

## **Bekämpfungsschwellen als Indikatoren des Fungizideinsatzes zur Kontrolle des Blattbefalls von *Cercospora beticola* (Sacc.) in Zuckerrüben.**

**Threshold values as indicators of fungicide treatments for the control of leaf blotching caused by *Cercospora beticola* (Sacc.) in sugar beets.**

P.F.J. Wolf, F.-J. Weis, J.-A. Verreet  
Institut f. Phytopathologie, Christian-Albrechts-Universität, D-24118 Kiel

Eingereicht am 8. November 2000; angenommen am 12. April 2001

### **Zusammenfassung**

Wesentlicher Bestandteil des IPS-Modells Zuckerrübe (Integriertes Pflanzenschutz-System) sind an der aktuellen Befallssituation orientierte, d.h. epidemierelevante Bekämpfungsschwellen, welche der Entscheidung über Notwendigkeit und Zeitpunkt einer Bekämpfungsmaßnahme dienen. Die Bekämpfungsschwellen repräsentieren frühe epidemiologische Stadien des Erregers. Sie führen zu einer Optimierung der Effektivität einer Fungizidanwendung, zeigen aber, im Gegensatz zur Toleranzgrenze des Befalls (Schadensschwelle) nicht das unmittelbare Eintreten von Verlusten an. Im Hinblick auf die Integration von direkten Fungizidmaßnahmen, also ausschließlicher Anwendung bei Gefahr von ökonomischen Verlusten, ergibt sich hieraus die Notwendigkeit einer Prognose des Verlustpotentials in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Schwellenindikation. Als Bekämpfungsschwelle für eine Erstbehandlung von *Cercospora beticola* ist eine Befallshäufigkeit von 50 % der Pflanzen definiert, geltend für die Periode eines absoluten Verlustrisikos bis Mitte August. Für den Zeitraum eines bedingten Verlustrisikos, in der Regel von Mitte bis Ende August, bzw. als Folgebehandlung wird als Schwellenwert eine Befallsstärke von 0,2-0,4 % bzw. ein Befall von 25-35 % der Blätter definiert.

Die Entwicklung und Prüfung von Schwellenwerten zur Bekämpfung von *Cercospora beticola* wird anhand mehrjähriger Feldversuche in Bayern vorgestellt (1993-1996).

**Stichwörter:** Zuckerrübe, *Cercospora beticola*, Integrierter Pflanzenschutz, Bekämpfungsschwelle, Schadensschwelle

### **Summary**

The IPM-Model Sugar Beet (**I**ntegrated **P**est **M**anagement) is orientated to the actual incidence situation, i.e., epidemic relevant thresholds, as a main component, where the thresholds support the decision on necessity and timing of fungicide treatments. The thresholds are representing early stages of the epidemic progress. On the primary, they are setting the efficiency of fungicides to an optimum but they doesn't indicate the immediate occurrence of yield-losses as done by the tolerance limit of disease severity (economic damage threshold). In a consequence, for achieving the goal of fungicide treatments' integration - that means the only use in a threat of economic losses -, a prognosis of the yield loss potential is needed, depending on the time of thresholds' indication. Therefore, as a threshold for a primary treatment a plant infection frequency of 50 % is defined, valid for the period of an absolutely yield-risk until the middle of August. During the following period from the middle to the end of August

the yield-risk is conditional. Therefore a successive stage of a 25-35 % leaf infection frequency, respectively a disease severity of 0,2-0,4 % (infected leaf area) could be established. This threshold is also valid for a second treatment.

The development and evaluation of thresholds for the timing of fungicide sprays against *Cercospora beticola* is presented by examples of field trials in Bavaria (1993-1996).

**Keywords:** Sugar beet, *Cercospora beticola*, Integrated plant protection, epidemic threshold, economic damage threshold

## 1 Einleitung

Unter den klimatischen Gegebenheiten Mitteleuropas kann *Cercospora beticola* als die bedeutendste Blattkrankheit der Zuckerrübe gelten (BLEIHOLDER und WELTZIEN, 1972). Das epidemische Ausmaß ist jedoch starken Schwankungen unterworfen, wobei die Varianz des Auftretens in hohem Maße von Standort, Witterung und Anbausituation der Zuckerrübe beeinflusst ist (WOLF et al., 1995a, 1995b, 1997). Entsprechend verhält sich das Schadpotential des Parasiten, welches potentiell gegeben ist, jedoch insgesamt einer weiten Spanne unterliegt (WOLF et al., 1998a). Auf eine direkte Bekämpfung mit Fungiziden kann daher nicht von vornherein verzichtet werden, wenn es das Ziel ist, Ertrag und Qualität der Zuckerrübe unter ökonomischen Gesichtspunkten zu optimieren, sie ist jedoch bei weitem nicht zu jeder Befallssituation opportun.

Die Integration von Maßnahmen des Pflanzenschutzes erfordert vielmehr eine hohe Flexibilität des Einsatzes, adaptiert an die epidemiologische Entwicklung des Krankheitserregers (VERREET et al., 1996). Über die Toleranzgrenze des Befalls (Schadensschwelle) wurde bereits berichtet (WOLF et al., 1998a), ebenso über die einzelnen Schritte hin zur Entwicklung eines Integrierten Pflanzenschutzmodells (IPS-Modell Zuckerrübe) unter Berücksichtigung der Notwendigkeiten im Hinblick auf eine Einführung in die Praxis (WOLF et al., 1998b). Die wirtschaftliche Schadensschwelle liefert einen wichtigen Beitrag, indem sie jenes Befallsausmaß definiert, welches zum Zeitpunkt der Ernte toleriert werden kann. Die Schadensschwelle ist jedoch keinesfalls gleichzusetzen mit dem richtigen Zeitpunkt der Bekämpfung, da zum Stadium der Schadensschwelle die Epidemie meist schon zu weit fortgeschritten ist, um die weitere Progression des Befalls wirkungsvoll einzuschränken. Es werden daher Bekämpfungsschwellen benötigt, welche eine optimale Terminierung von Fungizidbehandlungen ermöglichen, so daß diese ein Höchstmaß an Effizienz gegenüber dem Zielorganismus leisten. Vor einer Simplifizierung für den Praxiseinsatz (Wolf et al., 1998b) steht jedoch die wissenschaftlich exakte Evaluierung, welche im folgenden dargestellt wird.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Versuchsanlage

Die Versuche zur Entwicklung von Bekämpfungsschwellen wurden von 1993-1996 an den Standorten Seligenstadt (Unterfranken), Moosham (Oberpfalz), sowie Piering, Hettenkofen und Rottenmann (Niederbayern) durchgeführt. Als hoch anfällige Sorten fanden "Carla", "E-lan", "Evita", "Hilma", "Meta" und "Steffi" Verwendung, als gering anfällige "Patricia" und "Ribella". Die Versuche waren innerhalb der Sorten jeweils als einfaktorieller, vollständig randomisierter Block mit dem Faktor Behandlung in 4 – 10 Faktorstufen und 4facher Wiederholung angelegt. Eine Parzelle bestand aus 11 Reihen, wovon 6 für eine Kernbeerntung von 3 Reihen und die restlichen 5 für Probenahme und Bonitur vorgesehen waren. Die Reihenweite

betrug 45 (Parzellenlänge 8m) oder 50 cm (Parzellenlänge 7m). Als Präparate fanden Alto 100 SL (0,8 l/ha), Bardos (1,0 l/ha) und Harvesan (0,6 l/ha) Verwendung. Die Fungizide wurden parzellenweise mit einer Rückenspritze ausgebracht, die Spritzbreite betrug 3 m, die Wasseraufwandmenge 300-400 l/ha bei einem Spritzdruck 2,5-3 bar. Alle Anbaumaßnahmen, ausgenommen Fungizidbehandlungen, erfolgten ortsüblich, die Bestandesführung orientierte sich an einem Ertragsziel von 650-750 dt/ha Rüben.

