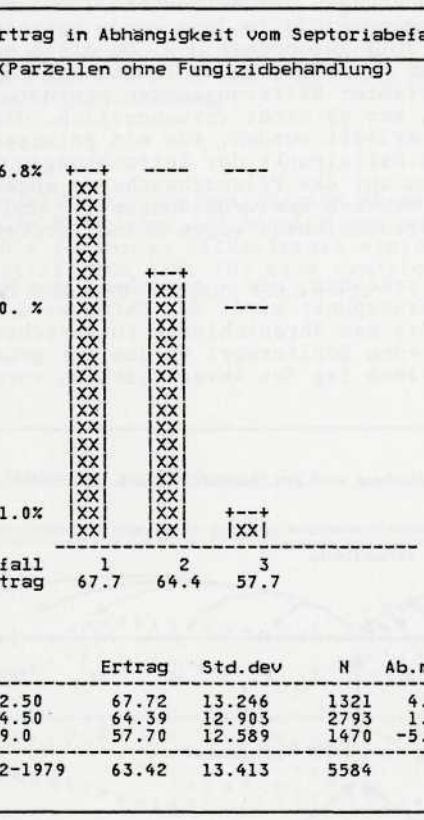
Gerhard Englert und Anton Mangstl

Lehreinheit Ackerbau und Versuchswesen der TU München, Freising-Weihenstephan

EIN MODELL ZUR FRÜHZEITIGEN VORHERSAGE DES SEPTORIABEFALLES BEI WEIZEN

Die Spelzenbräune verursacht häufig hohe Ertragsverluste, denen bisher nur durch prophylaktische Spritzungen begegnet werden kann. Abbildung 1 zeigt die Erträge in Abhängigkeit von Septoriabefallsbonituren, wobei der starke Ertragsabfall zwischen Befallsklasse 1 und Befallsklasse 3 deutlich wird. Es handelt sich dabei um Landessortenversuchsdaten der Jahre 1972 bis 1979 aus dem ganzen Bundesgebiet.



Befall	Ertrag	Std.dev	N	Ab.mitt	Relativ
1 Bonitur 1.1-2.50	67.72	13.246	1321	4.3	106.8
2 Bonitur 2.5-4.50	64.39	12.903	2793	1.0	101.5
3 Bonitur 4.5-9.0	57.70	12.589	1470	-5.7	91.0
Bundesgebiet 1972-1979	63.42	13.413	5584		100.0

Abbildung 1

Das Prognosemodell wurde in der Absicht entwickelt, den Praktikern zu helfen, rechtzeitige Entscheidungen für oder gegen eine Pilzbekämpfung zu treffen. Die seit Jahrzehnten bekannte Tatsache, daß sogenannte "naßkalte" Sommer den Septoriabefall fördern, trug bisher zu dieser Entscheidung wenig bei, denn es lagen keine genaueren Angaben vor, wann

für den Pilz naßkalt aufhört und normal oder trocken beginnt. Da mit ISPFLANZ eine sehr große Datenbasis zur Verfügung steht, wurde versucht, einige Zusammenhänge in Zahlen zu fassen. Dazu war es nötig, Versuchsstandorte zu finden, die folgende Bedingungen erfüllten:

1. langjährige Septoriabekämpfungsversuche mit Nullparzelle
2. nahegelegene Wetterstationen mit
3. langjährigen täglichen Messungen.

Die drei Orte Altötting, Osterseeon und Landsberg schließlich erfüllten die Bedingungen. Erste Auswertungen ergaben erfreulich hohe und konstante Korrelationskoeffizienten zwischen einigen meteorologischen Parametern und der Bonitur. Unter allen erfaßten meteorologischen Parametern erwies sich die relative Luftfeuchtigkeit um 14.00 Uhr und die Tagestemperaturamplitude als am höchsten korreliert, weshalb sie für alle weiteren Arbeiten herangezogen wurden. Summen aus mehreren Tageswerten z.B. Pentadenwerte, Dekadenwerte waren dabei Einzeltageswerten überlegen, da logischerweise das Wetter mehrere Tage einen größeren Einfluß hat als das Wetter eines einzigen Tages. Die bisherigen Auswertungen waren, wie die meisten anderen Beobachtungen des Wetterbefallzusammenhanges kalenderbezogen, d.h. einer Regenperiode im Juni wurde beispielsweise eine Befallssteigerung Anfang Juli zugeordnet usw. Da diese herkömmliche Methode, Beziehungen zwischen Witterung und pflanzenbaulichen Merkmalen aufgrund kalendermäßig erfaßter Witterungsdaten herzustellen, nicht vom Pflanzenwachstum ausgeht, war es nicht verwunderlich, daß nur selten befriedigende Ergebnisse erzielt wurden. Für ein pflanzenbauliches Modell mußte die Pflanze im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen. Es war deshalb unerläßlich, einen auf das Pflanzenwachstum abgestimmten Bezugspunkt zu wählen. Für das Problem Spelzenbräunebefall und Witterung bot sich ideal der Tag des Ährenschiebens wegen seiner großen Bedeutung bei der Ähreninfektion an.

