

Zentrale Agrarmeteorologische Forschungsstelle des Deutschen Wetterdienstes (ZAMF), Braunschweig

## 'LAUS', ein Prognosemodell für den Getreideblattlausbefall als Beispiel aus dem agrarmeteorologischen Softwarepaket 'AMBER'

'LAUS', a prognostic model for cereal aphid infestation as an example from the agrometeorological software package 'AMBER'

Von H. Friesland

### Zusammenfassung

Das an der ZAMF Braunschweig entwickelte Softwarepaket 'AMBER' liefert unter automatisierter meteorologischer Datenversorgung umfangreiche Ergebnisse und Prognosen für die agrarmeteorologische Beratung. Das darin implementierte Populationsmodell 'LAUS' für die Große Getreideblattlaus im Frühsommer wird in seinem witterungsgesteuerten Ablauf und den Programmteilen Weizenbestandsklima und -phänologie sowie Populationsdynamik der Antagonisten dargestellt. Die tägliche Ergebnisausgabe umfaßt die Entwicklungsstadien des Winterweizens, den absoluten und relativen Blattlausbefall sowie die täglichen prozentualen Befallsänderungen. Die Validierung ist im wesentlichen abgeschlossen. Durch einfache Korrektur- oder Bonitureingabemöglichkeiten wird eine ausreichend gute Ergebnisqualität und damit das Ziel einer Beratungshilfe für die Landwirtschaft erreicht.

### Abstract

A software package 'AMBER' has been developed at the ZAMF Braunschweig which provides a lot of results and forecasts for the agrometeorological service under automatical meteorological data supply. The implemented model 'LAUS' for the grain aphid in early summer is presented with its weather-driven run through submodels for wheat microclimate and phenology and for the population dynamics of aphid antagonists. The daily results comprise winter wheat development stages, absolute and relative aphid numbers and percentage of daily change in aphids. Validation is nearly finished. By adequate possibilities of correction or sampling input sufficiently good results and therefore the aim of a recommendation aid are achieved.

### Einleitung

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ist als nachgeordnete Behörde des Bundesverkehrsministeriums für die meteorologische Betreuung der Öffentlichkeit in der Bundesrepublik zuständig. Für den Bereich der Landwirtschaft wird die agrarmeteorologische Beratung möglichst flächendeckend durch die Agrarmeteorologischen Beratungs- und Forschungsstellen (AMBF) des DWD durchgeführt.

Für die Entwicklung von relevanten Beratungsverfahren aus den Gebieten Wasserhaushalt, Bestands- und Bodenklima, Stickstoffdynamik, Phytopathologie, Phänologie, Agrarklimatologie u. a. m. in Beratungsverfahren und deren Anpassung an die landwirtschaftlichen Rahmenbedingungen ist die Zentrale Agrarmeteorologische Forschungsstelle (ZAMF) des DWD in Braunschweig zuständig. Hier sind in den letzten

Jahren eine Reihe agrarmeteorologischer Modelle entstanden. Die wachsende Zahl an Schaderregermodellen reagiert auf die Beratungsnachfrage aus der landwirtschaftlichen Praxis und gewinnt an Gewicht mit der zunehmenden Qualität der kurz- und mittelfristigen Wettervorhersage, die sinnvollerweise integriert sein sollte.

Zwecks einheitlicher Menüsteuerung und Datenversorgung sind die an der ZAMF Braunschweig entstandenen Verfahren in das Softwarepaket 'AMBER' (= Agrarmeteorologische Beratung) eingebunden worden (LÖPMEIER, 1990). Die Versorgung mit aktuellen und vorhergesagten meteorologischen Daten (Stundenbasis) sowie mit individuellen Startdateien für gewünschte Anwendungsprogramme, Orte und Zeiträume lassen einen weitgehend automatisierten Routinebetrieb an den AMBF zu. Eine von GUTSCHE (1992) geforderte „quasi-real-time“ Datenversorgung ist somit in 'AMBER' gegeben.

