

IPS (Integriertes Pflanzenschutzsystem)-Modell Zuckerrübe

- Entwicklungsschritte und Einführung in die Praxis -

IPM (Integrated Pest Management)-model sugar beet
- Steps of development and introduction into practise -

Von Dr. P.F.J. Wolf, F.-J. Weis, Prof. Dr. habil. J.-A. Verreet (Christian-Albrechts-Universität Kiel); Dr. K. Bürcky (Kuratorium für Versuchswesen und Beratung), Dr. J. Maier (Südzucker AG); Dr. H. Tischner (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau)

Erschienen in: GESUNDE PFLANZE, 50. Jahrg., Heft 8, 1998

Zusammenfassung

In Zusammenarbeit von Universität (CAU Kiel), Zuckerindustrie (Südzucker AG) und Offizi-alberatung (Bayerisches Ministerium für Landwirtschaft und Ernährung, Bayerische Landes-anstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau) wird ein Integriertes Pflanzenschutzsystem (IPS-Modell Zuckerrübe) für Fungizidbehandlungen in Zuckerrüben entwickelt. Ziel ist die Opti-mierung von Rübenertrag und -Qualität bei Reduktion des Fungizideinsatzes auf den unbe-dingt erforderlichen Umfang.

Epidemieorientierte Bekämpfungsschwellen sind Grundlage des Modells. Die Notwendigkeit einer Fungizidapplikation ist gegeben, wenn die aktuelle Epidemie zu einer Überschreitung des IPS-Schwellenwertes führt. Die Definition und Prüfung von Bekämpfungsschwellen be-ruht auf epidemiologischen Studien im Feldbestand; maßgeblich für die Bewertung von Be-kämpfungsschwellen ist die Effizienz der Erregerkontrolle sowie die Auswirkungen auf Rüb-enertrag und -Qualität. Eine exakte Erregerdiagnose ist zentraler Bestandteil des Bekämp-fungssystems, da Bekämpfungsschwellen als Häufigkeiten oder Stärke des Befalls definiert sind.

Die Krankheitssituation in Süddeutschland ist dominiert von *Cercospora beticola*. Die Ent-wicklungsarbeiten konzentrierten sich daher zunächst auf diesen Erreger. Hier erwiesen sich Bekämpfungsschwellen mit Spritzindikation zu frühen Stadien der Erregerausbreitung als höchst effizient. Um die Ertragseffizienz im Vergleich zum Aufwand an Pflanzenschutz zu optimieren, war es darüber hinaus notwendig Geltungszeiträume für Bekämpfungsschwellen festzulegen unter Einbeziehung der Schadrelevanz des Erregers.

Die Definition des Bekämpfungssystems gibt die Notwendigkeit einer ersten Fungizidmaß-nahme im Zeitraum bis Mitte August bei 50 % befallenen Pflanzen vor (befallene Blattfläche $\approx 0,01$ %). In der Folgeperiode bis Ende August kann bereits ein höheres Befallsniveau tole-riert werden, daher gilt das epidemiologische Stadium von 25-35 % befallener Blätter als Kri-terium für eine Behandlung (befallene Blattfläche $\approx 0,2-0,4$ %). Bei Epidemiebeginn im Sep-tember kann auf Fungizidbehandlungen vollständig verzichtet werden. Für den Einsatz in der Praxis wurden die Schwellenwerte alternativ nach einer einfachen Erhebungsmethode (Blatt-rupfen) als 5 bzw. 45 befallene Blätter von 100 definiert.

Die Praxiseinführung wird unterstützt durch ein Monitoring (Schaderregerüberwachung), welches Grundlage für die Einrichtung eines Warndienstes ist. Zur Entlastung werden die Landwirte erst dann zu eigenen Bestandeskontrollen aufgerufen, wenn regional eine konkrete Gefahr bezüglich einer Überschreitung des IPS-Schwellenwertes gegeben ist.

Summary

In cooperation of University, Sugar beet industry, and bavarian state advisory service an Integrated Plant Protection System (IPS-Model Sugar beet) for fungicide treatments in sugar beets has been developed. The targets of the model are to ensure sugar beet yield and quality by giving a high effective control of fungal leaf diseases, but to reduce the chemical load on the environment to an unalterable necessary input.

The model is based on thresholds oriented to the epidemiology of fungal diseases. A fungicide spray is indicated, as soon as the epidemic progress passes the threshold level. Field studies of the epidemiology are done to define thresholds and to check them for efficacy of disease control as well as effects on sugar beet yield and quality. A correct diagnose of diseases is important, because thresholds are defined as frequency or severity of infection.

The disease situation in the south of Germany is predominated by *Cercospora beticola*. Therefore the development was focused to this pathogen at first. In general fungicide sprays to early stages of the epidemic progress were found to be most effective. Furthermore the period of thresholds validity is deducted from the damage value depending on the beginning of the epidemic progress in order to realize an effective reduction of chemical input.

The definitions of thresholds are such, that until the middle of August a first application has to be done, if 50 % of plants are infected (disease severity (infected leaf area) $\approx 0,01$ %). During the following period up to the end of August a higher disease level can be tolerated, therefore a leaf infection rate of 25-35 % indicates a fungicide spray (disease severity $\approx 0,2-0,4$ %). If the epidemic phase begins in September, no fungicide application is necessary. For practical purposes an alternative method of disease rating has been established. The method is based on a sample of 100 leaves from the middle of the leaf apparatus. According to this method the thresholds are 5 leafs infected for the first period and 45 for the second period.

The introduction of the model into practice is supported by a disease monitoring backed by the South Sugar AG and the Bavarian State advisory service, to give the farmers information about disease situation, which is specified for each region of sugar beet cropping. So the farmers are only forced to do their own field observations, if there is a real risk.

1 Einleitung

Das Auftreten von Pilzkrankheiten, insbesondere der Blattfleckererreger *Cercospora beticola* und *Ramularia beticola*, ist seit längerer Zeit bekannt (BLEIHOLDER und WELTZIEN 1972). Das Schadauftreten der Krankheiten, insbesondere von *Cercospora beticola*, trat in Süddeutschland zu Beginn der 90er Jahre verstärkt in Erscheinung. Der Erreger wird in erster Linie gefördert durch warm-feuchte Witterungsverhältnisse; der Anbau anfälliger Sorten und die Abnahme der Blattbergung mit der Folge einer erhöhten Inokulumpräsenz auf verbleibenden, erkrankten Blättern haben das Krankheitsauftreten zusätzlich begünstigt (WOLF und VERREET 1995, 1996).

Obwohl das Befallsrisiko bereits in den 50er Jahren erkannt wurde - schon damals wurden Warnmeldungen getätigt und zur Bekämpfung aufgerufen -, konnte eine zukunftsweisende Konzeption nicht gefunden werden. Es fehlte eine Orientierung über Notwendigkeit und optimalen Zeitpunkt von Gegenmaßnahmen, zudem standen für eine direkte Bekämpfung von Pilzkrankheiten nur vorbeugende Präparate zur Verfügung, so daß allein Behandlungen nach Stadium oder Kalendarium als Ausweg blieben. Dem Anwender schien dabei der Erfolg einer Maßnahme durch den relativen Grad der Befallsfreiheit gegeben zu sein, eine Optimierung im Sinne des "Integrierten Pflanzenschutzes", nämlich Fungizide nur nach Notwendigkeit auszubringen, war jedoch unter damaligen Voraussetzungen nicht möglich.

Moderne Verfahrensweisen des integrierten Pflanzenschutzes, wie sie beispielsweise für den Getreidebau entwickelt wurden (Weizenmodell, Gerstenmodell), indizieren die Verwendung von synthetischen Fungiziden erst nach Ausschöpfung aller pflanzenbaulichen Mittel, wenn die aktuelle Befallssituation es erfordert (VERREET und HOFFMANN 1989, MAIER und HOFFMANN 1993). Die grundsätzlichen Überlegungen dieser Vorgehensweise, die von HOFFMANN (1990, 1991) geprägt wurde, nämlich direkte Bekämpfungsmaßnahmen an der Epidemiologie des Erregers zu orientieren, können auch für das Wirt-Parasitsystem Zuckerrübe-*Cercospora beticola* Anwendung finden. Grundlage für derartige Modellentwicklungen ist zum einen die Verfügbarkeit über diagnostische Verfahren. Bekämpfungsschwellen zeigen darüber hinaus den richtigen Behandlungstermin an; mit einer gewissen Häufigkeit oder Stärke des Befalls definieren sie jenes Stadium der Krankheitsentwicklung, bei dessen Nichtbekämpfung im weiteren Verlauf das Risiko eines wirtschaftlichen Schadens besteht. Wesentlich für die Praktikabilität derartiger Verfahren ist die Verfügbarkeit kurativ-eradikativ wirksamer Präparate, da ein gewisser Befallsgrad, welcher sich in den Bekämpfungsschwellen wiederfindet, toleriert wird.