## 2.2 Befallserhebung

Die Befallsaufnahme umfaßte den Zeitraum von Mitte Juni (Reihenschluß) bis zum Ende der Vegetation (erste Oktoberdekade), bei wöchentlichen Intervallen der Erhebung an jeweils vor Befallsbeginn ausgewählten Pflanzen. Die Schätzung des Befalls nach Boniturschema (BATTILANI et al., 1990) folgte der Hierarchie des Blattalters, außen vom ältesten Blatt beginnend im Kreis zu den jüngeren Blättern hin. Die Rate der Blattseneszenz ergab sich aus der Markierung oder Entfernung von abgestorbenen Blättern, die Erhebungen wurden jeweils mit dem letzten grünen Blatt fortgesetzt. Generell wurde die Befallsentwicklung im unbehandelten Bestand an 10 bzw. 7 Pflanzen pro Wiederholung verfolgt. Vor dem Einsatz von Fungiziden wurde in allen Varianten parallele Epidemieentwicklung vorausgesetzt; Effekte der Fungizide wurden erstmals ein oder zwei Wochen nach Behandlung erhoben. Die Bonitur hatte insbesondere zu erfolgen unter Wahrung einer exakten Symptomdiagnose, welche bei Auftreten von bakteriell bedingten Blattflecken (*Pseudomonas syringae*) oder abiotisch bedingten Blattflecken geboten war.

**Tabelle 1: Kalkulation der Parameter des Blattbefalls (*Cercospora beticola*)**  
**Table 1: Calculation of disease incidence parameters (*Cercospora beticola*)**

<b>Befallswert: Einzel-Pflanze (=pf)</b>	<b>Befallswert: Wiederholung (=wh)</b>	<b>Befallswert: Variante</b>
Pflanze befallen, ja/nein (ja: $\geq 1$ Symptom/Pflanze)	$\% \text{ BHBwh} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Pflanze}_{\text{befallen}}}{n} \times 100$	$\% \text{ BHB} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{BHBwh}}{n}$
$\% \text{ BHPpf} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Blätter}_{\text{befallen}}}{n} \times 100$	$\% \text{ BHPwh} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{BHPpf}}{n}$	$\% \text{ BHP} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{BHPwh}}{n}$
$\% \text{ BSBpf} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{BSB}_{\text{Blatt}}}{n}$	$\% \text{ BSBwh} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{BSBpf}}{n}$	$\% \text{ BSB} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{BSBwh}}{n}$
<b>n = Anzahl der Blätter/Pflanze</b>	<b>n = Anzahl der Pflanzen/Wiederholung</b>	<b>n = Anzahl Wiederholungen</b>

Legende:

BHB = Befallshäufigkeit im Bestand frequency of infected plants	%-Anteil befallene Pflanzen % infected plants
BHP = Blattbefallshäufigkeit /Pflanze frequency of infected leaves	%-Anteil befallene Blätter % infected leaves
BSB = Befallsstärke im Bestand disease severity	%-Anteil befallene Blattfläche % infected leaf area

## 2.4 Effizienz von Bekämpfungsschwellen

### 2.4.1 Kontrolle des Befalls

Zur Evaluierung der Effektivität beinhalteten alle Fallstudien eine Variante des ungestörten Epidemieverlaufes (Kontrolle=Ktr, unbehandelt) sowie eine Variante einer annähernd voll-

ständigen Eliminierung von Krankheitsbefall (Gesundvariante=G, dreifache Fungizidbehandlung im Abstand von 3-4 Wochen). Die Gesundvariante fixierte das Optimum von Ertrag und Qualität unter den gegebenen, standörtlichen Voraussetzungen. Als weitere Varianten einer schwellenorientierten Bekämpfung wurden für eine fungizide Erstbehandlung 4 verschiedene Stadien des Erregers gewählt (a,b,c,d), als Folgebehandlung 9 jeweils sukzessive Stadien (1-9). Entscheidend bei der Prüfung ist die Effizienz im Vergleich zum Aufwand an Pflanzenschutz. Weitere Einzelheiten zu den Bekämpfungsschwellen sind in Tabelle 2 und 3 verzeichnet. Die korrespondierenden Werte unter der Rubrik "Beschreibung" gehen zurück auf Korrelationen von Befallshäufigkeit und Befallsstärke (WOLF et al., 1997)

**Tabelle 2: Bekämpfungsschwellen (BKS) für eine Erstbehandlung gegen *Cercospora beticola***  
**Table 2: Thresholds (BKS) for an initial treatment against *Cercospora beticola***

<i>BKS</i>	<i>Epidemiostadium</i>	<i>Beschreibung</i>
a	50 % BHB	jede 2te Pflanze befallen
b	0,15-0,2 % BSB	20-25 % der Blätter befallen
c	2 % BSB	2 % der Blattfläche befallen
d	10 % BSB	10 % der Blattfläche befallen

**Tabelle 3: Bekämpfungsschwellen (BKS) für eine Folgebehandlung gegen *Cercospora beticola***  
**Table 3: Thresholds (BKS) for a following treatment against *Cercospora beticola***

<i>BKS</i>	<i>Epidemiostadium</i>	<i>Beschreibung</i>
1	0,15-0,2 % BSB	20-25 % der Blätter befallen
2	0,4 % BSB	35-40 % der Blätter befallen
3	1 % BSB	1 % der Blattfläche befallen
4	2 % BSB	2 % der Blattfläche befallen
5	4 % BSB	4 % der Blattfläche befallen
6	7 % BSB	7 % der Blattfläche befallen
7	10 % BSB	10 % der Blattfläche befallen
8	20 % BSB	20 % der Blattfläche befallen
9	25 % BSB	25 % der Blattfläche befallen

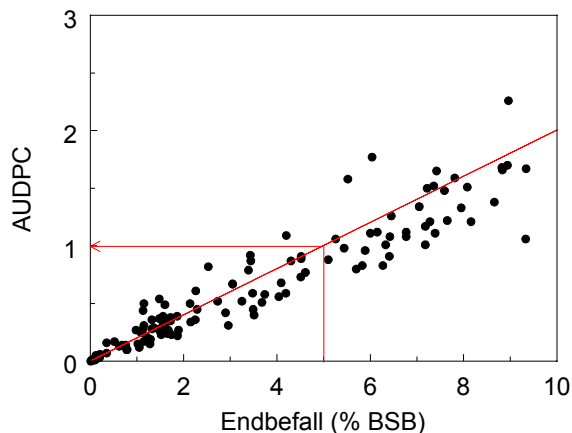
Die Effizienz von Bekämpfungsschwellen wird anhand des Parameters "AUDPC" (Area Under the Disease Progress Curve) bemessen (KRANZ und HOLZ, 1993). Der Parameter bezieht den Verlauf der Befallsstärke während einer gesamten Vegetationsperiode ein, unter anderem auch das Stadium der Applikation und dessen Einfluß auf den weiteren Verlauf der Epidemie; der Verlauf der Befallsstärke (% befallene Blattfläche) wird zu einem Wert reduziert.