### Modell 'LAUS' in 'AMBER'

Ein Beispiel für ein witterungsabhängiges Schaderregermodell stellt das Programm 'LAUS' zur Simulation und Vorhersage des Befalls durch die Große Getreideblattlaus (*Sitobion avenae* F.) an Winterweizen im Frühsommer dar. Dieses Modell soll der Praxis eine Hilfe bei der Vermeidung von Saugschäden durch Getreideblattläuse geben; es ist nicht im Herbst in Hinsicht auf Virusvektoren einsetzbar.

Als Datengrundlage dienten Befallserhebungen aus der Literatur und eigenen Versuchsfeldern sowie dankenswerterweise von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), Pflanzenschutzämtern und der Projektgruppe „Getreideblattläuse“ des Arbeitskreises „Integrierter Pflanzenschutz“ der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft (DPG). Durch Einbezug meteorologischer Daten der jeweils nächstgelegenen Station und von phänologischen Daten entstand schon früh ein empirisches Modell mit geringen statistischen Anteilen (FRIESLAND, 1983). Viele meteorologische Kardinalwerte (Minimum, Optimum, Maximum der einzelnen Parameter) für die einzelnen Lebensvorgänge waren meist Laborergebnissen zu entnehmen, andere mußten im entstehenden Modell im „Try and error“-Verfahren abgeschätzt werden. Es entstand schließlich ein deterministisches Modell mit dem Zeittakt von einem Tag und folgender Struktur (siehe auch Abb. 1):

- Dateneingabe (Anfangsbedingungen, meteorologische Daten),
- Bestandsklima Winterweizen,

- Phänologie Winterweizen,
- Populationsdynamik Läuse:  
Entwicklungsrate, Geburtenrate, Sterberate, Erkrankungsrate (Verpilzung, Parasitierung), Zuflug- und Abflugrate,
- Populationsdynamik Räuber,
- Populationsdynamik Parasitoiden,
- Ergebnisausgabe (absoluter u. relativer Befall, EC).

Vom Lebenszyklus der *S. avenae* wird nur der Zeitraum vom 1. April (meist Ei-Stadium) bis zur Gelbreife des Winterweizens (spätester Populationszusammenbruch) berechnet. Im Frühjahr beenden Schwellentemperaturen die Winterruhe der Läuse, Räuber (hier nur stellvertretend für die ganze Gruppe nur Marienkäfer) und Parasitoiden (Schlupfwespen). Ab diesen Zeitpunkten berechnet 'LAUS' die tägliche Befallsdichte, zunächst außerhalb des Getreides, ab Befallsflugbeginn (allgemein im Mai) jedoch im Winterweizen mit dem zugehörigen Mikroklima im oberen Bestandsdrittel. Von da an ist unter Einbezug der Bestandsdichte die tägliche Bilanzausgabe des mittleren Blattlausbefalls/Ähre und Fahnenblatt möglich. Eventuell im Weizen überwinterte Blattläuse werden im Modell zunächst nicht berücksichtigt, jedoch bei späteren Befallswertkorrekturen ohnehin integriert. Ab 1. April wird