Das Zielobjekt der Modellentwicklung ist in erster Linie der Landwirt, niemand anders als der Landwirt entscheidet und führt Pflanzenschutzbehandlungen aus. Um so mehr ist daher bei der Umsetzung in die Praxis das Hauptaugenmerk auf die leichte Handhabung des Modells zu legen. Wichtige Ziele der Modellentwicklung ist die Produktion einer einheitlich, hohen Qualität der Zuckerrübe, welche vor allem im Interesse der Zuckerindustrie liegt. Der Landwirt wiederum wird in die Lage versetzt, seine Produktionskosten zu optimieren, indem er Pflanzenschutzmittel nur dann einsetzt, wenn es unbedingt notwendig ist (Tab. 1).

Illusorisch wäre die Erwartung, daß eine derartige Entwicklung von Pflanzenschutzsystemen in absehbarer Zeit einen weitgehenden oder gar vollständigen Verzicht auf synthetische Pflanzenschutzmittel ermöglichen könnte. Vielmehr ist die Blickrichtung darauf gerichtet, deren Verwendung auf den unbedingt notwendigen Umfang zu beschränken, um damit den Eintrag chemischer Pflanzenschutzmittel in die Umwelt zu reduzieren und eine nachhaltige Landwirtschaft zu fördern (Tab. 1).

Tabelle 1: Voraussetzungen und Möglichkeiten des IPS-Modells Zuckerrübe

Voraussetzungen der Entwicklung

- wissenschaftliche Grundlagenforschung
- praxisgerechte Umsetzung
- hohe Akzeptanz bei Beratungsinstitutionen und Landwirten

Möglichkeiten des IPS-Modells

- hohe Verarbeitungsqualität der Zuckerrübe
- Optimierung von Ertrag und Produktionskosten
- Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nach Notwendigkeit
- Verminderung des Pflanzenschutzmittel-Eintrags in die Umwelt

2 Konzeption der Modellentwicklung

Der Anstoß zur Modellentwicklung ging von der Südzucker AG aus, nachdem in den Jahren 1991/1992 vor allem in Südbayern ausgeprägte Kalamitäten durch Befall mit *Cercospora beticola* eingetreten waren. Die Modellentwicklung wurde von einer mehrjährig ausgerichteten Forschungskoooperation getragen (Abb. 1). Die Zusammenarbeit hat das Modell im Hin-

blick auf eine spätere Einführung in die Praxis wesentlich gestützt, da Zwischenergebnisse jederzeit offengelegt wurden und die Weiterentwicklung in gegenseitigem Einvernehmen aller Beteiligten verfolgt wurde. Somit konnten Einwände und Wünsche in bezug auf die Umsetzung in die Praxis schon frühzeitig berücksichtigt werden, wodurch die Akzeptanz und Identifikation mit dem Modell entscheidend gefördert wurde.

Erster Ansatzpunkt bei der Entwicklung eines IPS- (Integriertes Pflanzenschutz-System) Modells waren Studien zur Epidemiologie mit einhergehender Prüfung von Bekämpfungsschwellen (Abbildung 1, Projekt 1). Durch Staffelung der Einsatzkriterien und Kombination mit verschiedenen Folgebehandlungen ließ sich die Phase einer Epidemie eingrenzen, zu welchen Fungizidapplikationen höchste Effizienz leisten. Gleichzeitig skizzieren derartige Untersuchungen das Schadpotential unter gegebenen Bedingungen. Diese erste Annäherung zur Erarbeitung eines epidemieorientierten Entscheidungssystems war nur möglich unter den Bedingungen eines hohen Befallsdruckes; die Anlage der Versuche hatte daher bevorzugt in Befallslagen zu erfolgen.

Die Stufenleiter der Modellentwicklung wurde fortgeführt, indem nach ersten Analysen eine eingengte Zahl von hocheffizienten Bekämpfungsschwellen im Anbausystemversuch weiteren Prüfungen unterzogen wurde (Abbildung 1, Projekt 2). Hier stand die Abstimmung wichtiger Interaktionen von Standort, Sortenresistenz und Stickstoffdüngung im Vordergrund. Die Anwendung des Pflanzenschutzmodells hat zum Ziel, bei jeglicher Anbaukonstellation, stets mit dem gerade notwendigen Input ein Optimum an Ertrag und Qualität zu realisieren.

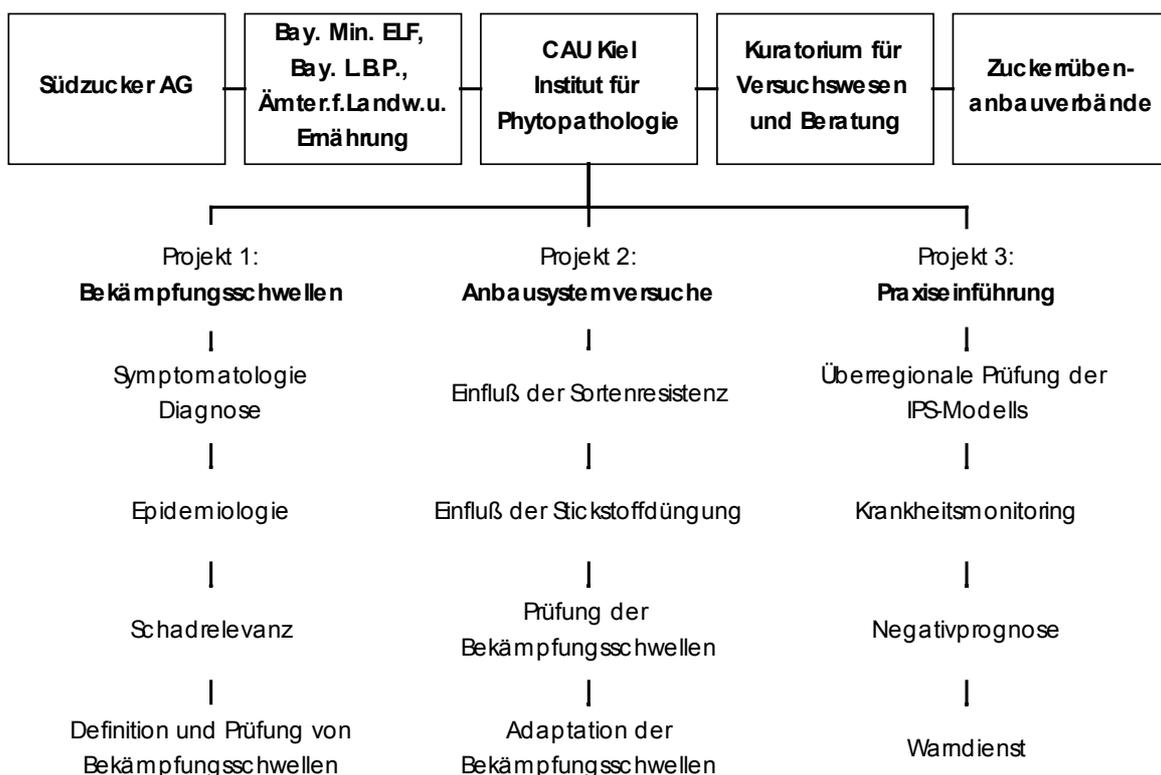


Abbildung 1: Forschungscooperation zur Entwicklung eines Integrierten Pflanzenschutzsystems für Pilzkrankheiten der Zuckerrübe (IPS-Modell Zuckerrübe)

Die Einführung des IPS-Modells in die landwirtschaftliche Praxis wird durch ein "Monitoring Zuckerrübenkrankheiten" unterstützt. Die Schaderregerüberwachung liefert aktuelle Daten für den Warndienst. Erst dieser gewährleistet eine breite Einführung in der Praxis, da die Motiva-

tion zur Anwendung und damit der Transfer nur durch ein Mindestmaß an Information erreicht werden kann. Das Monitoring beinhaltet eine überregionale Erfassung des epidemiologischen Auftretens von Krankheiten bei gleichzeitiger Messung der Schadrelevanz. Somit kann die landwirtschaftliche Praxis im Zeitraum einer Vegetationsperiode über den aktuellen Stand der Krankheitsentwicklung und die Notwendigkeit von Gegenmaßnahmen unterrichtet werden. Des Weiteren wird das Modell großräumig in Bayern und angrenzenden Bundesländern auf seine Praxistauglichkeit geprüft, darüber hinaus in Österreich und der Türkei. Die Zusammenfassung von Erhebungen über mehrere Jahre können zu einer Charakterisierung einer Region bezüglich der Gefährdung durch Krankheiten beitragen. Die Monitoringdaten sind darauf zu prüfen, inwieweit eine Ableitung zu einer Negativprognose möglich ist (Abbildung 1, Projekt 3). Eine solche Voraussage bezieht sich auf den Zeitraum, in welchem mit hoher Wahrscheinlichkeit das Auftreten von Krankheiten unter dem IPS-Schwellenwert bleibt, d.h. Bestandesbonituren und Gegenmaßnahmen nicht erforderlich sein dürften. Mit der Negativprognose kann der Arbeitsaufwand, welcher unverzichtbar mit einem integrierten Pflanzenschutz erbracht werden muß, auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben (WOLF et al. 1995a,b,1997).