Auf Darstellung 2 ist zu erkennen, wie - ausgehend vom Datum - der Tag des Ährenschiebens zum Bezugspunkt wird. Das Datum wird nur noch benötigt, um jeder Parzelle die dem Ährenschieben entsprechenden Wetterdaten zuzuordnen, d.h. zu jedem Boniturwert werden nur genau die Wetterwerte hinzugefügt, die seinem Tag des Ährenschiebens vorausgingen oder

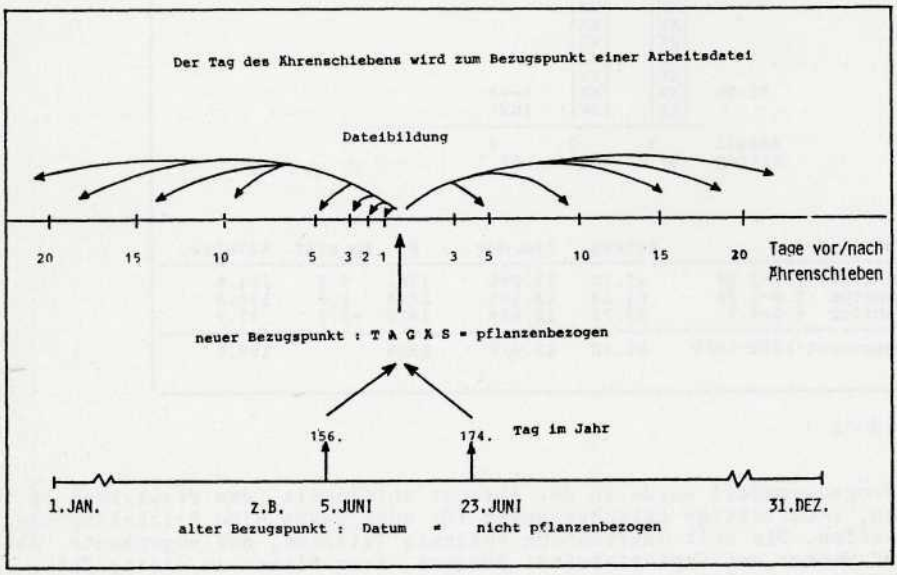


Abbildung 2

direkt darauf folgten, da nur diese 40 Tage den mit der vorgestellten Methode erfaßbaren Einfluß auf den Ährenbefall haben. Dazu wurde ein spezielles Programm geschrieben, das je nach Bedarf eine Arbeitsdatei erstellt, in der entweder jedem Tag des Ährenschiebens die entsprechenden Tageseinzelmeßwerte oder aber tagesweise ansteigende Summen für 1-20 Tage vor- bzw. nach dem Ährenschieben zugeordnet werden. Für die 40 Summen aus 1-20 Tagen vor bis 1-20 Tagen nach dem Ährenschieben wurde jeweils der Korrelationskoeffizient zur Bonitur errechnet (Abb. 3). Die x-Achse gibt die Summenwerte für 20-1 Tage vor- bzw. 1-20 Tage nach dem Ährenschieben wieder. Auf der y-Achse sind die Korrelationskoeffizienten von +1 bis -1 aufgetragen. Die Koeffizienten erreichen Werte um ±0,7. Mehr noch als die absolute Höhe der Korrelationskoeffizienten bestätigte ihre konstante Höhe und ihr konstantes Vorzeichen, daß eine echte Beziehung besteht, auf der eine Prognose aufgebaut werden kann. Dazu wurden drei Modelle entwickelt:

1. das Regressionsmodell,
2. das Summenschwellenwertmodell,
3. das Einzeltagesschwellenwertmodell.