#### 2.4.2 Erhebung von Ertrags- und Qualitätsparametern

Die Datensammlung hatte neben den Parametern des Befalls auch eine Bewertung des Erntegutes vorzusehen, um die Effizienz von Bekämpfungsschwellen auch unter ökonomischen Gesichtspunkten einzusehen. Als Ertragsparameter findet der "Bereinigte Zuckerertrag" (BZE) Verwendung, welcher Ertrag und Qualität der Zuckerrübe berücksichtigt. Die Methodik der Analyse von Ertrag und Qualität der Zuckerrübe sowie die Kalkulation des Parameters "BZE" wurden bereits dargelegt (WOLF et al., 1998a).

### 3 Ergebnisse

Von Bedeutung bei der Prüfung von Bekämpfungsschwellen ist insbesondere, in wie weit diese vermögen, das Epidemiegesehen unterhalb der Toleranzgrenze des Befalls zu kontrollieren, als Maß für eine Beurteilung der Effizienz. Als Toleranzgrenze wurde ein Befall von 5 % der Blattfläche definiert (WOLF et al., 1998a). Diese kann auch durch den Parameter AUDPC ausgedrückt werden. Bei linearer Regression entspricht 5 % End-Befallsstärke einem AUDPC-Wert von 1. Die Sicherheit der Regression liegt bei 85 % (Abb. 1).



**Abbildung 1:** Regression von Endbefall und AUDPC (Area Under Disease Progress Curve = Fläche unter der Befallskurve) zur Ableitung der Toleranzgrenze (Schadensschwelle) nach AUDPC

**Figure 1:** Regression of the final disease severity (% BSB) and AUDPC (Area Under Disease Progress Curve) for the derivation of the economic damage threshold, defined as AUDPC

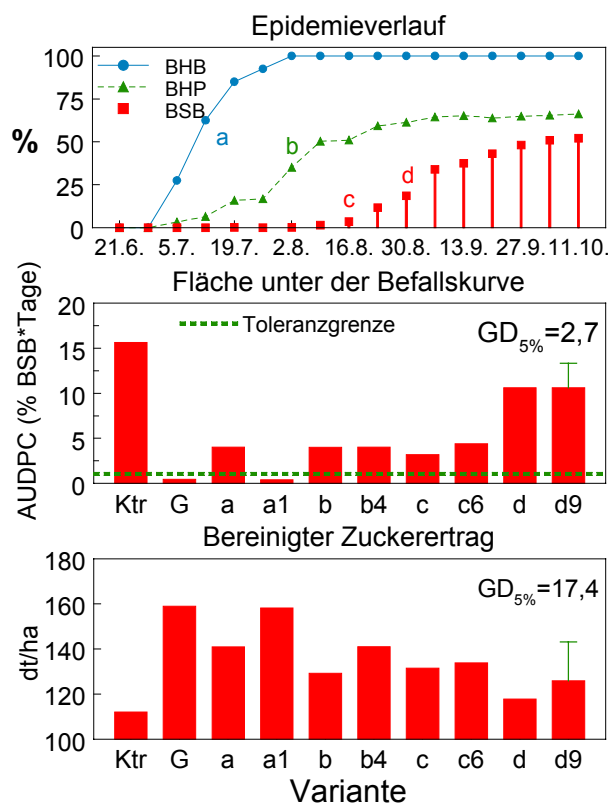
$$\text{AUDPC} = 0,20 * \text{BSB}; r^2 = 0,85$$

#### 3.1 Fallbeispiele zur Evaluierung von Bekämpfungsschwellen

##### 3.1.1 Standort Piering 1993

Am Standort Piering war in der Vegetationsperiode 1993 unter Verwendung einer anfälligen Sorte ein hoher Befallsdruck gegeben (Abb. 2, oben). Entsprechend lag die Indikation der Bekämpfungsschwelle "50 % BHB" (a) bereits am 12. Juli vor. Die Überschreitung der nachfolgenden Bekämpfungsschwellen, "0,2 % BSB" (b, 02.08.), "2 % BSB" (c, 16. 08.) und "10 % BSB" (d, 05.09.) trat sukzessive ein, entsprechend der epidemischen Progression des Erregers. Die Endbefallsstärke (BSB) in der unbehandelten Kontrolle betrug zum Ende der Vegetationsperiode etwa 50 %, bei Berechnung des Parameters "AUDPC" für die Fläche unter der Befallskurve ergab sich ein Wert von 15,4, also deutlich über der Toleranzgrenze von 1.

Die Forderung nach Kontrolle des Befalls unter der Toleranzgrenze wird durch die Gesundheitsvariante (G) erfüllt und von jener Schwellenvariante (a1), welche eine Behandlung bereits bei Befall von 50 % der Pflanzen vorsieht (= jede zweite Pflanze befallen; BSB  $\approx$  0,01 %) und mit einer Folgebehandlung bei 0,15 % Befallsstärke kombiniert ist (Abb. 2, mitte). Eine alleinige Behandlung nach der frühen Schwelle (a) ist unter den gegebenen Befallsbedingungen nicht ausreichend. Ebenso sind alle, nach späteren Erregerstadien terminierten Fungizidbehandlungen unterlegen, sowohl als Einzelbehandlung als auch in Kombination mit einer Folgebehandlung.



**Abbildung 2:** Prüfung von Bekämpfungsschwellen am Standort Piering 1993, Sorte "Carla", Fungizid Difenconazole (Bardos 1,0 l/ha); Epidemieverlauf (unbehandelt) und Indikation von verschiedenen Erstbehandlungen (oben), Effizienz der Erregerkontrolle (mitte), Reaktion des "Bereinigten Zuckerertrages" (unten)

**Figure 2:** Evaluation of thresholds, site Piering 1993, cultivar "Carla", fungicide Difenconazole (Bardos 1,0 l/ha); epidemic progress (untreated) and indication of initial treatments (top), efficiency of disease control (middle), response of recoverable sugar yield (bottom)

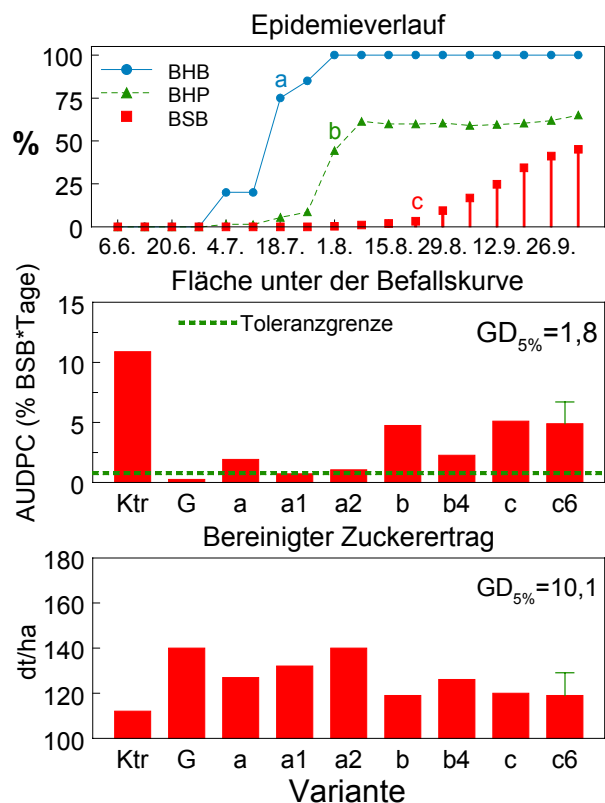
Die Tendenz der Erregerkontrolle wird durch die Reaktion des wesentlichen Ertragsparameters (BZE) in vollem Umfang bestätigt (Abb. 2, unten). Das Optimum des "Bereinigten Zuckerertrages" wird nur durch die Gesundvariante und die frühe Schwellenkombination (a1) gewährleistet, bei hohem Verlustpotential von 50 dt/ha. Alle übrigen Versuchsvarianten weisen nur Teilerfolge auf, in der Tendenz um so geringere, je später die Terminierung erfolgt, d.h. je mehr Befall infolge eines höheren Schwellenwertes zugelassen wird.