3 Integriertes Bekämpfungssystem für *Cercospora beticola*

3.1 Entwicklung von epidemieorientierten Bekämpfungsschwellen

Die Bekämpfungsschwelle gibt Orientierung, wann die Notwendigkeit einer direkten Maßnahme gegeben ist. Epidemieorientierte Bekämpfungsschwellen sind somit als Indikatoren des Fungizideinsatzes zu sehen. In der Regel definieren sie jenes Stadium der Epidemie vom Übergang der bloßen Existenz in ein Stadium der Massenvermehrung. Daran eng geknüpft ist die Effektivität von Fungiziden, da diese vom Stadium der Populationsentwicklung beeinflusst wird (Abb. 2). Die Entwicklung von epidemieorientierten Bekämpfungsschwellen erfolgte in Teilprojekt 1 (Abbildung 1). Zur Prüfung kam eine größere Auswahl von Bekämpfungsschwellen, wobei deren Definition eine zeitliche Staffelung des Anwendungstermines von frühen bis späten Stadien der Epidemie zur Folge hatte. Über die Entwicklung von Bekämpfungsschwellen zur Bekämpfung von *Cercospora beticola* im einzelnen wurde von VERREET et al. (1996) berichtet. Bei Zusammenfassung der Ergebnisse ergibt sich eine deutliche Abhängigkeit des Wirkungsgrades in Abhängigkeit vom Stadium der Epidemie, d.h. je früher zum Befallsbeginn Fungizide angewendet werden, um so vollständiger ist der Bekämpfungserfolg zu erwarten. Im Falle von *Cercospora beticola* zeigte die Bekämpfungsschwelle von 50 % Befallshäufigkeit - dieser Wert korrespondiert mit einer Befallsstärke von ca. 0,01% Befallsstärke - den günstigsten Fungizideinsatztermin an (Abb. 2). Genügend Effizienz ist in der weiteren Progressionsphase einer Epidemie noch bis zu einer Befallsstärke von 0,2-0,4 % (ca. 25-35 % der Blätter sind befallen) gegeben. Bedeutend ist die flexible Reaktion der Bekämpfungsschwelle bei unterschiedlichem Epidemieverlauf, welche durch Orientierung von Maßnahmen am aktuellen Befallsgeschehen sichergestellt wird.

3.2 Die Schadrelevanz von *Cercospora beticola*

Die Bekämpfungsschwelle allein genügt allerdings nicht dem Anspruch, den Fungizideinsatz unter allen Anbaukonstellationen auf den unbedingt notwendigen Umfang zu begrenzen. Da die Bekämpfungsschwelle ein sehr geringes Befallsstadium impliziert, würde ein uneingeschränktes Vorgehen selbst noch zu einem sehr späten Zeitpunkt der Vegetationsperiode Spritzungen anzeigen, da die Epidemie in der überwiegenden Zahl der Fälle zumindest das Stadium der Bekämpfungsschwelle erreicht. Also ist ein weiterer Regelmechanismus notwen-

dig. Diesen liefert die Toleranzgrenze des Befalls zum Vegetationsende (Schadschwelle) und eine Prognose des Eintretens.

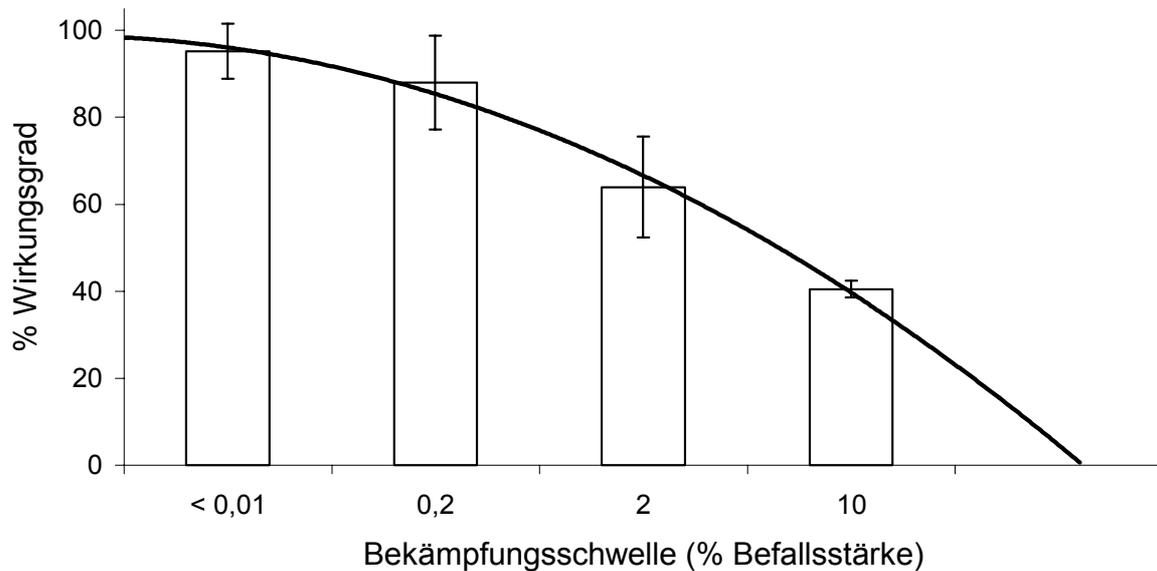


Abbildung 2: Wirkungsgrad von epidemiologischen Bekämpfungsschwellen

3.2.1 Definition der Schadschwelle

Als Schadschwelle ist jener Wert der Befallsstärke zum Vegetationsende zu definieren, welcher ohne Einfluß auf den Ertrag bleibt. Dieser Wert kann auch als Toleranzgrenze des Befalls zum Zeitpunkt der Ernte bezeichnet werden. Die Determinierung kann mit Hilfe einer Befalls-Verlust-Relation erfolgen (Abb. 3).

Verlust Bereinigter Zuckerertrag (dt/ha)