Die ersten beiden Modelle basieren auf einer 10-Tagessumme der meteorologischen Parameter, während im dritten Modell versucht wurde, die variierenden Wettereinflüsse, die sich in einer Summe verbergen können, besser in den Griff zu bekommen.

Regressionsmodell

Im Regressionsmodell wird die qualitative Aussage der Korrelationskoeffizienten über die Beziehung der Bonitur zum meteorologischen Parameter quantifiziert. Die gefundene nichtlineare einfache Regression wurde graphisch dargestellt und läßt für eine ermittelte 10-Tagessumme direkt den zu erwartenden Befall ablesen (Abb. 4).

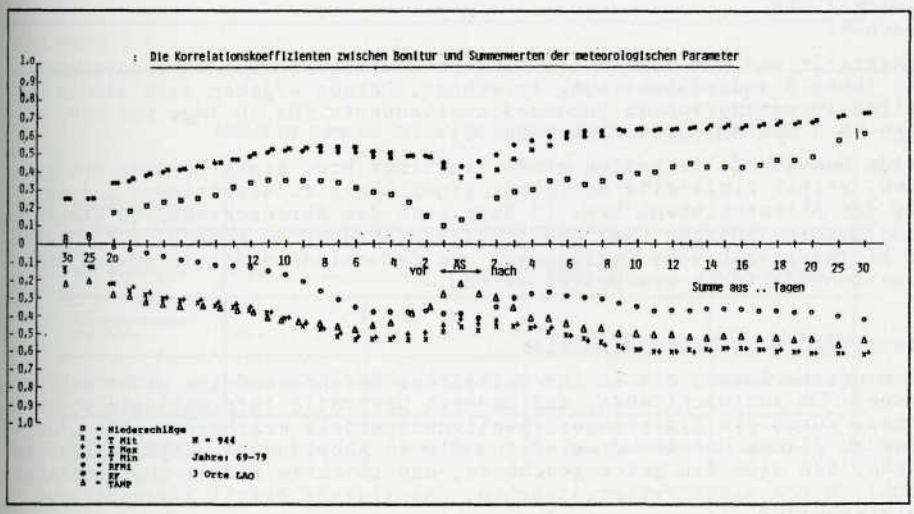


Abbildung 3

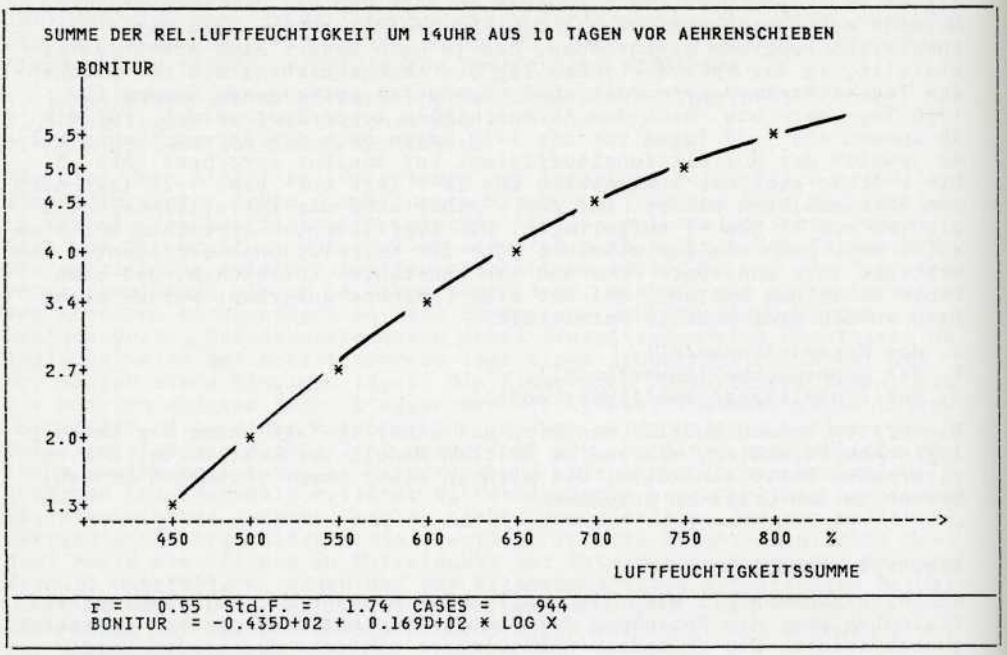


Abbildung 4

Summenschwellenwertmodell

Das Summenschwellenwertmodell basiert auf der Vorstellung, daß unterschiedlichen Bonituren ein unterschiedliches Wettergeschehen zugrundeliegen muß (Abb. 5). Die Bonituren wurden dazu in drei Befallsklassen