### 3.1.2 Standort Moosham 1994

Etwas verzögert beginnt die Epidemie am Standort Moosham in der Vegetationsperiode 1994 (Abb. 3, oben). Die Überschreitung der Bekämpfungsschwelle "50 % BHB" (a) ist zum 18. Juli angezeigt, weitere Erstbehandlungen zu den nachfolgenden Erregerstadien "0,2 % BSB" (b) und "2 % BSB" (c) zum 01. bzw. 22. August. Folgebehandlungen in kombinierten Schwellenvarianten waren zum 17.08. (1), 26.08. (2), 03.09. (4) und 30.09. (5) angezeigt. Ohne Bekämpfungsmaßnahme (Ktr) waren zum Ende der Saison 45 % der Blattfläche befallen, für den Parameter AUDPC resultierte eine Summe von 10,9.

Eine Kontrolle des Befalls unter der Toleranzgrenze erfüllen neben der Gesundvariante (G) nur Behandlungen nach der frühen Schwelle "50 % BHB" bei Kombination mit Folgebehandlungen (a1, a2), woraus zu folgern ist, daß Einfach-Behandlungen (a, b) einer Kontrolle des Befalls über die restliche Dauer der Vegetationsperiode nicht genügen konnten (Abb. 3, mit-

te). Wiederum nur Teilwirkungen erzielen Fungizidbehandlungen bei Orientierung an späteren Erregerstadien, eine Erstbehandlung nach "0,2 % BSB" und Folgebehandlung "2 % BSB" (b4) weist eine noch bedeutende Effizienz nach. Der Versuchsansatz des Jahres 1994 (Abb. 3, mitte) beinhaltet bereits eine Prüfung unterschiedlicher Folgebehandlungen (1, 2) bei Kombination mit der Erstbehandlung von 50 % BHB (a). Diesbezüglich wird ersichtlich, daß unter den gegebenen Befallsbedingungen auch der höhere Wert von 0,4 % BSB als Folgebehandlung geeignet ist, um die Epidemie wirkungsvoll zu kontrollieren. Bei einem Vergleich der beiden Schwellenwerte ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede.



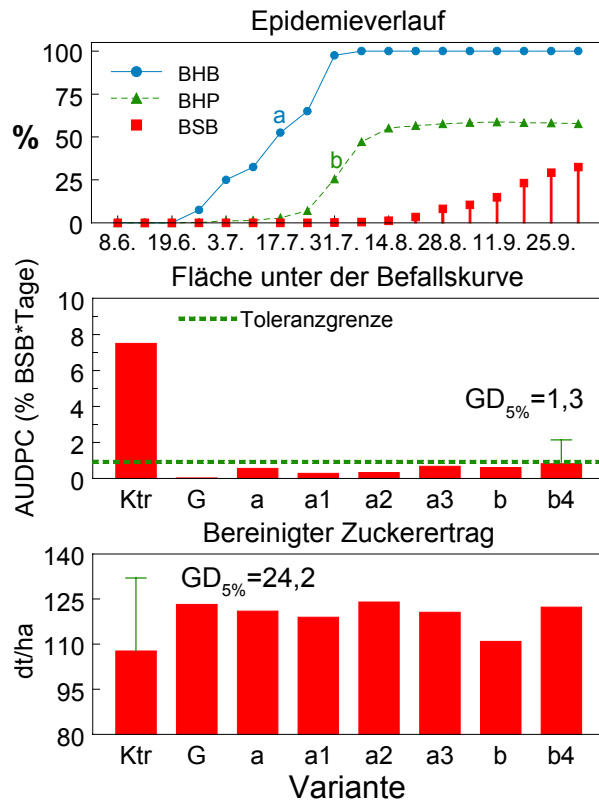
**Abbildung 3:** Prüfung von Bekämpfungsschwellen am Standort Moosham 1994, Sorte "Hilma", Fungizid Cyproconazole (Alto 0,8 l/ha); Epidemieverlauf (unbehandelt) und Indikation von verschiedenen Erstbehandlungen (oben), Effizienz der Erregerkontrolle (mitte), Reaktion des "Bereinigten Zuckerertrages" (unten)

**Figure 3:** Evaluation of thresholds, site Moosham 1994, cultivar "Hilma", fungicide Cyproconazole (Alto 0,8 l/ha); epidemic progress (untreated) and indication of initial treatments (top), efficiency of disease control (middle), response of recoverable sugar yield (bottom)

Das Schadpotential des Parasiten war am Standort Moosham 1994 deutlich geringer als in Piering 1993, wobei als Differenz zwischen Gesundvariante (G) und Kontrolle (Ktr) 28 dt/ha an "Bereinigtem Zuckerertrag" gemessen wurden (Abb. 3, unten). Auf entsprechendem Niveau, ohne signifikante Unterschiede zur Gesundvariante, beliefen sich die Erträge der frühen Schwellenkombinationen (a1, a2). Eine verzögerte Terminierung (b, b4, c, c5) läßt wiederum nur Teilerfolge bezüglich der Verlustminderung erkennen und bestätigt somit das Ergebnis des Jahres 1993.

### 3.1.3 Standort Piering 1995

Der Epidemiebeginn, d.h. ein Befall mit *Cercospora beticola* an zumindest jeder zweiten Pflanze und somit die Überschreitung der Bekämpfungsschwelle "50 % BHB" (a) ist bereits zur Mitte des Monats Juli evident (Abb. 4, oben). Die Indikation der Bekämpfungsschwelle "0,2 % BSB" (b) tritt gegen Ende des Monats zum 31.07. ein. Folgebehandlungen auf der Basis einer Erstbehandlung nach der frühen Schwelle "50 % BHB" (a) waren angezeigt am 25.08. (a1), 12.09. (a2) und 27.09. (a3).



**Abbildung 4:** Prüfung von Bekämpfungsschwellen am Standort Moosham 1994, Sorte "Hilma", Fungizid Cyproconazole (Alto 0,8 l/ha); Epidemieverlauf (unbehandelt) und Indikation von verschiedenen Erstbehandlungen (oben), Effizienz der Erregerkontrolle (mitte), Reaktion des "Bereinigten Zuckerertrages" (unten)

**Figure 4:** Evaluation of thresholds, site Moosham 1994, cultivar "Hilma", fungicide Cyproconazole (Alto 0,8 l/ha); epidemic progress (untreated) and indication of initial treatments (top), efficiency of disease control (middle), response of recoverable sugar yield (bottom)

Trotz eines relativ frühen Epidemiebeginns ist angesichts der verzögerten Progression der Krankheitsdruck allenfalls als gemäßigt einzustufen (Abb. 4 mitte). In der unbehandelten Kontrolle war am Ende der Vegetation eine Befallsstärke von 32,4 % zu verzeichnen, für den Parameter "AUDPC" wurde ein Wert von 7,5 ermittelt. Unter den gegebenen Befallsbedingungen vermögen sämtliche Behandlungsvarianten den Befall unter die Toleranzgrenze zu mindern, die Unterschiede weisen keine Signifikanz auf und sind daher nur tendenziell zu werten. Schon Einfachbehandlungen (a, b) sind ausreichend wirksam, auch bei verzögerter Terminierung nach der Schwelle "0,2 % BSB". Bezüglich der Effektivität unterschiedlicher Folgebehandlungen ergab sich keine Differenzierung zwischen den Schwellenwerten 0,15 und 0,4 % BSB (1, 2). Der Schwellenwert von 1 % BSB (3) dagegen reduziert die Effizienz der Erregerkontrolle merklich.