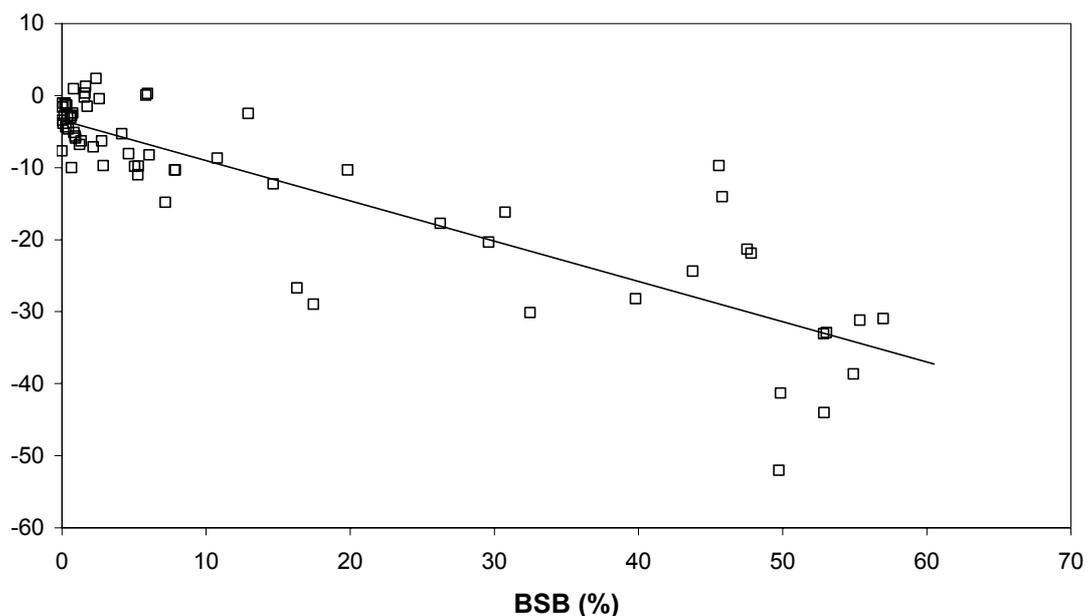


Abbildung 3: Befalls-Verlust Relation

Bei entsprechender Korrelation von Endbefall (BSB) und Verlust (Δ -Ertrag von "Gesund" und "Krank") ergibt sich ein linearer Zusammenhang, wobei ein Anstieg von 10 % Befallsstärke etwa einem Verlust von 5 dt/ha im Bereinigtem Zuckerertrag entspricht. Die Rübe legt Blätter im "Luxus" an, jedoch liegt höchstens bis in den Bereich von 5 % Blattbefall eine zufallsbedingte Schwankung vor. Somit scheint das Toleranzvermögen jenseits von 5 % Blattbefall erschöpft zu sein, d.h. zum Erntezeitpunkt kann nicht mehr als 5 % befallene Blattfläche geduldet werden.

3.2.2 Verlustprognose

Die Verlustprognose basiert auf der Schadrelevanz des Parasiten in Abhängigkeit vom Epidemiebeginn (Abb. 4). Als Epidemiebeginn ist das Stadium von 50 % Befallshäufigkeit definiert, d.h. zu diesem Zeitpunkt ist jede zweite Pflanzen befallen bzw. befallsfrei. Aus der Korrelation von Epidemiebeginn und Endbefall, ausgedrückt als Befallsstärke (% befallene Blattfläche) zum Vegetationsende, wird ersichtlich, daß die Schadenshöhe mit zeitlicher Verzögerung des Epidemiebeginns abnimmt, und zwar einer negativ sigmoiden Funktion folgend. Demnach sind bei frühem Epidemiebeginn, Anfang bis Mitte Juli, bis zu 60 % Befallsstärke zum Vegetationsende die Folge, jedoch geht das Schadpotential bereits deutlich zurück, wenn die Epidemie erst Mitte August beginnt. Tritt das Kriterium von 50 % Befallshäufigkeit erst gegen Ende August ein, so bleiben Schadefekte mit hoher Wahrscheinlichkeit aus. Dies trifft bei quantitativ unterschiedlicher Schadenshöhe sowohl für anfällige als auch für gering anfällige Sorten zu. Als erste Schlußfolgerung kann daher abgeleitet werden, daß die Notwendigkeit einer Behandlung bis Mitte August absolut gegeben ist.

BSB (%), Endbefall

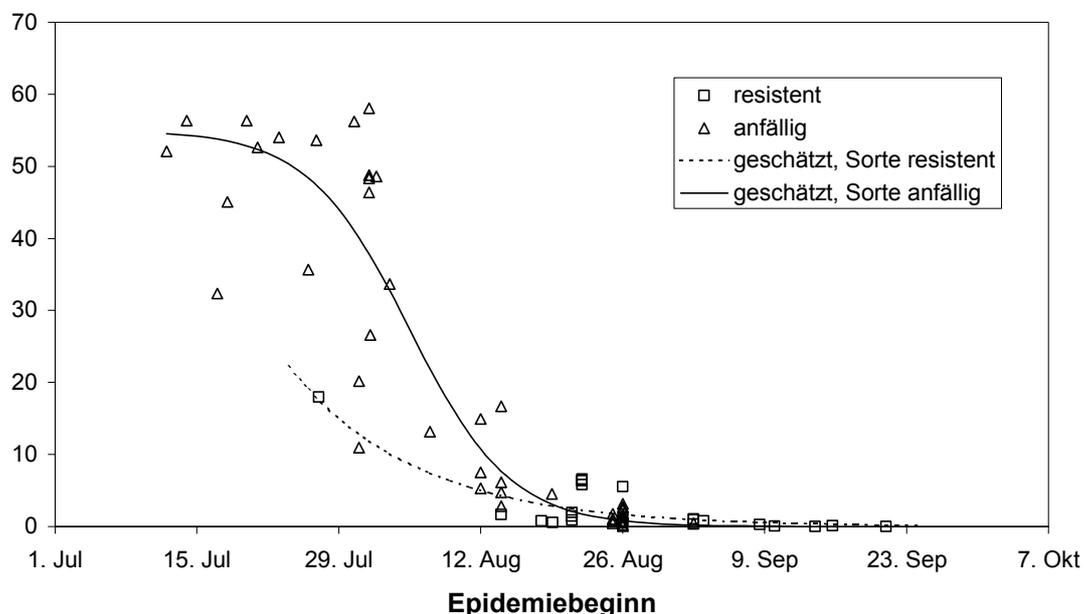


Abbildung 4: Schadrelevanz von *Cercospora beticola* in Abhängigkeit vom Epidemiebeginn

Ab Mitte August sind Behandlungen nur noch bedingt notwendig, da ab diesem Zeitpunkt die Befallsausprägung teilweise bereits unter 5 % Befallsstärke zurückgeht, also ohne Einfluß auf

den Ertrag bleibt. Entsprechend war für den Folgezeitraum nach Mitte August als auch für Folgebehandlungen eine Modifikation herzuleiten. Da bei Epidemiebeginn in diesem Zeitraum das Schadpotential generell gering und nur noch bedingt, d.h. unter für den Erreger günstigen Voraussetzungen, gegeben ist, war eine Bekämpfungsschwelle zu wählen, welche vordringlich auf die Vermeidung von Behandlungen hinzielt. Daher war im Gegensatz zur ersten Bekämpfungsschwelle ein möglichst spätes Stadium der Epidemie zu definieren, welche ein entsprechendes Schadpotential anzeigt, gleichzeitig aber eine Kontrolle durch Fungizide noch effektiv gewährleistet. Als ein solches Stadium konnte eine Blattbefallshäufigkeit von 25-35 % bzw. eine Befallsstärke von 0,2-0,4 % BSB gefunden werden.

Endbefall, BSB (%)

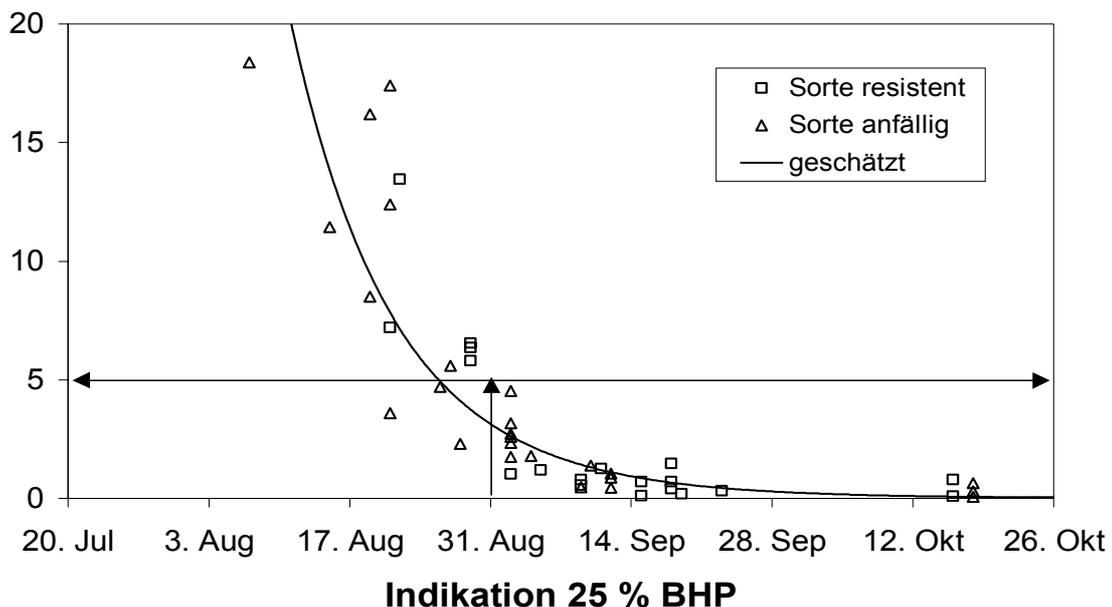


Abbildung 5: Nachweis der Behandlungsnotwendigkeit von Mitte bis Ende August durch die Bekämpfungsschwelle 25 % BHP (=25 % befallene Blätter=0,2 % BSB)

Zur Beweisführung sind in Abbildung 5 der Zeitpunkt der Indikation der Bekämpfungsschwelle "25 % BHP" (=0,2 % BSB) als Einflußvariable und die Befallsstärke als abhängige Variable zum Vegetationsende in einer Regression aufgetragen. Es wird wiederum der Effekt des negativ-exponentiell abnehmenden Schadpotentials ersichtlich. Wird dieses Erregerstadium im Zeitraum von Mitte August bis Ende August durchlaufen, so ist das Risiko des Überschreitens eines Endbefalls von größer 5 % gegeben, ab Anfang September bleibt der Endbefall in allen Fällen unter der Schadschwelle; es kann auf Spritzungen völlig verzichtet werden.