- leicht,
- mittel und
- schwer

eingeteilt und für diese drei Klassen Mittelwerte der 10-Tagessummen mit ihrer Standardabweichung errechnet. Daraus ergaben sich die in Tabellen zusammengefaßten Summen-Schwellenwerte für 10 Tage vor bzw. 10 Tage nach dem Ährenschieben (Abb. 6).

Beide Summenmodelle sollen einem Praktiker bzw. einem Berater ermöglichen, selbst ermittelte Werte mit einer Skala zu vergleichen und am Tag des Ährenschiebens bzw. 10 Tage nach dem Ährenschieben zu einer fundierteren Aussage über die Befallsgefährdung zu kommen. Für spezielle kleingeographische Bedingungen und verschiedene Sorten müssen noch Bewertungsfaktoren erarbeitet werden.

Einzeltagesschwellenwertmodell

Summenwerte lassen die in ihr enthaltene Geschehensfolge nicht mehr erkennen. Um auszuschließen, daß dadurch wertvolle Informationen verloren gehen, wurde ein Einzeltagesschwellenwertmodell erarbeitet. Die Grundidee zu diesem Modell war wiederum die in Abbildung 5 dargestellte Tatsache, daß sich das Wettergeschehen, das leichtem Befall zugrundeliegt, deutlich von einem Wettergeschehen, das starkem Befall zugrundeliegt, unterscheidet.