Die Epidemie von *Cercospora beticola* verursachte einen Verlust an "Bereinigtem Zuckerertrag" in Höhe von 15 dt/ha (Abb. 4, unten). Obgleich dem Versuchsergebnis eine hohe Streuung zugrunde liegt, wird der Schaden, mit Ausnahme der Einfachbehandlung 0,2 % BSB (b), von allen Varianten abgewendet. Wie bei der Kontrolle des Befalls bestätigt der Ertragsparameter die ausreichende Wirkung einer Einfachbehandlung (a). Die Effekte aus den Kombinationen von verschiedenen Folgebehandlungen (1,2,3) lassen daher keine Differenzierung zu.

### 3.2 Ableitung der Erstbehandlung

Die Prüfung von Bekämpfungsschwellen - hier die Effizienz von Erstbehandlungen betreffend - ist in Abbildung 5 und 6 mit Hilfe von "Boxplots" unter Angabe des Medians und der Percentile für 5 und 25 %, (unten) sowie 75 und 95 % (oben) zusammengefaßt. Wie aus dem Streuungsmaß der Kontrolle (Ktr) zu ersehen ist, lagen im Untersuchungszeitraum z.T. erhebliche Differenzen bezüglich des standortspezifischen Schadausmaßes vor. Als höchster Grad der Schädigung ergab sich unter Verwendung des Parameters AUDPC ein Wert von 17, das Minimum betrug 0,1 (Abb. 5). Die Gesundvariante (G) reduzierte das Befallsausmaß in allen Fällen unterhalb der Toleranzgrenze. Mit hoher Wahrscheinlichkeit (75 %) ist diese Forderung ebenso zu erfüllen bei Anwendung der Schwelle "50 % BHB" (a). Sofern Überschreitungen vorkamen, waren diese nur von geringem Ausmaß. Bei Vorgehen nach der Bekämpfungsschwelle "0,2 % BSB" (b) als Erstbehandlung betrug die Quote der Überschreitung der Toleranzgrenze bereits 50 %, bei zum Teil erheblichen Differenzen. Keinesfalls in ausreichendem Maße zu kontrollieren ist das Krankheitsgeschehen mit den spät indizierenden Schwellen "2 % BSB" (c) und "10 % BSB" (d). Mit einer Ausnahme ist in allen Fällen ein z.T. deutlich höheres Befallsausmaß eingetreten, als zu tolerieren wäre. Die Minderwirkungen waren frühzeitig erkenntlich geworden, so daß die Prüfung der Bekämpfungsschwelle "2 % BSB" (c) und "10 % BSB" (d) auf zwei bzw. ein Versuchsjahr eingeschränkt werden konnte. Die Ertragswirkungen indes bestätigen die Verlustminderungen vollends, wobei die Verluste bei Anwendung der zu frühem Stadium der Epidemie indizierenden Schwelle "50 % BHB" (a) auf ein Minimum reduziert sind (Abb. 6); meist lag die Ertragsleistung auf dem Niveau der Gesundvariante (G), in Einzelfällen, bei "negativen Verlusten" sogar geringfügig höher. Die Verluste an "Bereinigtem Zuckerertrag" dagegen steigen um so mehr, je später die Bekämpfungsschwellen (b,c,d) indizieren. Somit ist der Bekämpfungsschwelle "50 % BHB" (a) als Erstindikation der Vorzug zu geben.

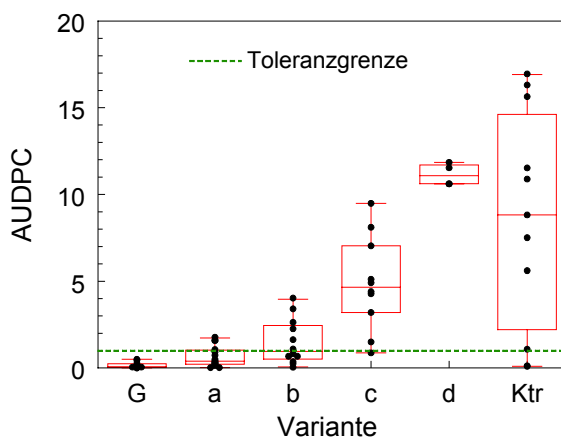


Abbildung 5: Effizienz von Bekämpfungsschwellen (Erstbehandlung); Kontrolle des Befalls

Figure 5: Efficiency of thresholds (initial treatment); disease control

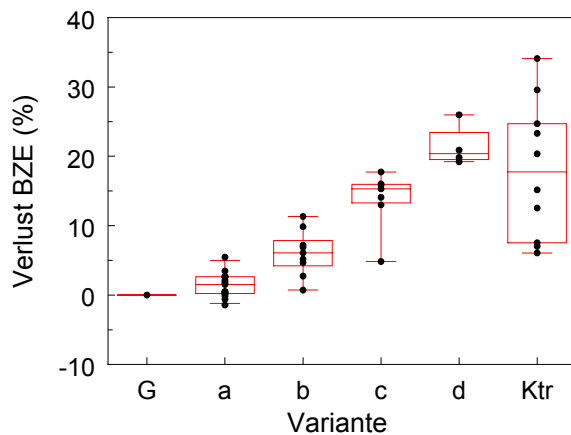


Abbildung 6: Effizienz von Bekämpfungsschwellen (Erstbehandlung); Minderung von Verlusten an "Bereinigtem Zuckerertrag" (BZE)

Figure 6: Efficiency of thresholds (initial treatment); reduction of yield losses (BZE = recoverable sugar yield)

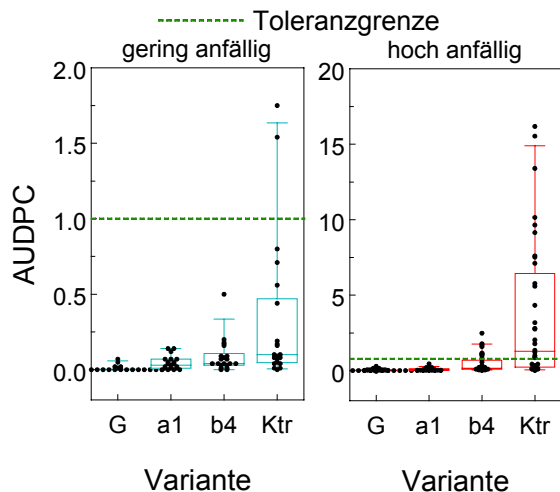
### 3.3 Prüfung von Bekämpfungsschwellen im Anbausystem

Die Vorzüglichkeit der zu frühen Erregerstadien indizierenden Bekämpfungsschwellen (a, b) war weiter abzusichern in Anbausystemversuchen (1994-1996, n = 57), insbesondere unter Berücksichtigung unterschiedlich anfälliger Sorten. Nach ersten Erkenntnissen über die Effektivität von Bekämpfungsschwellen konnte der Versuchsansatz eingeschränkt werden auf einen Vergleich der hoch effektiven Schwellenkombinationen "a1" (50 % BHB, Folgebehandlung 25 % BHP) und "b4" (0,2 % BSB, Folgebehandlung 2 % BSB), wobei Folgebehandlungen nur dann ausgeführt wurden, sofern deren Indikation vor Mitte September eintrat.