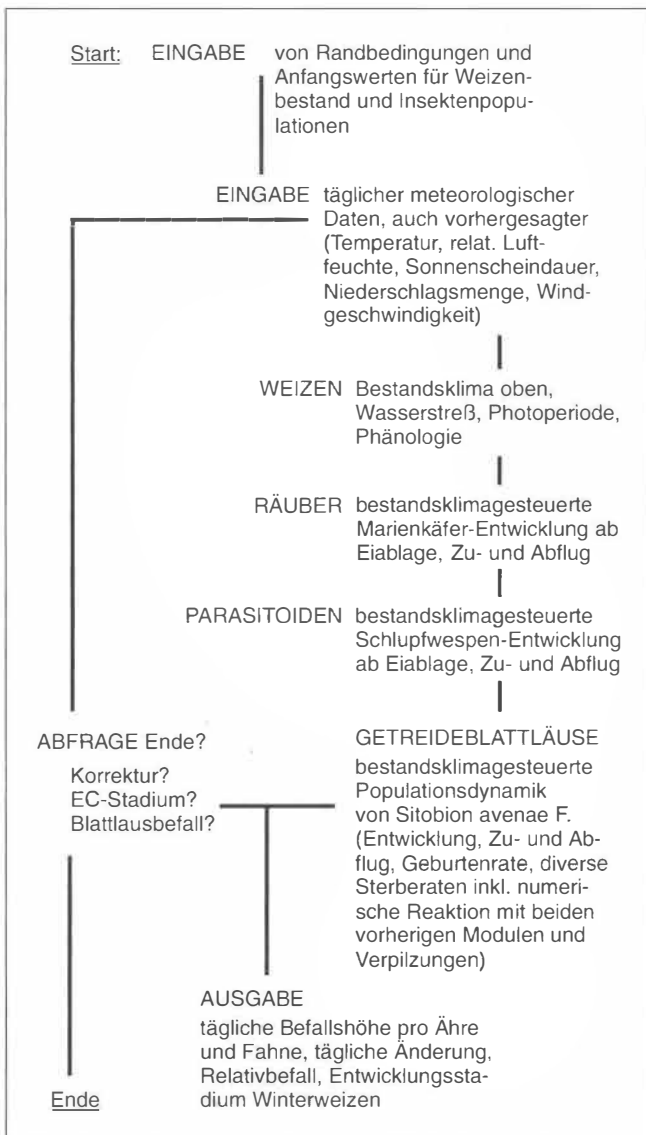


Abb. 1. Täglicher Ablaufzyklus des Modells 'LAUS' mit Inhalt der Teilmodelle.

die Phänologie des Winterweizens (EC-Stadium) ebenfalls in Tagesschritten parallel mitberechnet. Im einzelnen werden folgende Ergebnisse in den o. g. Teilmodellen agrarmeteorologisch erzeugt.

**Dateneingabe:** Als meteorologische Eingangsdaten genügen tägliche Werte der Temperatur (Mittel, Minimum, Maximum), relative Luftfeuchte (Tagesmittel), Sonnenscheindauer, Niederschlagsmenge und Windgeschwindigkeit (Tagesmittel). Diese werden aus ständig aktualisierten Dateien automatisch eingelesen. Weitere Parameter sind wahlweise in eine Menüsteuerung oder eine Startdatei einzugeben: Station/Ort, Jahrestag bis zu dem zu rechnen ist, Jahrestag einer evtl. Bonitureingabe, EC Weizen am 1. April und ggf. wesentliche Abweichungen von einem mittleren Düngungsniveau, der mittleren Bestandsdichte (ährentragende Halme/m<sup>2</sup>) und der Populationsstärke der Blattläuse im Frühjahr. Letztere ist lediglich ein Startindex, mit dem sich für besonders schwache oder starke nachfolgende Befallsentwicklungen, auch im nachhinein als korrigierender Modelllauf, auf niedrigerem oder höherem Niveau simulieren lassen.

**Bestandsklima Winterweizen:** Die Eingangsdaten Temperatur und relative Feuchte stammen aus der Standard-Wetterhütte und werden entsprechend der Niederschlags-, Strahlungs- und Windbedingungen auf den oberen Bestandsbereich empirisch transformiert. Für die anderen Größen ist das nicht nötig; die in 10 m Höhe erfaßten Windgeschwindigkeiten genügen als Maß für die Windbeeinflussung im oberen Bestandsraum.

**Phänologie Winterweizen:** Die Entwicklungsstadien werden täglich im fließenden Übergang (mit Dezimalen) als nicht-lineare Funktion der Mitteltemperatur (Wirkung ab ca. 5 °C), Strahlung, Photoperiode, Niederschläge (Bodenwasserstatus) und des EC selbst berechnet. Hierbei wird ein mittleres Verhalten ohne Sortenunterschiede angenommen, da eventuell notwendig werdende EC-Korrekturen ohnehin einbringbar sind.