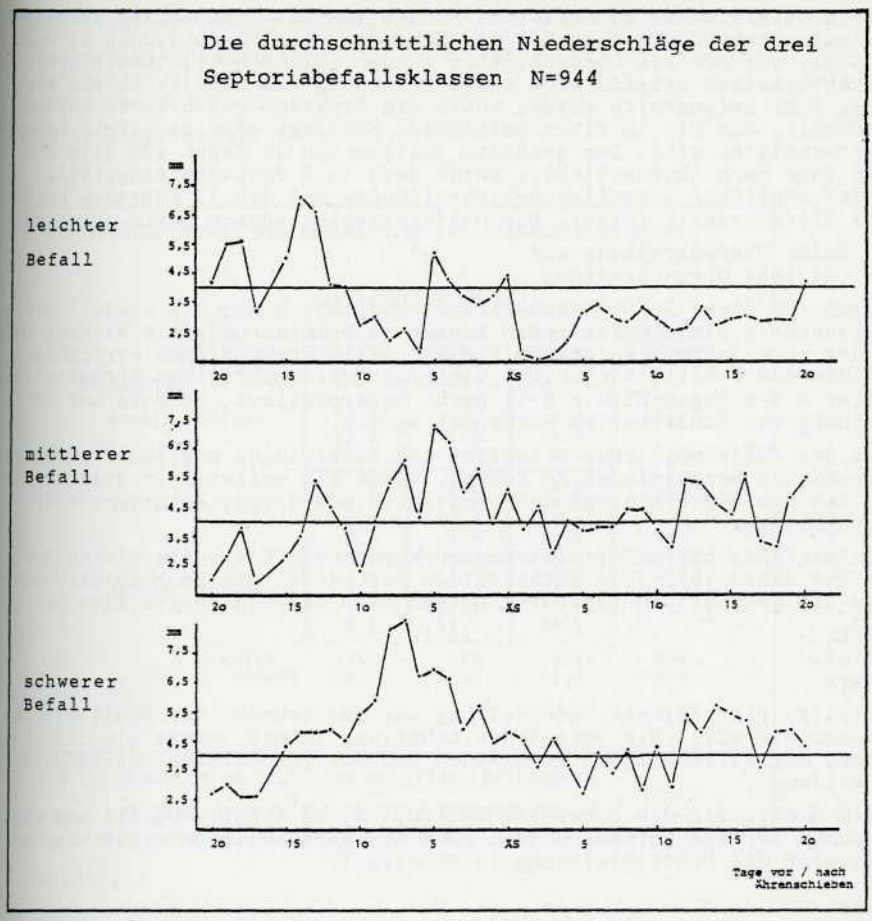


Abbildung 5

TABELLE für Summe aus 10 Tagen vor Ährenschieben

Klimatologischer Wert	Wertebereich			
Rel. Feuchte 14 h	0 bis	510 % bis	610 % u. darüber	
Tagestemperaturamplitude	über	110 °C	95 °C	80 °C u. darunter
Niederschlag	unter	15 mm	55 mm	90 mm u. darüber
Spelzenbräunebefall ist zu erwarten	sicher nicht	unter Umst.	unter Umständen	sicher

Abbildung 6

Um diese Unterschiede zu erfassen, wurden jeweils 4 Schwellen festgelegt (entsprechend der 4 mm Niederschlagsschwelle in Abbildung 5) und abgezählt, wie oft sie überschritten wurden. Die Schwellenüberschreitungshäufigkeiten zeigten eine klare Beziehung zum Befall. Da die Auswertung sehr umfangreich wurde, mußte ein Programm geschrieben werden, das abzählt, wie oft in einem bestimmten Zeitraum eine bestimmte Schwelle überschritten wird. Der gewählte Zeitraum von 40 Tagen (20 Tage vor bis 20 Tage nach Ährenschieben) wurde dazu in 8 Pentaden eingeteilt. Die vier möglichen Schwellenüberschreitungen mal den 12 Pentaden ergaben 32 Hilfsvariable (Hiva). Die Hilfsvariablen können Werte zwischen

0 = keine Überschreitung und
5 = tägliche Überschreitung

annahmen. Um diese Schwellenüberschreitungszahlen für die verschiedenen Zeitspannen in einen umfassenden Rahmen zu bringen und ihre Wirkung aufeinander zu erfassen, wurden multiple lineare Regressionen errechnet. Es entstanden Schätzgleichungen, die wegen der ungünstigen Voraussetzung (Bonitur = 1-9 gegen Hiva = 0-5) nicht interpretiert, sondern nur zur Errechnung von Schätzwerten verwendet werden.

Um aus der Fülle möglicher Schwellen und Zeitspannen möglichst günstige Kombinationen herausfinden zu können, wurde ein weiteres Programm benötigt, das die Regressionsgleichungen lesen und daraus Schätzwerte errechnen konnte.

Zur Entwicklung optimaler Gleichungen wurden die 944 beobachteten Bonituren der Jahre 1972-1979 nachträglich geschätzt. Die beobachteten ebenso wie die geschätzten Bonituren wurden auch dazu in Boniturklassen

- leicht,
- mittel,
- schwer

eingeteilt. Eine feinere Unterteilung war aus Gründen der Bonitiertechnik nicht sinnvoll. Die Güte jeder Schätzung konnte sofort als Differenz zwischen der tatsächlichen gemessenen und der geschätzten Bonitur ermittelt werden.

Aus dem Ansatz mit den Schwellen 40, 70, 75, 80 % Rel. Feuchte und der Zeitspanne 20 Tage vor bis 9 Tage nach dem Ährenschieben ergab sich beispielsweise die Schätzgleichung in Tabelle 1.

Tabelle 1

PARAMETER	SCHWELLE	PENTADE	VARIABLE	R SQUARE	B
RF14	40	05-09TG NACH	HIVA06	0.47566	0.7668536
RF14	40	20-16TG VOR	HIVA01	0.54067	0.3300879
RF14	80	00-04TG NACH	HIVA29	0.55840	0.6151962
RF14	70	05-01TG VOR	HIVA12	0.57070	0.3765756
RF14	75	20-16TG VOR	HIVA17	0.57912	-1.108810
RF14	80	20-16TG VOR	HIVA25	0.59813	0.8268614
RF14	75	00-04TG NACH	HIVA21	0.60716	-0.7031114
RF14	70	00-04TG NACH	HIVA13	0.61546	0.2973172
RF14	80	15-11TG VOR	HIVA26	0.61846	-0.6441384
RF14	75	15-11TG VOR	HIVA18	0.63860	0.2409786
RF14	40	10-06TG VOR	HIVA03	0.64056	-0.7905484D-01
RF14	40	15-11TG VOR	HIVA02	0.64226	0.1298065
RF14	75	05-01TG VOR	HIVA20	0.64439	-0.7522453
RF14	80	05-01TG VOR	HIVA28	0.64572	0.4723388
RF14	80	05-09TG NACH	HIVA30	0.64722	0.1162807
RF14	40	05-01TG VOR	HIVA04	0.64839	-0.1457386
RF14	70	20-16TG VOR	HIVA09	0.64960	0.3586363
RF14	70	15-11TG VOR	HIVA10	0.65077	0.2597636
RF14	75	10-06TG VOR	HIVA19	0.65268	0.3841717
RF14	80	10-06TG VOR	HIVA27	0.65421	-0.3192376
RF14	40	00-04TG NACH	HIVA05	0.65428	0.4148996D-01
RF14	70	05-09TG NACH	HIVA14	0.65433	-0.4958338D-01
RF14	75	05-09TG NACH	HIVA22	0.65435	0.5106701D-01
RF14	70	10-06TG VOR	HIVA11	0.65437	-0.2718760D-01
					-0.6255632