Das Bekämpfungssystem ist wie folgt zusammenzufassen (Tab. 2):

Als Konsequenz der Herleitung impliziert das Bekämpfungssystem 2 Zeiträume des Fungizideinsatzes, nämlich einen ersten Zeitraum der absoluten Notwendigkeit,
 - bei hohem Schadpotential ist nicht zu säumen, entsprechend wird durch eine sensible Bekämpfungsschwelle eine unverzügliche Spritzung angezeigt -
 und einen zweiten Zeitraum der bedingten Notwendigkeit, wobei die Priorität auf Vermeidung von Fungizidapplikationen hinzielt

- hier ist die Bekämpfungsschwelle so gewählt, daß die Fungizideffizienz noch ausreichend ist, jedoch angesichts der bedingten Notwendigkeit in den weit überwiegenden Fällen eine Spritzung unterbleiben kann -.

Die Notwendigkeit einer Folgebehandlung ist zu erwarten, wenn die erste Behandlung bereits im Juli vorgenommen werden mußte. Die Wirkungsdauer von Fungiziden aus der Verbindungsklasse der Azole beträgt ca. 3-4 Wochen. Somit ist eine zweite Behandlung frühestens nach Ablauf dieser Zeitspanne vorzunehmen. Ab Anfang August genügt in der Regel eine Behandlung.

Beginnt die Epidemie erst in der Zeitspanne nach Anfang September, so kann auf Fungizidbehandlungen vollständig verzichtet werden. Dies kann in hohem Maße auch bei später Ernte in der zweiten Kampagnenhälfte gelten. Die Begründung liegt darin, daß zum einen der Zuwachs der Rüben in der späten Phase der Vegetation infolge einer reduzierten Photosynthese degressiv verläuft, einhergehend sind die biologischen Ansprüche des Erregers vor allem wegen sinkender Temperaturen nur noch bedingt erfüllt, so daß die Progression der Epidemie ebenfalls eingeschränkt ist. In den eigenen Untersuchungen konnte in keinem Fall die Signifikanz einer Verlustminderung bei Epidemiebeginn im September nachgewiesen werden.

Tabelle 2: Wissenschaftliche Definition der Bekämpfungsschwellen für *Cercospora beticola*

<i>Geltungszeitraum</i>	<i>Schwelle</i>	<i>korrespondierende Werte</i>	
<i>Zeitraum bis Mitte August</i>	50 % BHB	> 0,01 % BSB	Ø 1-2 Blätter pro Rübe befallen
<i>Mitte bis Ende August</i>	25-35 % BHP*	0,2-0,4 % BSB*	Ø 8-10 Blätter pro Rübe befallen

* Dieser Wert gilt ebenso für Folgebehandlungen im Zeitraum von 3-4 Wochen nach einer Erstbehandlung (BHB = Befallshäufigkeit im Bestand, % befallene Pflanzen; BHP = Blattbefallshäufigkeit im Bestand, % befallene Blätter; BSB = Befallsstärke im Bestand = % befallene Blattfläche)

3.3 Nachweis der Effektivität

Die Bewertung der Effizienz basiert auf 57 Fallstudien aus den Anbausystemversuchen. Bei Einteilung in anfällige ("Elan", "Evita", "Meta", "Steffi") und geringanfällige Genotypen ("Ribella", "Patricia") läßt sich die Effizienz im Hinblick auf die Integration der Sortenresistenz beurteilen. Die Standorte Moosham (Lkr. Regensburg) und Rottenmann (Lkr. Deggen-dorf) werden zu Südbayern zusammengefaßt. Seligenstadt (Lkr. Würzburg) steht für Nord-bayern.

3.3.1 Kontrolle des Befalls

Aus der Befalls-Verlustbeziehung (Abbildung 3) geht hervor, daß eine Endbefallsstärke von höchstens 5 % toleriert werden kann. Die Effizienz des IPS-Modells bezüglich der Erregerkontrolle ist daher an diesem Wert zu messen. In Abbildung 6 sind die Endbefallsstärken nach Anwendung des IPS-Modells in den Vegetationsperioden 1994-1996 (Anbausystemversuche, n = 57 Fallstudien) dargestellt. Dabei ist ersichtlich, daß der Befall in allen Fällen sicher kontrolliert wurde. Die Endbefallsstärke lag nicht höher als 2 %.

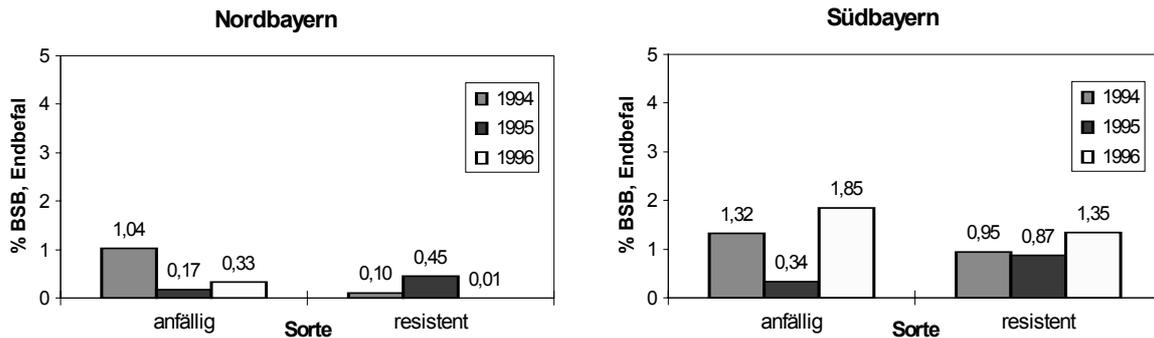


Abbildung 6: Kontrolle des Befalls nach Anwendung des IPS-Modells

3.3.2 Applikationshäufigkeit nach Region, Jahr und Sortenresistenz

Generell gering war die Notwendigkeit einer Fungizidbehandlung in Nordbayern. Hier mußte nur in 1995 in den anfälligen Standardsorten je eine Behandlung vorgenommen werden. Dagegen waren in Südbayern 1994 in anfälligen Genotypen 2 Behandlungen angezeigt, 1995 genügte eine Behandlung, 1996 konnte selbst in anfälligen Sorten ein fast völliger Verzicht erfolgen (Abb. 7).

Die Applikationshäufigkeit war zusätzlich entsprechend der Resistenz reduziert. Zur Kontrolle des Erregers wurde 1994 in Südbayern eine Behandlung benötigt. In den Vegetationsperioden 1995 und 1996 indizierte das Modell nur in Ausnahmefällen Behandlungen.

Im Jahre 1996 erwies sich das Schadpotential des Erregers selbst in anfälligen Sorten als sehr gering, in resistenten Sorten verursachte *Cercospora beticola* keinen Schaden. Hier ist von besonderer Bedeutung, daß die geringe Schadrelevanz von *Cercospora beticola* durch das IPS-Modell erkannt wurde; Indikationen von Behandlungen waren in 18 von 19 Fällen nur außerhalb des Geltungszeitraumes gegeben und somit nicht auszuführen (Abb. 7).