Die unterschiedliche Anfälligkeit von Zuckerrübensorten gegenüber *Cercospora beticola* führte zu deutlichen Differenzierungen hinsichtlich des resultierenden Befallsausmaßes. In Abhängigkeit vom standörtlichen Befallsdruck schwankte der AUDPC-Wert innerhalb von gering anfälligen Sorten zwischen 0 und 1,75 (Abb. 7, links) bzw. zwischen 0,1 und 16,2 (Abb. 7, rechts) im Falle von anfälligen Varietäten.

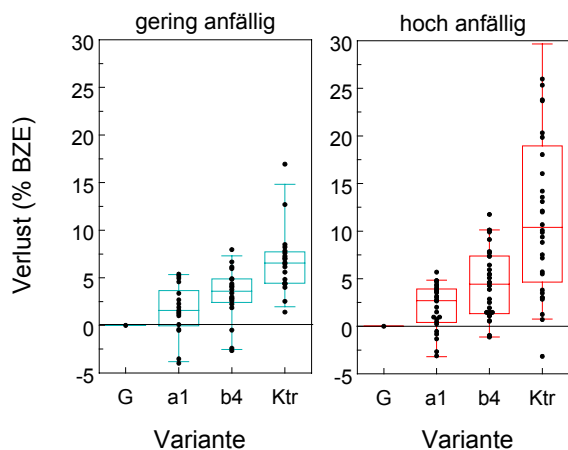
Die überlegene Leistung der frühen Schwelle (a1) kommt ebenso bei gering anfälligen Sorten zum Ausdruck (Abb. 7, links), die hohe Teilresistenz bewirkt jedoch einen mäßigenden Einfluß auf die Progression der Epidemie, so daß die Unterschiede zwischen den Bekämpfungsschwellen zurücktreten. Insgesamt ist zu konstatieren, daß die Toleranzgrenze des Befalls selbst in der unbehandelten Kontrolle nur in zwei Fällen überschritten wird, wenngleich in allen Fällen Indikationen der Bekämpfungsschwellen vorlagen.

Die Vorzüglichkeit der Schwelle "a1" tritt mehr noch im Falle von anfälligen Sorten hervor (Abb. 7, rechts). Die Leistung ist ebenbürtig mit jener der Gesundvariante (G), nachdem das Befallsausmaß in allen Fällen unter die Toleranzgrenze reduziert werden konnte. Dagegen wies die Schwelle "b4" zu 20 % Überschreitungen auf, insbesondere bei frühem Epidemiebeginn und starker Progression in der Folge.



**Abbildung 7:** Vergleich der Befallsminderung (AUDPC) von Schwelle "a1" (Erstbehandlung 50 % BHB, Folgebehandlung 0,2 % BSB) und Schwelle "b4" (Erstbehandlung 0,2 % BSB, Folgebehandlung 2,0 % BSB) gegenüber "Kontrolle" (Ktr) und "Gesund" (G); gering anfällige Sorten (links), hoch anfällige Sorten (rechts); Fungizid: Flusilazole + Carbendazim (Harvesan 0,6 l/ha)

**Figure 7:** Comparison of disease control (AUDPC) performed by threshold "a1" (1<sup>st</sup> treatment 50 % BHB, 2<sup>nd</sup> treatment 0,2 % BSB), and threshold "b4" (1<sup>st</sup> treatment 0,2 % BSB, 2<sup>nd</sup> treatment 2,0 % BSB) with "untreated" (Ktr) and "healthy" (G = 3 x treated); low susceptible cultivars (left), high susceptible cultivars (right); fungicide: Flusilazole + Carbendazim (Harvesan 0,6 l/ha)



**Abbildung 8:** Vergleich der Verlustminderung (% BZE) von Schwelle "a1" (Erstbehandlung: 50 % BHB, Folgebehandlung 0,2 % BSB) und Schwelle "b4" (Erstbehandlung: 0,2 % BSB, Folgebehandlung 2,0 % BSB) gegenüber "Kontrolle" (Ktr) und "Gesund" (G); gering anfällige Sorten (links), hoch anfällige Sorten (rechts); Fungizid: Flusilazole + Carbendazim (Harvesan 0,6 l/ha)

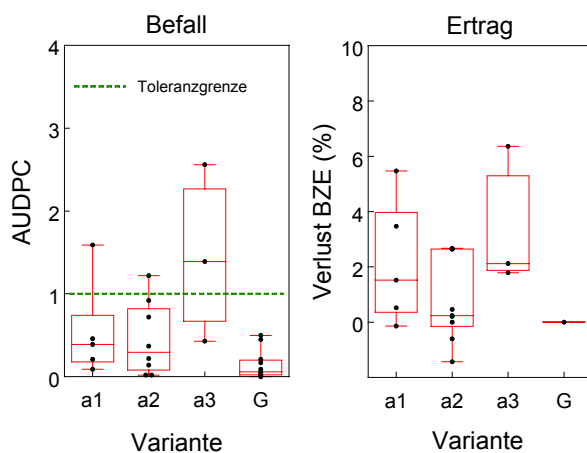
**Figure 8:** Comparison of loss reduction (% BZE = recoverable sugar yield) performed by threshold "a1" (1<sup>st</sup> treatment 50 % BHB, 2<sup>nd</sup> treatment 0,2 % BSB), and threshold "b4" (1<sup>st</sup> treatment 0,2 % BSB, 2<sup>nd</sup> treatment 2,0 % BSB) with "untreated" (Ktr) and "healthy" (G = 3 x treated); low susceptible cultivars (left), high susceptible cultivars (right); fungicide: Flusilazole + Carbendazim (Harvesan 0,6 l/ha)

Die hohe Effizienz der Schwelle "50 % BHB" wird bestätigt durch die Reaktion des Bereinigten Zuckerertrages, wenngleich gegenüber der Variante "Gesund", unabhängig von der Sortenreaktion, geringfügige Verluste von 2-3 % hinzunehmen sind (Abb. 8). Aus ökonomischer Sicht sind die Verluste zu tolerieren, da die Effekte in Relation zum Aufwand an Pflanzenschutz zu setzen sind. Hierbei ist festzuhalten, daß die Schwellenvariante "a1" im Durchschnitt 1,2 mal, die Gesundvariante jedoch 3 mal zu behandeln war. Für die verzögerte Terminierung "b4", orientiert am Befallsstadium "0,2 % BSB", weist der Median Zuckerverluste

von annähernd 5 % aus, wobei im Durchschnitt 1,1 Applikationen zugrunde liegen. Somit kann als Indikator für eine Erstapplikation die Schwelle "50 % BHB", auch unter Einbeziehung einer unterschiedlichen Sortenanfälligkeit, bestätigt werden.