**Populationsdynamik Läuse:** Durch die beiden vorherigen Module werden bereits die wichtigsten Steuergrößen bereitgestellt. Die täglichen Portionen neugeborener Läuse werden mit einer temperaturabhängigen Entwicklungsfunktion nach dem „Boxcar train“-Verfahren (DE WIT und GOUDRIAAN, 1978) bis zum Übergang in den Erwachsenenstatus durch die Zeit begleitet, wodurch eine Altersstrukturierung erfolgt. Auch die einzelnen Portionen gesunder oder erkrankter Larven und Adulten sind dem Modell bekannt. Die Bilanzierung der täglichen Befallshöhe geschieht nach Durchlauf folgender teils empirischer, teils theoretischer Ratenfunktionen.

**Geburtenrate:** Im wesentlichen wurden die Werte von DEAN (1973) für die Temperaturabhängigkeit benutzt. Bei geringen relativen Luftfeuchten jenseits des Temperaturoptimums von 18 °C oder bei kritischen Pflanzenwasserzuständen (ausgedrückt als Bodenfeuchteindex) sinkt die Geburtenrate im Modell nichtlinear, um der Reaktion der Läuse auf beginnende Verdunstungsverluste von Körperflüssigkeit durch ihre Wachsschicht Rechnung zu tragen. Durch die beste Nahrungskonsistenz des Pflanzensaftes bei EC71 wurde zu diesem Entwicklungsstadium das Optimum von etwas über sechs Larven pro adulter Laus angesetzt (bei optimalen anderen Bedingungen). Dieser von der Weizenphänologie beigetragene Faktor an der Geburtenrate geht danach mit zunehmender

Abreife in Richtung null. Eine Berücksichtigung von eventuell unterschiedlichen Reaktionen bezüglich der Winterweizensorten auf die Vermehrungsrate der Blattläuse findet nicht statt. Ein höheres oder geringeres Niveau der Stickstoffdüngung als ortsüblich kann aber für eine individuellere Beratung mit in die Berechnung der Geburtenrate einbezogen werden. Die im Modell erkrankten und parasitierten Adulten tragen nicht mehr zur Vermehrung bei.

**Erkrankungsrate:** Die witterungs- und dichteabhängigen Angriffe durch Parasitoiden werden nach einer ähnlichen Räuber-Beute-Funktion wie bei den Freßfeinden berechnet (s.u., Absatz über die Populationsdynamik der Räuber). Entomophthoracen können in feuchten Jahren merklich auf die Populationsentwicklung der Getreideblattläuse einwirken. Generalisierend für verschiedene Spezies dieser insektenpathogenen Pilze wurden Optima von 100% relativer Feuchte und 18°C angesetzt. Außer Niederschlag fördert auch eine zunehmende Anzahl verpilzter toter Läuse die Infektionsrate.

**Sterberate:** Das Modell führt täglich Bilanz über die pilzinfizierte und parasitierte Anzahl Larven und Adulte und läßt sie generell nach 5 Tagen sterben. Ein fester kleiner Prozentsatz erwachsener Läuse, durch Wasserstreß steigerbar, ist als Alterssterblichkeit implementiert. Getötete Läuse durch Freßfeinde sind das Ergebnis aus einer witterungsgesteuerten Räuber-Beute-Funktion. Direkte Wettereffekte greifen additiv über logistische (S-)Funktionen lethal ab 29°C Maximum (bei RF unter 65% ab 25°C) sowie unter 1°C, ab 2mm Tagesniederschlagsmenge und Windgeschwindigkeiten (Spitzenböen) über 10m/s ein. Dabei treten auch bei extremen, nur theoretisch vorstellbaren Witterungskombinationen nie 100% als Sterberate auf.