Durch diese Gleichung wurde

- der leichte Befall zu 79 %,
- der mittlere Befall zu 65 %,
- der schwere Befall zu 74 %

richtig vorhergesagt (Abb. 7).

DIE ÜBEREINSTIMMUNG VON GESCHÄTZTEM UND BEOBACHTETEM BEFALL

GESCHÄTZT RF14 6

BEOBACHTET	ANZAHL / ZEILENPROZ / SPALTENPROZ / GESAMTPROZ	BEFALL LEICHT	BEFALL MITTEL	BEFALL SCHWER	ZEILE GESAMT
BEFALL LEICHT	ANZAHL	196	52	0	248
	ZEILENPROZ	79.0	21.0	0.0	26.3
	SPALTENPROZ	100.0	14.5	0.0	
	GESAMTPROZ	20.8	5.5	0.0	
BEFALL MITTEL	ANZAHL	0	206	113	319
	ZEILENPROZ	0.0	64.6	35.4	33.8
	SPALTENPROZ	0.0	57.5	29.0	
	GESAMTPROZ	0.0	21.8	12.0	
BEFALL SCHWER	ANZAHL	0	100	277	377
	ZEILENPROZ	0.0	26.5	73.5	39.9
	SPALTENPROZ	0.0	27.9	71.0	
	GESAMTPROZ	0.0	10.6	29.3	
ZEILE GESAMT	ANZAHL	196	358	390	944
	GESAMTPROZ	20.8	37.9	41.3	100.0

RF14 6 : SCHWELLE 40,70,75,80% RELATIVE LUFTFEUCHTE

20 TAGE VOR BIS 9 TAGE NACH ÄHRENSCHIEBEN

Abbildung 7

Aus den beiden meteorologischen Parametern Relative Luftfeuchte 14° und max. Tagestemperatur wurden insgesamt je drei Schätzgleichungen entwikkelt:

1. Schätzen zum Tag des Ährenschiebens,
2. Schätzen 5 Tage nach Ährenschieben,
3. Schätzen 10 Tage nach Ährenschieben.

Mit den Gleichungen für Rel. Luftfeuchte kann allein geschätzt werden, während die Temperaturgleichungen nur zur Absicherung verwendet werden.

Die Schätzwerte zeigen sehr gute Übereinstimmung mit dem tatsächlich aufgetretenen Befall. Im Jahr 1979 wurde der Befall etwas zu hoch geschätzt, da das Programm bisher nur das Wetter um das Ährenschieben berücksichtigt und dadurch die für die Septoriaentwicklung äußerst ungünstige Trockenphase vor diesem Zeitraum ohne Einfluß blieb. In späteren Modellversionen sollen längerfristig wirkende Faktoren mitberücksichtigt werden.

Seit Juni 1980 steht das "Septoria-Prognose-Modell" an allen Bildschirmen des Bayerischen Landwirtschaftsministeriums on-line zur Verfügung (Abb. 8). Jeder Anwender bekommt nach Eingabe seiner meteorologischen Parameter eine Aussage zur Befallsgefährdung. Einige Angaben zum Standort werden momentan schon berücksichtigt.

