in Winterweizen. Z. Angew. Entomol. **122**, 223–229.
- OAKLEY, J. N., 1992: Development of an integrated control strategy for summer aphids in winter wheat. British Crop Protection Conf. - Pests and Diseases **1992**, 1009–1014.
- POEHLING, H. M., 1988: Zum Auftreten von Syrphiden- und Coccinellidenlarven in Winterweizen von 1984–1987 in Relation zur Abundanz von Getreideblattläusen. Mitt. Deut. Ges. Allg. Angew. Entomol. **6**, 248–254.
- RAPPAPORT, V., 1999: Ein situationsbezogenes Schwellenwertkonzept für Getreideblattläuse am Winterweizen unter Berücksichtigung der natürlichen Gegenspieler. Agrarökologie **33**, 1–137.
- ROSSING, W. A. H., 1991: Simulation of damage in winter wheat caused by grain aphid *Sitobion avenae*. 3. Calculation of damage at various attainable yield levels. Neth. J. Plant Pathology **97**, 87–103.
- TROMMER, R., 1988: Ermittlung der Populationsdichte tierischer Schädlinge ohne vollständige Auszählung der Beobachtungseinheiten. Archiv Phytopath. Pflanzenschutz **24**, 503–509.
- WETZEL, T., 1995: Integrierter Pflanzenschutz und Agroökosysteme. Steinbeis-Transferzentrum Integrierter Pflanzenschutz und Ökosysteme, Halle, Pausa, 1–248.
- WETZEL, T., B. FREIER, 1975: Kenntnis der Vermehrungspotenz und des Massenwechsels von Getreideblattläusen als Voraussetzung zur Prognose und gezielten Bekämpfung. Arch. Phytopath. Pflanzenschutz **11**, 437–470.
- Wetzel, T., A. GHANIM, B. FREIER, 1981: Zur Bedeutung von Prädatoren und Parasiten für die Überwachung und Bekämpfung von Blattläusen in Getreidebeständen. Nachrichtenbl. Pflanzenschutz DDR **35**, 239–244.
- WINDER L., D. J. HIRST, N. CARTER, S. D. WRATTEN, P. I. SOPP, 1994: Estimating predation of the grain aphid *Sitobion avenae* by polyphagous predators. J. Appl. Ecol. **31**, 1–12.

Zur Veröffentlichung angenommen: 10. Januar 2001

Kontaktanschrift: Dr. Verena Rappaport, CMA, Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft, D-53133 Bonn, Germany, E-Mail: verena.rappaport@cma.de
Dr. Bernd Freier, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für integrierten Pflanzenschutz, D-13432 Kleinmachnow, Germany, E-Mail: b.freier@bba.de

LITERATUR

Fox, R.T.V. (ed.): Armillaria Root Rot: Biology and Control of Honey Fungus. Andover, Hants, Intercept, 2000. 222 S., geb., \$ 77. ISBN 1-898298-64-5.

Der Hallimasch (*Armillaria* spp.) zählt weltweit zu den bedeutendsten Schadpilzen an Bäumen, Sträuchern und Reben. Vor diesem Hintergrund stellt das in englischer Sprache geschriebene Buch ein Kompendium der Hallimasch-Forschung dar, wobei auch neueste Forschungsmethoden und -ergebnisse berücksichtigt wurden.

Nach einer Zusammenstellung von Farbabbildungen zu Beginn des Buches werden die Bild- und Textautoren vorgestellt, gefolgt von einem Vorwort des Herausgebers mit allgemeinen Hinweisen zur Hallimasch-Problematik. Angaben über den Herausgeber selbst und 8 Seiten Farbabbildungen zu Befallsymptomen und verschiedenen Stadien der Pilzentwicklung auf natürlichen und künstlichen Substraten beschließen den Vorspann des Buches. Nachfolgend gliedert sich das Buch in die 5 Kapitel: Biology, Diversity, Pathology, Control und Future Possibilities. Den größten Raum mit 64 Seiten beansprucht dabei das Kapitel Bekämpfung. Die von insgesamt 10 verschiedenen Autoren bearbeiteten 11 Schwerpunktthemen (Biology and life cycle; Ecology and epidemiology of *Armillaria*; Quantitative aspects of the epidemiology of *Armillaria* in the field; Taxonomy, Nomenklature and description of *Armillaria*; Molecular methods used for the detection and identification of *Armillaria*; Pathogenicity; The extent of losses

and aims for managing *Armillaria*; Cultural methods to manage *Armillaria*; Chemical control of *Armillaria*; Biological and integrated control of *Armillaria* root rot; Answering all the questions about *Armillaria*) decken alle wichtigen Bereiche der inzwischen weit verzweigten *Armillaria*-Forschung ab. Die Inhalte, ergänzt um Tabellen und Schwarzweiß-Abbildungen, werden in gut verständlicher Weise vermittelt und schließen jeweils mit einer umfangreichen Literaturliste, so dass sich das Buch auch sehr gut als Nachschlagewerk bzw. zur Literaturrecherche spezieller Aspekte der Hallimasch-Problematik verwenden lässt. Gerade die nach Themenbereichen sortierte Literatur stellt bei der seit über 100 Jahren bestehenden *Armillaria*-Forschung und der damit verbundenen, fast unüberschaubaren Anzahl an Publikationen zu diesem Thema eine wertvolle Hilfe für jeden Forscher dar, der sich mit dieser Pilzgruppe befasst. Ein Stichwortverzeichnis am Ende des Buches rundet das Werk ab.

Der Inhalt des Buches reflektiert in komprimierter, sachkundiger und informativer Weise den heutigen Wissensstand auf dem Gebiet der Hallimasch-Forschung und vermittelt darüber hinaus Lösungsansätze zu noch offenen Fragen. Das Buch stellt eine exzellente Informationsquelle rund um die Thematik *Armillaria* spp. dar und kann uneingeschränkt allen mykologisch und pathologisch interessierten Forschern, Studenten, Pflanzenpathologen und Mykologen insbesondere der Fachrichtungen Garten- bzw. Landschaftsbau und Forst empfohlen werden.

L. PEHL (Braunschweig)