**Zuflug- und Abflugrate:** Der Beginn des Befallsflugs von *S. avenae* in den Winterweizen wird durch die Höhe (damit im allgemeinen durch die Dauer) der bisherigen Populationsentwicklung seit dem Eischlupf und Witterungsfunktionen bestimmt. Damit wird der Tag des erstmöglichen Befallsfluges von außen festgelegt. Temperaturmaxima unter etwa 14°C oder zu windige Tage lassen keinen Befallsflug zu. Hohe Temperaturmaxima und Windstille definieren für den jeweiligen Tag optimale Zuflugbedingungen. Eine zahlenmäßig schlechte Blattlausentwicklung vor dem Befallsflugbeginn bewirkt ein niedriges Immigrationspotential und umgekehrt. Die Summe der Zuflüge in den Weizen wird als Steuergröße benutzt, um den Neuzuflug aus dem sich entleerenden „Blattlaus-Pool“ der Außenwelt (Feldraine, ggf. Wintergerste) zu beenden. Die Emigration aus dem alaten Anteil der Läuse wird aus der Populationsdichte zusammen mit der phänologischen Weizenentwicklung abgeschätzt, wobei ähnliche Witterungskriterien wie beim Zuflug gelten.

**Populationsdynamik der Räuber:** Da eine Berücksichtigung aller Freßfeinde von Blattläusen in Getreide ins Uferlose führt, wurde als Näherungslösung der Siebenpunkt-Marienkäfer stellvertretend und entsprechend verstärkt in das Modell einbezogen. In etwas vereinfachter Form enthält dieses Unterprogramm die gleichen Ratenberechnungen wie bei den Läusen unter Berücksichtigung anderer meteorologischer Kardinalwerte und dem zusätzlichen Ei- und Puppenstadium. Der Zu- und Abflug wird über die Blattlausdichte gesteuert, d. h., bei zu geringer Lausdichte suchen die Marienkäfer zu lange und fliegen ab, bei hoher Lausdichte bleiben eingeflogene Coccinelliden im Weizenbestand.

Als Räuber-Beute-Funktion wird Typ III von HOLLING (HASSELL, 1978) benutzt:

$$NA = R * K * (1 - \exp[-a * N^2 * R^{(1-b)}])$$

mit NA = Anzahl Angriffe, R = Anzahl Räuber, N = Anzahl Läuse. Meteorologische Parameter greifen regulierend über den Sättigungswert K und den Exponenten b ein. Eine Hungerfunktion regelt den schwindenden Appetit bei längeren Perioden freßintensiver Tage und den steigenden Hunger bei witterungsbedingt inaktiven Tagen.

**Populationsdynamik der Parasitoiden:** Auch hier können nicht alle in Mitteleuropa relevanten Schlupfwespen für *S. avenae* berücksichtigt werden, da ohnehin die meisten meteorologischen Abhängigkeiten unklar sind. Es wird aber in 'LAUS' versucht, das dichte- und temperaturabhängige Eingreifen von Aphidius-Arten stellvertretend abzubilden. Auch ihre Populationsdynamik läuft in einem separaten Unterprogramm ab, wo die einzelnen Entwicklungsstadien wieder im „Boxcar train“-Verfahren temperaturabhängig durch die Zeit geführt werden. Somit sind eine ganze Reihe erkannter Wechselwirkungen aus der natürlichen Umgebung biologisch sinnvoll im Modell eingebaut.

**Ausgabe:** Die bis zum Befallsflugbeginn auf eine imaginäre Einheitsfläche bezogenen Befallswerte werden danach mit der mittleren Bestandsdichte in Absolutzahlen pro Ähre und Fahnenblatt (Ä. + F.) umgerechnet. Beratungsrelevanter, da flächendeckender sind aber die daraus abgeleiteten prozentualen Befallsänderungen von Tag zu Tag. Ein zunächst konstanter Prozentsatz der anderen Getreideblattlausarten wird nur zur Umwandlung in eine tägliche Angabe des relativen Befalls (Prozent befallener Ä. + F.) benutzt. Der Zusammenhang zwischen diesem relativen und dem absoluten Befall mit Getreideblattläusen beruht auf den Ergebnissen von BASEDOW et al. (1989). Für einige Tage vorhergesagte meteorologische Werte ergeben nach automatischem Durchlauf im Modell aussagekräftige Befallsentwicklungen für die Zukunft.