### 3.4 Ableitung des Schwellenwertes für eine Folgebehandlung

Moderne Fungizide aus der Verbindungsklasse der Azole bewirken eine Fungistasis von etwa 3-4 Wochen. Insofern kann die sukzessive Metabolisierung der fungiziden Wirkstoffe, insbesondere nach frühem Epidemiebeginn und befallsfördernden Bedingungen (anfällige Sorte, feucht-warme Witterung) zu einem erneuten Ausbruch der Krankheit mit Gefahr einer Überschreitung der Schadensschwelle führen. Nach Festlegung des Befallsstadiums für eine Erstbehandlung (50 % BHB) waren für eine Folgebehandlung, um die erneute Progression des Erregers zu berücksichtigen, sukzessive Stadien des Erregers zu prüfen. Die Indikation der zweiten Bekämpfungsschwelle entfällt generell in spätere Stadien der Vegetationsentwicklung und liegt damit zeitlich näher zur Ernte, so daß auch ein progressives Stadium der Epidemie noch eine wirkungsvolle Kontrolle des Krankheitsbefalls gewährleisten kann. Die Basis der Prüfung stellte die Ausführung einer Erstbehandlung nach Schwelle "50 % BHB" (a) dar. Als Folgebehandlungen kamen alternativ die Schwellenwerte "0,15 % BSB" (1), "0,4 % BSB" (2), und "1 % BSB" (3) zur Prüfung. Bei einem Vergleich der Effizienz, sowohl in Bezug auf Befalls- als auch Verlustminderung im "Bereinigtem Zuckerertrag", ist kein wesentlicher Unterschied zwischen Schwelle 1 und 2 ersichtlich (Abb. 9). Schwelle 3 dagegen ist deutlich minder effektiv, so daß ein Befall von 1 % der Blattfläche als ein zu weit fortgeschrittenes Befallsstadium einzustufen ist. Als Schwellenwert für eine Folgebehandlung kann daher eine Befallsstärke von 0,15 bis höchstens 0,4 % Verwendung finden; die Schwellenwerte korrespondieren mit einer Blatt-Befallshäufigkeit von 25-40 % (BHP).



**Abbildung 9:** Vergleich verschiedener Schwellenkombinationen mit der Gesundheitsvariante (G); Erstbehandlung: a=50 % BHB; Folgebehandlungen: 1=0,15 % BSB, 2=0,4 % BSB, 3=1,0 % BSB; Effektivität der Befallsminderung (links), Minderung von Verlusten im "Bereinigtem Zuckerertrag" (BZE) (rechts)

**Figure 9:** Comparison of different threshold combinations with the variant "healthy" (G = 3 x treated); initial treatment: a=50 % BHB; following treatments: 1=0,15 % BSB, 2=0,4 % BSB, 3=1,0 % BSB; efficiency of disease control (left), reduction of sugar yield loss (right)

## 4 Diskussion

Bekämpfungsschwellen als Indikatoren von Fungizidbehandlungen sind wesentlicher Bestandteil des IPS-Modells Zuckerrübe (VERREET et al., 1996). Eine detaillierte Abhandlung zur Evaluierung von Bekämpfungsschwellen wurde von WEIS (1998) vorgelegt. Die begriffliche Definition der Bekämpfungsschwelle darf hierbei nicht mit der Schadensschwelle verwechselt werden. Die Bekämpfungsschwellen sind in erster Linie als Indikatoren des Fungizideinsatzes zu sehen, d.h. bei Befallsentwicklungen, welche das Stadium der Bekämpfungsschwelle übersteigen, wäre eine unmittelbare Fungizidmaßnahme zu tätigen. Die Terminierung ist dabei insbesondere nach der Effektivität der verfügbaren Fungizide (Cyproconazole, Difenoconazole, Epoxiconazole, Flusilazole) ausgerichtet, deren Leistungsfähigkeit wiederum mit dem Stadium der Epidemie interagiert. Die Bekämpfungsschwellen zeigen somit nicht das unmittelbare Eintreten von Ertragsverlusten an, wie die Schadensschwelle oder gleichbedeutend die Toleranzgrenze des Befalls. Die Bekämpfung von Blattkrankheiten der Zuckerrübe betreffend aber verhält es sich so, daß bei Befallsentwicklungen im Bereich der Schadensschwelle, welche im Extrem auch als Bekämpfungsschwelle dienen könnte, die Leistungsfähigkeit der Fungizide bei weitem überfordert ist, um eine praxisgerechte Kontrolle des Befalls zu erreichen. Nach HOFFMANN et al. (1994) kann bei derartiger Konstellation mit dem Eingriff nicht gewartet werden, bis Schäden in Höhe der Bekämpfungskosten eingetreten sind, sondern Gegenmaßnahmen sind schon dann zu ergreifen, wenn erkennbar wird, daß Schäden in mindestens dieser Höhe eintreten werden. Es ist daher unterhalb der Schadensschwelle eine Bekämpfungsschwelle zu definieren, die einen Sicherheitsabstand festlegt.

Im Hinblick auf die Notwendigkeit des Einsatzes von Fungiziden sind verschiedene Konzeptionen von Prognose-, Beratungs- und Entscheidungsmodellen entwickelt worden. Ihnen allen gemeinsam ist die Suche nach Kriterien im Hinblick auf eine optimale Terminierung und damit Steigerung der Effizienz und Reduktion der Kosten. Als wesentliche Kriterien für einen Krankheitsausbruch beispielsweise definiert MISCHKE (1960), ausgehend von einer Befallshäufigkeit von mindestens 5 % der Pflanzen mit wenigstens 10 Symptomen, eine Nachttemperatur von mindestens 10 °C und gleichzeitig eine relative Luftfeuchtigkeit  $\geq 95$  % für mehr als 10 Stunden an drei aufeinanderfolgenden Tagen. Häufig wird eine Fungizidbehandlung bei Erscheinen von ersten Blattflecken empfohlen mit Folgebehandlungen in 2-3wöchigen Intervallen; die Spritzabstände sind nach dem Anfälligkeitsgrad der Sorte und den aktuellen Witterungsbedingungen auszurichten. (KHRISTOVA, 1968; MARIC, 1975). Etliche Alternativen einer Behandlungsstrategie wurden von BATTILANI et al. (1990, 1992) einer Prüfung unterzogen, unter anderem schwellenorientierte Modelle, welche z.B. als Zusammenfließen von Blattflecken auf mindestens 40 % der Pflanzen oder anhand von "Indikatorpflanzen" höherer Anfälligkeit im Zusammenhang mit der Indikation eines bestimmten Befallswertes definiert sind. Die vorgestellten Konzeptionen konkretisieren vorrangig die Terminierung von Primärbehandlungen, sie lassen jedoch Bezüge auf die Interaktion von epidemiologischem Verhalten und Verlustsituation vermissen, welche wiederum Voraussetzung sind für eine Reduktion der Behandlungsmaßnahmen auf den unbedingt erforderlichen Umfang und somit Optimierung von Kosten und Nutzen. Über eine Implementierung und Prüfung im praktischen Rübenanbau ist nicht weiter berichtet worden.

Über ein *Cercospora*-Bekämpfungsmodell berichten des weiteren WINDELS et al. (1998). Aufbauend auf den Arbeiten von SHANE und TENG (1982, 1984) basiert die Weiterentwicklung und Implementierung des Modells in die Praxis auf einer Kooperationsinitiative von Zuckerindustrie, Produzenten und Universität (Minnesota). Neben einer witterungsgestützten Prognosemöglichkeit ist die Bekämpfungsschwelle ein wesentliches Element für die Entscheidung von Fungizidbehandlungen; diese ist flexibel definiert, indem die Höhe der Bekämpfungsschwelle auf das Stadium der Vegetationsperiode bzw. Kalendarium Bezug nimmt. Sie ist nahezu identisch mit der eigenen Entwicklung bei einer Definition von 0,04

Sie ist nahezu identisch mit der eigenen Entwicklung bei einer Definition von 0,04 (Juli) bis 0,2 % Befallsstärke (Mitte September).