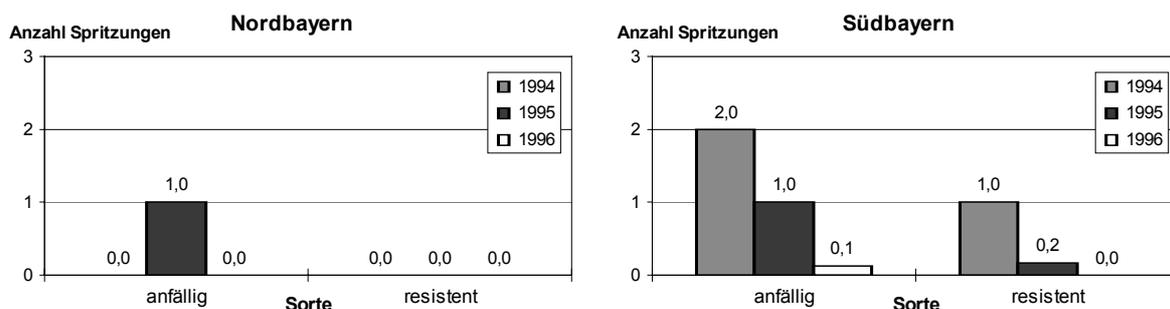


Abbildung 7: Notwendigkeit von Fungizidbehandlungen nach Anwendung des IPS-Modells

4 Umsetzung des IPS-Modells in die Praxis

4.1 Vorbereitung der Bekämpfungsschwellen für den Praxiseinsatz

Im Hinblick auf eine Umsetzung in die Praxis war ersichtlich, daß die wissenschaftliche Definition der Bekämpfungsschwellen den praktischen Ansprüchen in keiner Weise genügen konnte. Die Definition hatte so vereinfacht zu werden, daß sie für jedermann durchführbar

wurde, bei möglichst geringem Zeitaufwand, jedoch ohne Verlust an Genauigkeit. Dies konnte durch die Einführung einer alternativen Erhebungsmethode bewerkstelligt werden. Auf Wunsch der Südzucker AG wurde der sogenannten "Rupfmethode" der Vorzug gegeben. Demnach sind aus einem Rübenbestand 100 Blätter zu rupfen, repräsentativ in diagonaler Richtung, je ein Blatt pro Rübe aus dem mittleren, voll entwickeltem Blattapparat. Die Definition der Bekämpfungsschwellen hatte als Anzahl "befallene Blätter von 100" zu erfolgen. Die Bekämpfungsschwellen waren der neuen Methode entsprechend zu adaptieren. Durch Bezug der Parameter BSB und BHP (BHP konkretisiert die Häufigkeit des Blattbefalls als Verhältnis der befallenen Blätter zur Anzahl der gebildeten Blätter) auf die Befallshäufigkeit der Blätter des mittleren Blattapparates (potentieller Bereich des "Rupfens") konnten die entsprechenden Schwellenwerte zunächst berechnet werden; darüber hinaus erfolgte im Feldversuch eine vergleichende Analyse der Boniturmethode, wobei die Erhebungen des Feldversuches die Berechnungen bestätigten. Für die Rupfmethode konnte somit als Bekämpfungsschwelle für eine Erstbehandlung "5 befallene Blätter", für eine Behandlung im Zeitraum von Mitte bis Ende August von "45 befallenen Blättern" abgeleitet werden (Abb. 8a, b). Die Einengung der wissenschaftlichen Erkenntnisse auf die Belange der Praxis ist in Abbildung 9 zusammengefaßt. Das Entscheidungsschema impliziert eine einfache Schadensprognose durch Differenzierung von 3 Zeiträumen der Notwendigkeit des Fungizideinsatzes bei entsprechender Adaptation der Schwellenwerte an das Schadpotential in Abhängigkeit vom Stand der Vegetationsperiode.

Rupfen, befallene Blätter von 100

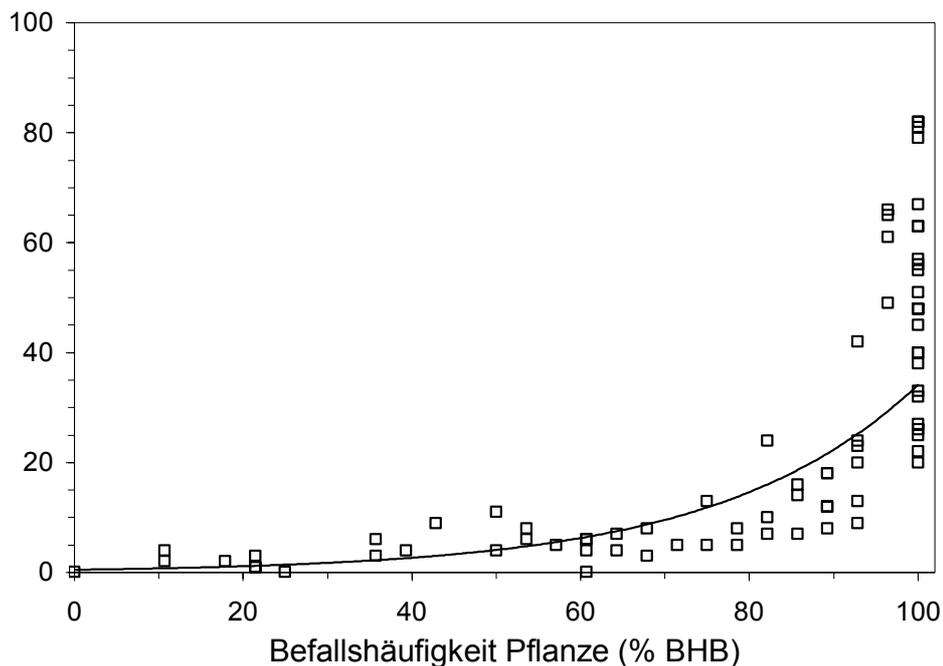


Abbildung 8a: Parameterkorrelation zur Ableitung der Schwellenwerte nach der Rupfmethode (50 % BHB \leftrightarrow Rupfen)

Rupfen, befallene Blätter von 100

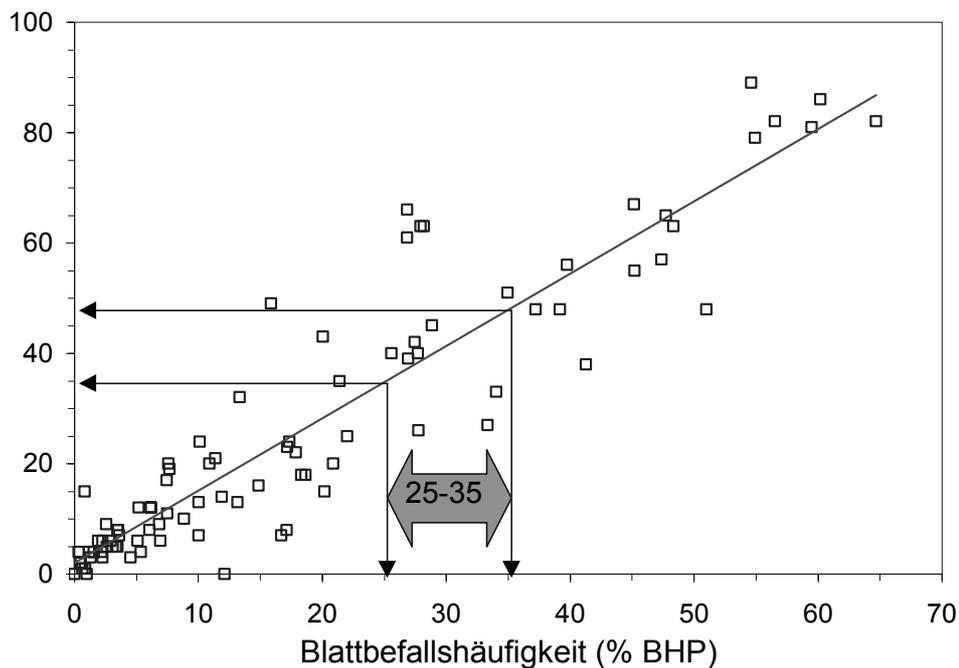


Abbildung 8b: Parameterkorrelation zur Ableitung der Schwellenwerte nach der Rupfmethode (25-35 % BHP \leftrightarrow Rupfen)