## Entwicklungsstand

Im Rahmen der Modellentwicklung erfolgten ständige Tests und Validierungen sowohl einzelner Teilmodelle als auch des Gesamtmodells. Die biophysikalisch richtige Reaktion der Teilmodelle sowie einiger wichtiger Funktionen wurde durch systematische Variation vor allem der Temperatur geprüft. Sensitivitätsanalysen im Hinblick auf verringerte oder vergrößerte Nützlingspopulationen ergaben ähnlich deutliche Resultate wie bei WETZEL et al. (1987). Bereits Mitte der 80er Jahre wurden in Zusammenarbeit mit Pflanzenschutzdienststellen Versuchsprognosen des Blattlausbefalls getestet. In den Jahren 1991 und 1992 erfolgte eine intensive Überprüfung der aktuellen Vorhersageleistung in Südhessen und an Bonituren von 1981-90 für verschiedene Orte in Sachsen-Anhalt. Die teilweise extremen Getreideblattlauszunahmen im Sommer 1992 in Hessen konnte das Modell allerdings auch im nachhinein nicht in dem Maße nachvollziehen. Eine Bonitureingabe in der Anstiegsphase des Befalls bringt das Modell auf das reale Befallsniveau, kalibriert gleichzeitig die Dichteverhältnisse zu den Antagonisten und erzeugt recht gute Ergebnisse. Ein kurzer zeitlicher Abstand zwischen letzter Bonitureingabe und Start der aktuellen Vorhersage verbessert wesentlich die Aussagequalität. Ein Modelllauf ohne jede Korrektur/Anpassung an die regionalen ggf. schlagbezogenen Befallsverhältnisse liefert meist unbrauchbare Ergebnisse. Der größte Anwender-

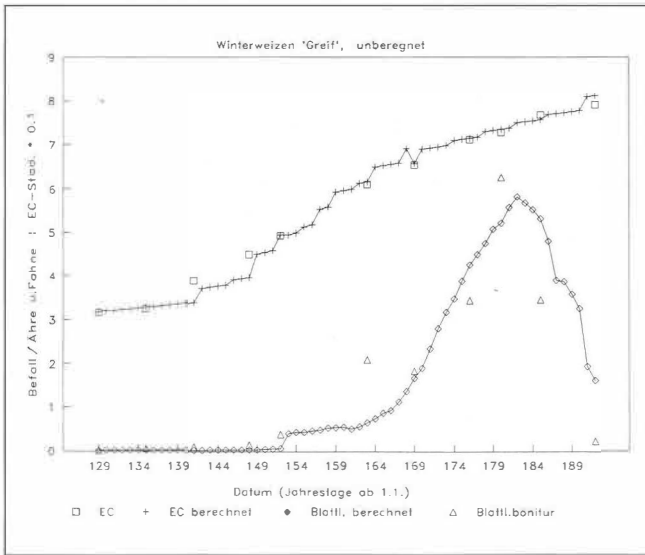


Abb. 2. Berechneter und tatsächlicher Verlauf der Weizen-Entwicklungsstadien und des Befalls durch die Große Getreideblattlaus (Sitobion avenae F.); Jahrestag 152 = 1. Juni, 1990 Braunschweig.

Tab. 1. Tägliche Ergebnisausgabe durch 'LAUS' zwischen Jahrestag 123 und 192 (= 3. Mai bis 11. Juli), berechnet für 1990 in Braunschweig-Völkrode