Bisherige Schätzergebnisse:

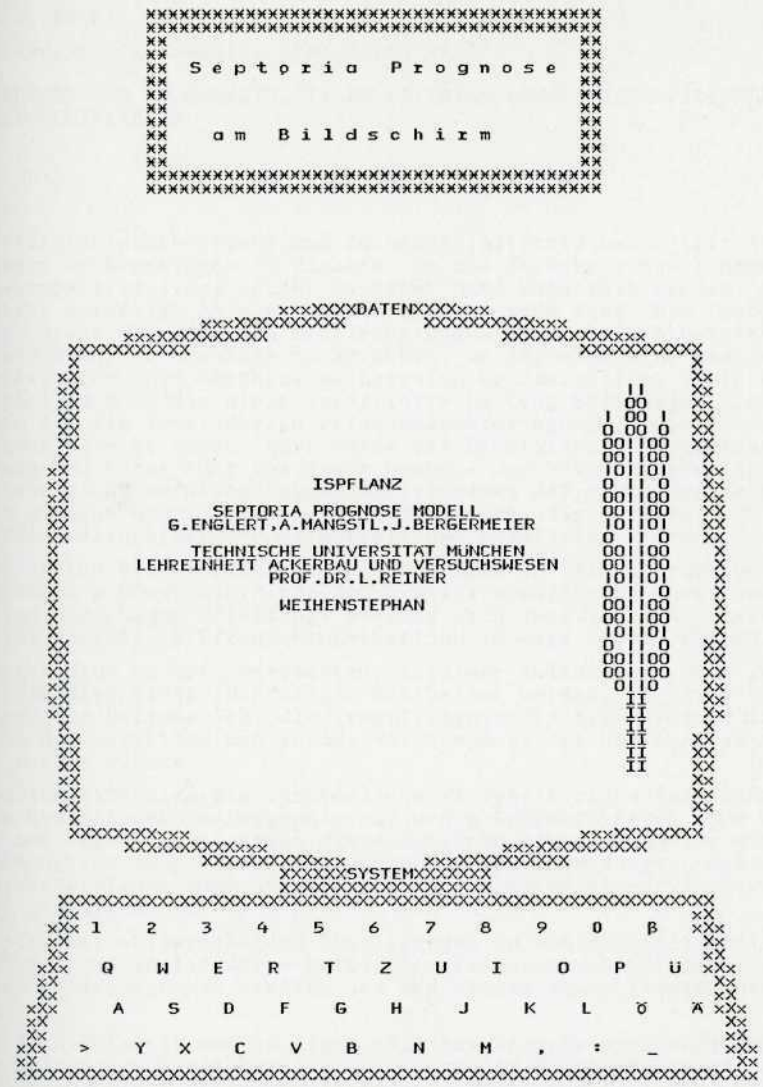
1978	Prognose zum Ährenschieben	Bonitur vor Ernte
Seligenstadt	1 - 3	1
Altötting	4 - (5)	3,7
Weihenstephan	(4)- 5	4,5
Osterseeon	4 - 6	4,0
Landsberg	5 - 7	3,5
1979		
Altötting	5	4,1
Osterseeon	6	3,2
Landsberg	6	4,1
Pulling	5	4,5

Das Modell wird 1981 mit landwirtschaftlich relevanten Synopstationen und geeigneten Meßstellen des Deutschen Wetterdienstes verbunden, so daß für diese Stationen eine tägliche großräumige Prognose durchgeführt werden kann. Die standortspezifische Dateneingabe wird weiterhin möglich bleiben. Das Programm wird außer der Befallsschätzung eine Liste möglicher Fungizide mit Anwendung und Preisen bereitstellen. Die Befallsprognose soll durch eine Ertrags-Verlust-Prognose ergänzt werden. Die Möglichkeiten, im Anschluß an die Befallsprognose eine Kosten-Nutzenrechnung einer Spritzung bei dem geschätzten Befall anzubieten, werden geprüft. Auf lange Sicht wird angestrebt, die Septoria-Prognose dem Landwirt über Bildschirmtext interaktiv zur Verfügung zu stellen.

DISKUSSIONSBEITRAG

LITZKA: Wäre das Sättigungsdefizit nicht besser als Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit?

MANGSTL: Das bringt keine wesentliche Verbesserung.



Erste öffentliche Vorführung anläßlich der Hochschultagung am 4.7.1980 in Weihenstephan.

Selbstverlag : ACKERBAU Weihenstephan, Juli 1980

Abbildung 8