Notwendigkeit der Fungizidbehandlung

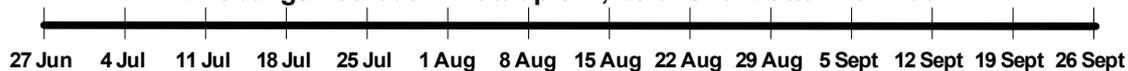


Bekämpfungsschwelle bis Mitte August: **5** ab Mitte August: **45**

Folgebehandlung

3-4 Wochen nach Erstbehandlung:
45

Erhebungsmethode: "Blattrupfen", befallene Blätter von 100



Termin

Abbildung 9: Entscheidungsschema für Fungizidbehandlungen gegen *Cercospora beticola*

4.2 Diagnose des Befalls

Würde man nun das Modell ohne weitere Unterstützung dem Landwirt andienen, so wäre die Zielsetzung einer breiten Einführung wenig realistisch. Ein wichtiger Punkt nämlich betrifft das Erkennen der Krankheiten im frühen Stadium der Epidemie bei geringem Symptomaufreten und entsprechend hoher Irrtumsmöglichkeit. Das Modell aber setzt das einwandfreie Erkennen der Krankheitssymptome voraus, da die Bekämpfungsschwellen als Häufigkeit oder Stärke des Befalls definiert sind. Die Notwendigkeit der Diagnose würde nun bedeuten, daß jeder Landwirt gezwungen ist, über den langen Zeitraum eines potentiellen Krankheitsauftretens Bestandesbeobachtungen durchzuführen und zu diagnostizieren. Prinzipiell ist die Diagnose für jedermann erlernbar. Jedoch ist selbst unter Verfügbarkeit diagnostischer Hilfsmittel die Motivation zur Umsetzung ohne weitere Unterstützung als gering zu erachten.

4.3 Hilfestellung für den Landwirt durch Monitoring

Negativprognose

Vorhersage des befallsfreien Zeitraums
Reduktion der Feldbeobachtungen

Schaderregerüberwachung

420 Monitoringschläge, repräsentieren 150.000 ha
Krankheitsdiagnose durch geschulte Fachleute

Warndienst

Überschreitung der Bekämpfungsschwelle
Bewarnung des Landwirts

Landwirt entscheidet über Behandlungsnotwendigkeit,
im Zeitraum eines konkreten Befallsrisikos,
nach eigener Kontrolle

Erfolg: Vollständige Eliminierung von Fehlbehandlungen
im befallsfreien Zeitraum,
Spritzung nach Notwendigkeit

Die Konzeption der Umsetzung zielt auf eine höchstmögliche Optimierung des Systems, eine Optimierung, welche den Arbeitsaufwand möglichst reduziert, den Landwirt aber, als Zielobjekt bei der Umsetzung, ein Höchstmaß an Unterstützung zukommen läßt (Abb. 10).

Durch Vorhersage des befallsfreien Zeitraums ist es möglich, den Beobachtungszeitraum auf die Periode eines Befallsrisikos zu reduzieren. Nach derzeitigem Entwicklungsstand wären die Rübenfelder bei anfälligen Sorten erstmals 4-5 Wochen nach Reihenschluß, bei resistenten Genotypen etwa 7 Wochen nach Reihenschluß zu prüfen (WOLF und VERREET 1997).

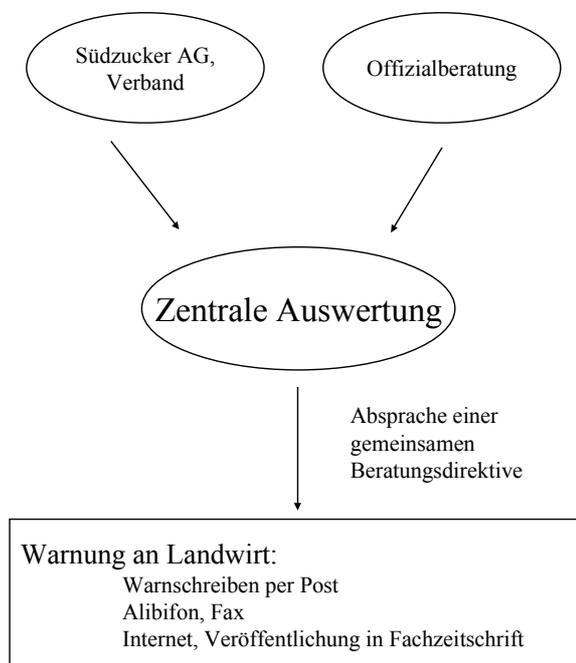
Abbildung 10: Vorgehen bei der Umsetzung des IPS-Modells Zuckerrübe in die Praxis

4.4 Organisation der Schaderregerüberwachung (Monitoring)

Ist nun laut Negativprognose ein Überschreiten des IPS-Schwellenwertes nicht mehr ausgeschlossen, so wird ein Krankheitsmonitoring in Gang gesetzt (420 Schläge, repräsentieren 150.000 ha). Das Monitoring mit der Diagnose des Krankheitsbefalls ist zweifellos das mächtigste Instrument zur Integration von Fungizidmaßnahmen. Die Schaderregerüberwachung wird betreut von geschulten Fachleuten (ca. 200), welche die Diagnose und Quantifizierung des Krankheitsbefalls vornehmen. Es wird von der Südzucker AG geleitet und in Zusammenarbeit mit den Zuckerrübenanbauerverbänden, den Arbeitsgemeinschaften und der Offizialbe-

ratung der Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen durchgeführt; die Auswertung erfolgt an zentraler Stelle (Abb. 11). Die Beurteilung der Behandlungsnotwendigkeit wird spezifisch nach den regionalen Besonderheiten der Anbaukonstellation und des Kleinklimas vorgenommen. Hierzu wurden die Werkeinzugsgebiete der SÜDZUCKER AG im Jahr 1996 in Regionen mit unterschiedlicher Befallswahrscheinlichkeit (z.B. Flußtäler, Höhenlagen, Beregnungsgebiete) eingeteilt. Sobald nun die Indikation der Bekämpfungsschwelle in einer Region vorliegt, erfolgt in Absprache von Verband und Officialberatung eine Information der betroffenen Landwirte über das aktuelle Befallsrisiko. Die Bewarnung geschieht in erster Linie durch Warnschreiben der Südzucker AG und wird ergänzt durch Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und weiteren Medien (Abb. 11).

Schaderregerüberwachung (Monitoring, 420 Schläge), durchgeführt von mehr als 200 geschulten Fachleuten



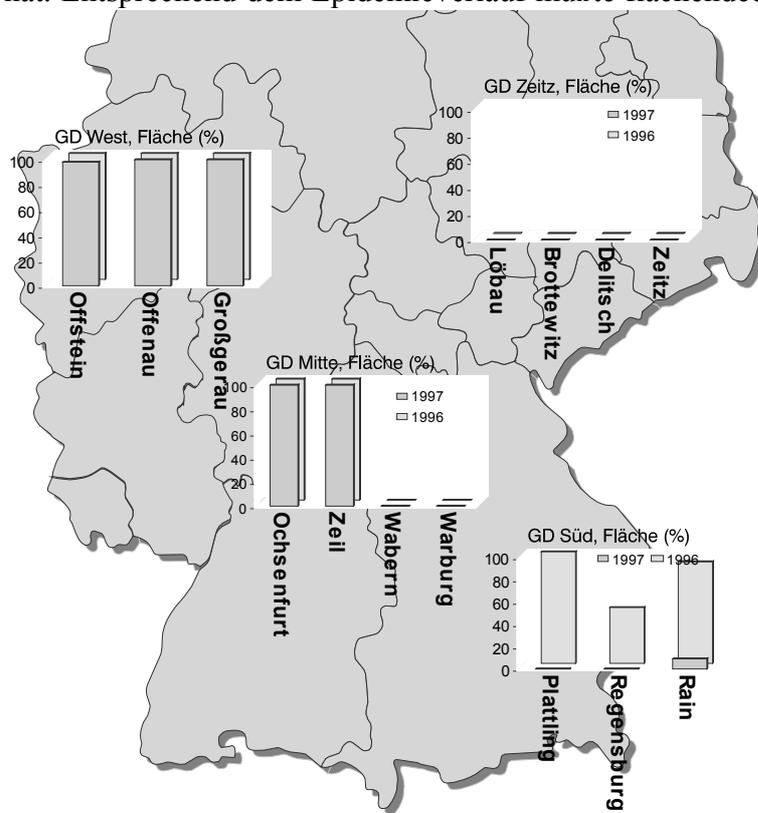
Der Landwirt kann sich also solange vor einem Befallsrisiko sicher wähnen, bis er eine Warnmeldung erhält. Dann aber ist er zu eigenen Untersuchungen aufgerufen, und zwar erst im Zeitraum eines konkreten Befallsrisikos. Die Irrtumsmöglichkeit und der unnötige Einsatz von Fungiziden ist damit bereits auf ein Minimum reduziert, außerdem der Arbeitsaufwand des Landwirts bezüglich der Bestandesbeobachtungen.