Tag	Tmax °C	EC	Anzahl Läuse	Befall %	tägl. Änderung %
Befallsflugbeginn Tag: 123					
123	22.2	29.57	.00	0	
124	23.5	29.75	.00	0	235
125	24.7	29.96	.00	0	108
126	25.9	31.17	.01	1	69
127	26.7	31.38	.01	1	43
128	23.8	31.58	.01	1	28
129	22.8	31.78	.01	1	33
130	22.9	31.98	.02	1	23
131	17.0	32.10	.02	1	4
132	17.5	32.25	.02	1	0
133	15.2	32.39	.02	1	0
134	13.3	32.52	.02	1	0
135	18.8	32.73	.02	1	8
136	20.6	32.95	.02	1	8
137	18.2	33.11	.02	1	1
138	14.8	33.29	.02	1	0
139	17.0	33.49	.02	1	5
140	18.6	33.72	.02	1	9
141	20.1	33.97	.03	1	15
142	19.8	37.22	.03	1	13
143	22.1	37.50	.04	1	20
144	17.5	37.75	.04	1	7
145	15.1	37.96	.04	1	-1
146	14.3	39.18	.04	1	-1
147	16.2	39.44	.04	1	0
148	15.5	39.71	.04	1	0
149	18.0	45.02	.04	1	6
150	18.8	45.43	.05	1	12
151	22.2	45.90	.06	2	19
152	24.0	49.42	.07	2	19
Tag mit Korrekturen:					
153	19.0	49.43	.41	15	
154	17.7	49.91	.44	17	7
155	15.4	51.32	.44	17	0
156	18.2	51.85	.47	18	6
157	19.5	55.34	.49	19	3
158	17.2	55.90	.54	20	9
159	15.7	59.30	.55	21	3
160	15.9	59.66	.56	22	2
161	15.2	59.97	.52	20	-8

Tab. 1. Fortsetzung

Tag mit Korrekturen					
162	17.2	61.31	.57	22	10
163	18.2	61.69	.66	25	16
164	17.8	65.05	.75	29	13
165	16.4	65.36	.88	34	16
166	16.5	65.67	.94	36	7
167	15.8	65.96	1.13	41	19
168	19.3	69.25	1.37	44	20
169	23.5	65.84	1.67	48	21
Achtung, Ende Blüte!					
170	25.7	69.16	1.90	51	14
171	20.5	69.39	2.34	56	23
172	22.0	69.67	2.80	62	19
173	20.4	69.93	3.18	66	13
174	19.4	71.14	3.48	69	9
175	20.9	71.40	3.89	74	11
176	20.7	71.64	4.26	78	9
177	26.8	71.92	4.50	80	5
178	27.6	73.17	4.75	82	5
179	24.0	73.45	5.08	85	7
180	23.2	73.72	5.22	87	2
181	24.9	73.98	5.58	90	6
182	21.3	75.21	5.82	92	4
183	19.3	75.41	5.68	91	-2
184	19.0	75.63	5.53	89	-2
185	19.7	75.89	5.32	87	-3
186	18.4	77.13	4.80	83	-9
187	15.9	77.26	3.91	74	-18
188	18.6	77.47	3.88	74	0
189	21.9	77.70	3.59	71	-7
190	20.7	77.96	3.26	67	-9
191	17.1	81.16	1.94	51	-40
192	20.8	81.41	1.62	47	-16

nutzen liegt in der Verarbeitung aktueller meteorologischer Prognosen bis zum fünften Vorhersagetag, so daß auch die künftige, agrarmeteorologisch bedingte Befallsentwicklung simuliert wird. Auch bei meist unterschiedlichen Erwartungshaltungen der Agrarmeteorologen (als Modellanwender), der beratenden Phytopathologen (als Ergebnisnutzer und -anwender) und der Landwirte (als Endnutzer) kann der Praxiswert von 'LAUS' aufgrund der bisherigen Erfahrungen als gut beurteilt werden.