Im IPS-Modell Zuckerrübe konvergieren als wesentliche Elemente die Bekämpfungsschwelle, Schadensschwelle und Verlustprognose zu einer neuen Konzeption des Integrierten Pflanzenschutzes, unter Berücksichtigung des Wirkungspotentials moderner Fungizide. Es bleibt herauszustellen, daß die Bekämpfungsschwelle zwar einen wesentlichen Bestandteil der Strategie darstellt, jedoch für sich gestellt keineswegs die angestrebte Integration von Bekämpfungsmaßnahmen zu realisieren vermag (WOLF et al., 1998b). Die Bekämpfungsschwelle ist aus epidemiologischer Sicht der Schadensschwelle zeitlich zumindest um 4-5 Wochen, bei gemäßiger Epidemie noch weit mehr, vorgelagert (WOLF et al., 1997). Die umfassende Integration ergibt sich zunächst durch Evaluierung der Schadensschwelle, also der Festlegung des Befallsstadiums, welches unmittelbar das Eintreten von Ertragsverlusten anzeigt (WOLF et al., 1998a). Jedoch auch die Schadensschwelle führt noch nicht zum Ziel. Erst die Prognose über die Wahrscheinlichkeit von Verlusten zum Zeitpunkt der Schwellenindikation, welche wegen der großen zeitlichen Spanne zwischen Bekämpfungs- und Schadensschwelle zwingend notwendig ist, verleiht Einsicht, ob die Notwendigkeit einer Fungizidapplikation gegeben ist. Die Problematik war erkenntlich geworden aus Fallstudien mit gemäßigem Verlauf der Epidemie, welche zwar eine Indikation der Bekämpfungsschwelle beinhalteten, jedoch nicht der Schadensschwelle. Anfangsbefall über der Schwelle von "50 % BHB", d.h. ein Auftreten von Symptomen an mehr als jeder zweiten Pflanze war in fast allen Fallstudien eingetreten. Somit würden bei ausschließlicher Orientierung an Bekämpfungsschwellen Fungizidbehandlungen getätigt, ohne ökonomische Notwendigkeit.

Das IPS-Modell Zuckerrübe hat bereits in die rübenanbauende Praxis Süddeutschlands (1996) und Österreichs (2000) Eingang gefunden. Voraussetzung war eine Trivialisierung der Bekämpfungsschwellen im Zusammenhang mit der Erhebung des Blattbefalls, des weiteren ein Warnsystem mit einem Monitoring des Krankheitsbefalls als zentralen Bestandteil, um die Landwirte in Diagnose und Erhebung des Blattbefalls zu entlasten (WOLF et al., 1998b; 2000a,b).

## Literatur

- BATTILANI, P., BELTRAMI, G., MERIGGINI, P., PONTI, I., ROSSI, A., ROSSI, V., ROSSO, F., TUGNOLI, V., ZOCCA, A. (1990): Nuovo indirizzi, di difesa anticercosporica. L'Informatore Agrario, **46** (23), 53-70.
- BATTILANI, P., BELTRAMI, G., CANOVA, A., GHEDINI, R., MERIGGI, P.L., PONTI, I., ROSSI, V., ROSSO, F., TUGNOLI, V., ZOCCA, A. (1992b): La difesa integrata della barbabietola da zucchero dalla Cercosporiosi alla luce dei risultati ottenuti in un quadriennio di sperimentazioni. L'Informatore Agrario, (30), 57-60.
- BLEIHOLDER, H., WELTZIEN, H.C. (1972b): Beiträge zur Epidemiologie von *Cercospora beticola* Sacc. an Zuckerrübe. III. Geopathologische Untersuchungen. Phytopathologische Zeitschrift, **73** (2), 93-114.
- HOFFMANN, G.M., NIENHAUS, F., POEHLING, H.M., SCHÖNBECK, F., WELTZIEN, H.C., WILBERT, H. (1994): Lehrbuch der Phytomedizin. BLACKWELL- WISS.-VERLAG, BERLIN, ISBN 3-8263-3008-0.

- KRANZ, J., HOLZ, F. (1993): Basics of Decision - Making and Planning for Integrated Pest Management (IPM).  
Zentralstelle für Ernährung und Landw., Feldafing und Tschortau, ISBN-No.: 3-924441-67-7.
- KHRISTOVA, E. (1968): The control of *Cercospora beticola* based on prognosis.  
RAST. ZASHTITA (SOFIA), **16**, 18-22.
- MARIC, A. (1975): Forecasting incidence and issuing warnings for sugar beet leaf spot (*Cercospora beticola* Sacc.) in Yugoslavia.  
Journal Institut International de Recherches Betteravieres, **7**, 11-13.
- MISCHKE, W. (1960): Untersuchungen über den Einfluß des Bestandsklimas auf die Entwicklung der Blattfleckenkrankheit *Cercospora beticola* im Hinblick auf die Einrichtung eines Warndienstes.  
Bay. Landw. Jahrbuch, **37** (2), 197-227.
- SHANE, W. W., TENG, P.S. (1982): Epidemiology of *Cercospora* leafspot.  
Sugarbeet Res. Ext. Rep., **13**, 201-213.
- SHANE, W.W., TENG, P.S. (1984): Evaluation and implementation of the *Cercospora* leafspot prediction model.  
Sugarbeet Res. Ext. Rep., **15**, 129-138.
- VERREET, J.A., WOLF, P.F.J., WEIS, F.-J. (1996): Bekämpfungsschwellen als Grundlage für eine integrierte Bekämpfung von *Cercospora beticola* – Das IPS-Modell Zuckerrübe.  
Proc. 59<sup>th</sup> IIRB Congr., 55-69.
- WINDELS, C.E., LAMEY, H.A., HILDE, D., WIDNER, J., KNUDSON, T. (1998): A *Cercospora* leaf spot model for sugar beet.  
Plant disease, **82** (7), 716-726.
- WEIS, F.-J. (1998): Entwicklung eines Integrierten Pflanzenschutzsystems zur schwellenorientierten Bekämpfung von *Cercospora beticola* in der Zuckerrübenkultur - IPS-Modell-Zuckerrübe.  
Dissertation CAU Kiel, Agrimedia, agribusiness & food, Nr. 6, ISBN 3-86037-098-7.
- WOLF, P.F.J., WEIS, F.-J., VERREET, J.-A. (1995a): Grundlagen einer integrierten Bekämpfung von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben.  
Z. PflKrankh. PflSchutz, **102** (6), 574-585.
- WOLF, P.F.J., WEIS, F.-J., VERREET, J.-A. (1995b): Influence of different cropping systems and threshold values on the epidemiological behaviour of *Cercospora beticola* in sugar beet.  
Med. Fac. Landboww. Univ. Gent, 60/2b, 431-438.
- WOLF, P.F.J., VERREET, J.-A. (1997): Epidemiologische Entwicklung von *Cercospora beticola* (Sacc.) in Zuckerrüben.  
Z. PflKrankh. PflSchutz., **104** (6), 545-556.

- WOLF, P.F.J., KRAFT, R., VERREET, J.-A. (1998a): Schadrelevanz von *Cercospora beticola* (Sacc.) in Zuckerrüben als Grundlage einer Verlustprognose.  
Z. PflKrankh. PflSchutz., **105** (5), 462-474, 1998
- WOLF, P.F.J., WEIS, F.J., VERREET, J.-A., BÜRCKY, K., MAIER, J., TISCHNER, H. (1998b): IPS (Integriertes Pflanzenschutzsystem)-Modell Zuckerrübe - Entwicklungsschritte und Einführung in die Praxis.  
Gesunde Pflanzen, **50** (8), 264-272.
- WOLF, P.F.J. (2000a): Experten und das Internet helfen bei der Bekämpfung von Blattkrankheiten.  
Agrozucker, (2), 11-15.
- WOLF, P.F.J. (2000b): Mit cerco-watch Blattkrankheiten der Zuckerrübe im Griff.  
Pflanzenarzt, (5), 25-26.