Abbildung 11: Organisation der Schaderregerüberwachung

Das IPS-Modell in der Praxis

Die Einteilung in unterschiedliche Befallsregionen spiegelt die verschiedenen geographischen und ökologischen Gegebenheiten der Werkeinzugsgebiete wider, die als Konsequenz den Befallsverlauf der pilzlichen Schaderreger maßgeblich beeinflussen. Tabelle 3 zeigt in Auszügen die zeitliche Staffelung der *Cercospora*-Warnaufrufe, Abbildung 12 den Anteil der bewarnten Fläche im Werkseinzugsgebiet der Südzucker AG. Dabei wird deutlich, daß in Regionen mit starker Konzentration des Rübenanbaues um die Fabrik (z.B. Plattling) keine Unterschiede beim Zeitpunkt des Erregerauftretens zu verzeichnen waren. Entsprechend wurde das gesamte Gebiet zeitgleich bewarnt. Bei größerer räumlicher Ausdehnung des Einzugsgebietes und dadurch bedingter stärkerer Variation der ökologischen Voraussetzungen für einen epidemiehaften Befallsverlauf erfolgte der Warnaufruf zeitlich gestaffelt (z.B. Rain, Groß-Gerau). In nördlichen Regionen (Wabern, Warburg) konnte aufgrund der schwachen

Epidemie eine Bewahrung sogar vollständig unterbleiben. Das Anbaujahr 1996 war insgesamt durch eine vergleichsweise kühle Witterung gekennzeichnet, die den Befallsbeginn und die Ausbreitung der Blattkrankheiten im Vergleich zu den vorherigen Jahren deutlich verzögert hat. Entsprechend dem Epidemieverlauf mußte flächendeckend höchstens eine Warnmeldung



ausgesprochen werden, so daß selbst in den traditionell hochgefährdeten Befallsregionen im Donautal bzw. im Rheingraben eine Behandlung genügte.

Ebenfalls gering war das *Cercospora*-Auftreten in 1997. Die Indikation der Bekämpfungsschwelle trat frühestens Ende Juli (Oberrhein, Bodenseegebiet), bzw. im weit überwiegenden Teil der Fälle gegen Mitte August ein. Völlig unterbleiben konnte eine Warnmeldung in der Gebietsdirektion Ost, wie schon 1996, ebenso lag in den südbayerischen Anbaugebieten keine Indikation durch *Cercospora beticola* vor. Somit war eine Spritzung ausreichend, in vielen Fällen konnte auf eine Applikation völlig verzichtet werden.

Abbildung 12: Notwendigkeit der Warnmeldung nach Werkeinzugsgebieten der Südzucker AG

Tabelle 3: Auszug aus dem Warndienst zum Krankheitsauftreten in Zuckerrüben 1996/1997: Region, Zeitpunkt, Indikation (Angaben der Südzucker AG)

Gebietsdirektion	Werk	Region	Zeitpunkt/Indikation
Ost 1996	Zeitz	gesamt	-/-
Ost 1996	Löbau	gesamt	-/-
West 1996	Offstein	Rheingraben B.W.	02.08./Cercospora
West 1996	Großgerau	Wetterau	22.08./Cercospora
Mitte 1996	Zeil	Rhön/Coburg	13.08./Cercospora
Mitte 1996	Ochsenfurt	Gau	07.08./Cercospora
Süd 1996	Regensburg	Donauraum	26.07./Cercospora
Süd 1996	Plattling	gesamt	25.07./Cercospora
Ost 1997	Zeitz	gesamt	-/-
Ost 1997	Löbau	gesamt	-/-
West 1997	Offstein	Rheingraben B.W.	01.08./Cercospora
West 1997	Offstein	Rheingraben B.W.	01.08./Cercospora
Mitte 1997	Zeil	gesamt	11.08./Cercospora
Mitte 1997	Wabern	gesamt	-/-
Süd 1997	Plattling	gesamt	25.08./Mehltau
Süd 1997	Rain	Oberschwaben	11.08./Mehltau

Fazit

Die breite Umsetzung in die Praxis geht im wesentlichen auf das Betreiben der Südzucker AG zurück mit einer konsequenten Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis. Nach den Erfahrungen der Jahre 1996 und 1997 ist als größter Erfolg eine fast vollständige Eliminierung von unnötigen Behandlungen aufgrund von Fehldiagnosen gegen *Pseudomonas syringae* (Bakterienflecken) zu konstatieren. Darüber hinaus konnte die Optimierung insbesondere dadurch gewinnen, daß Behandlungen nur noch im Zeitraum eines konkreten Risikos ausgeführt werden. Der gesamte befallsfreie Zeitraum wird damit sicher von unnötigen Behandlungen ausgespart. Dies zeigte sich sowohl in 1996 als auch 1997, indem selbst in traditionellen Befallsgebieten eine Behandlung ausreichte, z.T. konnte sogar vollständiger Verzicht erfolgen. Darüber hinaus ist selbst ein Großteil der Behandlungen, die ohne weitere Kontrollen des Landwirtes ausgeführt werden, weitgehend richtig terminiert, da die Applikation im Zeitraum eines regionalen Befallsrisikos erfolgt. Das Risiko wiederum kann durch das engmaschige Netz der Schaderregerüberwachung sehr genau konkretisiert werden. Die Landwirte schätzen das Warnsystem, hierzu hat vor allem auch ein hohes Vertrauen der Landwirte in die Zusammenarbeit der Beratungsinstanzen verholfen. Freilich wäre es nun vermessen zu behaupten, alle Landwirte würden bereits heute nach dem Eingang einer Warnmeldung selbständig ihre Flächen kontrollieren und auf Überschreitung der Bekämpfungsschwelle prüfen. Der versierte Landwirt wird dies sicher tun. Die Warnmeldung als Information wird gerne aufgenommen, häufig ist sie jedoch Anlaß eine direkte Bekämpfungsmaßnahme auszuführen. Insofern sollte das Ziel weiterhin sein, die Landwirte als Entscheidungsträger für Pflanzenschutzmaßnahmen, bei aller Hilfe, die geleistet wird, zur Eigenverantwortung anzuhalten, d.h. nach Eingang der Warnmeldung die Bestände auf Befall zu prüfen, um die Notwendigkeit einer Bekämpfung schlagspezifisch einzusehen.

Literatur

- HOFFMANN, G.M.: Grundlagen zur Definition von Bekämpfungsschwellen bei Erregern von Weizenkrankheiten.
Mitt. Biol. Anst. Land. und Forstw., Berlin Dahlem **266**, 133, 1990.
- HOFFMANN, G.M., VERREET, J.A., HABERMEYER, J.: Entwicklung und Einführung des "WEIZENMODELL BAYERN" im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes.
Gesunde Pflanzen, **10**, 333-345, 1991.
- MAIER, J., HOFFMANN, G.M.: Entwicklung des "IPS-Gerstenmodell" in Bayern zur integrierten Bekämpfung von Pilzkrankheiten - Grundlagen und Fallstudien
Gesunde Pflanzen, **45**, 123-134, 1993.
- VERREET, J.A., HOFFMANN, G.M.: Schwellenorientiertes Entscheidungsschema für eine epidemiebezogene Bekämpfung von *Septoria nodorum* (Berk.) Berk. an Weizen.
Gesunde Pflanzen, **41**, 147-159, 1989.
- VERREET, J.A., WOLF P.F.J., WEIS F.J.: Bekämpfungsschwellen als Grundlage für eine integrierte Bekämpfung von *Cercospora beticola* – Das IPS-Modell Zuckerrübe.
Proc. 59th IIRB Congr., 55-69, 1996.

- WOLF, P.F.J., WEIS F.J., VERREET J.A.: Grundlagen einer integrierten Bekämpfung von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben.
Z. PflKrankh. PflSchutz **102** (6), 574-585, 1995a.
- WOLF, P.F.J., WEIS F.J., VERREET J.A.: 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, 1995b.
- WOLF, P.F.J., VERREET J.A.: Epidemiologische Entwicklung von *Cercospora beticola* (Sacc.) in Zuckerrüben.
Z. PflKrankh. PflSchutz **104** (6), 545-556, 1997