Abbildung 2 zeigt beispielhaft für Braunschweig 1990 den Befallsverlauf von *S. avenae* als Bonitur und simulierte Tageswerte mit einer Korrektur (Läuse und EC) am 153. Jahrestag (= 2.6.) und am 169. Jahrestag (nur EC). Die Entwicklungsstadien des Winterweizens sind mit Bonituren und täglichen, simulierten Werten gleichfalls abgebildet. Die Bonituren im Bestand bezogen sich auf 100 zufällig ausgewählte Ähren und Fahnen. Ohne die Anpassung wäre die reale Höhe des Befallsgipfels Ende Juni nicht erreicht worden. Tabelle 1 gibt durch eine vorn gekürzte Ergebnisliste vom 123. bis 192. Jahrestag (3. 5. bis 11. 7.) desselben Jahres und Bestands ein Minimum an Ausgabemöglichkeiten wieder. Die Anzahl Läuse sind pro Ähre und Fahne berechnet, deren tägliche Änderung rechts außen prozentual angegeben. Die Spalte „Befall %“ (= Anteil befallender Ähren und Fahnen) enthält zusätzlich einen generalisierten Anteil anderer Getreideläuse auf dem Fahnenblatt, der real freilich enorm schwanken kann. Hier sind aber jahres- und schlagbezogenen Möglichkeiten vorhanden, realistischen prozentualen Befall durch alle Getreideblattläuse zu erzeugen. Die Nutzbarkeit für die Beratung dürfte deutlich werden, insbesondere wenn die bei jedem Programmablauf letzten Tagesergebnisse auf vorhergesagten meteorologischen Daten beruhen. Erfreulicherweise wirken sich in der Routine auftretende Fehlprognosen meteorologischer Parameter weniger

stark als befürchtet auf die Modellergebnisse von 'LAUS' aus, da die Vernetzung mit biologischen Sachverhalten die Wirkung abpuffert.

### Ausblick

Der Zwang in der Landwirtschaft, auch künftig ökonomisch und ökologisch sinnvoll arbeiten zu müssen, wird selbst bei sich ändernden Rahmenbedingungen wie Anbauintensität, Erlösen und Produktionskosten mehr oder weniger stark erhalten bleiben. Daher sind gerade im Bereich des Pflanzenschutzes witterungsabhängige und mit meteorologischen Vorhersagedaten versorgte Prognosemodelle als hilfreiche Instrumente anzusehen, damit die Pflanzenschutzberatung ihre Empfehlungen und der Landwirt seine Maßnahmen, soweit nötig, zum optimalen Termin treffen.

Alle Beratungssysteme, die wie 'AMBER' zu diesem Ziel wesentlich beitragen, dürften in Zukunft hohe Nutzungschancen haben. Dabei sollten die landwirtschaftliche und agrarmeteorologische Forschung und Beratung möglichst gemeinsame Wege gehen.

### Literatur

- BASEDOW, T., C. BAUERS und G. LAUENSTEIN, 1989: Ergebnisse vierjähriger Untersuchungen zur gezielten Bekämpfung der Getreideblattläuse (Hom., Aphididae) im intensiven Winterweizenanbau: optimaler Termin und Bekämpfungsschwellen. *Mitteil. BBA*, Heft 254.
- DEAN, G. J., 1974: Effect of temperature on the cereal aphids *Metopolophium dirhodum* (Wlk.), *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Macrosiphum avenae* (F.) (Hom., Aphididae). *Bull. Ent. Research* 63, 401-409.
- DE WIT, C. T. and J. GOUDRIAAN, 1978: Simulation of ecological processes. PUDOC Wageningen/NL, 2nd ed.
- FRIESLAND, H., 1983: Ein biometeorologischer Modellansatz zur Simulation und Vorhersage von Schädlingsbefallsverläufen in Winterweizen. *Annalen d. Meteorologie (N. F.)*, Nr. 20, 125-126.
- GUTSCHE, V., 1992: Stand und Tendenzen der deutschen Pflanzenschutzforschung auf dem Gebiet der Prognose und Modellierung. *Mitteil. BBA*, Heft 279, 45-56.
- HASSELL, M. P., 1978: The dynamics of arthropod predator-prey systems. University Press, Princeton.
- LÖPMEIER, F. J., 1990: AMBER - Agrarmeteorologische Beratung. Tagungsband 3rd Internat. Computer Congr. (Ed.: F. Kuhlmann), DLG-Verlag, Frankfurt, 124-130.
- WETZEL, T., F. HOLZ und A. STARK, 1987: Bedeutung von Nützlingspopulationen bei der Regulation von Schädlingspopulationen im Getreidebestand. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 39, 1-7.