

Darmstadt

Erste Evaluierung zur Schadenswahrscheinlichkeit durch den Maiszünsler für den norddeutschen Raum unter Berücksichtigung seiner Pheromonrassen und Wirtspflanzen (1984-1989)

Risk assessment for spreading of European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) populations to Northern Germany with regard on its pheromone strains and host plant races (1984-1989)

Norbert Lorenz

Zusammenfassung

Der Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung der Z-Rasse des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) in Mais und der E-Rasse im Gemeinen Beifuß (*Artemisia vulgaris*) wurde in Hinblick auf eine Gefährdung des Maisanbaues in Norddeutschland untersucht. Der Schlupfbeginn der E-Rasse liegt generell vor dem der Z-Rasse. Das Larvenwachstum erfolgt schneller im Mais. Das vor der Diapause erreichte Larvengewicht beeinflusst die Wintermortalität, den Schlupfbeginn und die Eiablage. Ein dreijähriger Übergriff der E-Rasse aus Beifuß auf den Mais in Norddeutschland lässt sich mit einem vorausgehenden, außergewöhnlich warmen Jahr erklären. Die klimatischen Grenzen für eine Gefährdung des norddeutschen Raums durch den Zünsler werden diskutiert.

Stichwörter: Maiszünsler, *Ostrinia nubilalis*, Pheromonrassen, Wirtsrassen, Populationsdynamik

Abstract

Temperature effects on development were studied for *Ostrinia nubilalis* Z strain on maize and E strain on common mugwort (*Artemisia vulgaris*) in Germany. After diapause E strain populations developed significantly faster than Z strain ones. Larval growth was faster in maize. Larval weight before diapause interacts with mortality during winter, duration of post-diapause development and egg laying capacity. A triennial migration of the E strain out of its main host mugwort in Northern Germany on maize (1983-86) can be explained by an outstanding warm period in the preceding year. The climatological limits for both strains in Northern Germany are discussed.

Key words: European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, pheromone strain, host race, population dynamics

Einleitung

In der nördlichen Hälfte Deutschlands wurde der Zünsler, z. B. im Ruhrgebiet und im Münsterland, immer nur im Gemeinen Beifuß, *Artemisia vulgaris* L., gefunden (HEDDERGOTT, 1977; KRAUSE, 1978). Erst 1983 beobachtete WELLING den Zünsler im nördlichen Ruhrgebiet (bei Recklinghausen) auch im Mais

(WELLING und LANGENBRUCH, 1984), was sich 1984 und 1985 in geringerem Ausmaß wiederholte. Für dieses norddeutsche Zünslervorkommen belegte HOSANG mittels Pheromonfallen, dass es sich nicht um eine Zuwanderung der in Süddeutschland bereits bekannten Maisvorkommen (Z-Rasse) des Insektes handelte, sondern um eine Migration der für Norddeutschland bereits für Beifuß beschriebenen Vorkommen der Art in den Mais (LANGENBRUCH et al., 1985). Die Fänge ordneten die Falter der E-Rasse zu. Als Verbreitungsgrenze für die nördliche Ausbreitung der Z-Rasse in Mais entlang des Rheins war der Raum Koblenz bekannt.

Es stellten sich die Fragen nach einer möglichen Beeinträchtigung des norddeutschen Maisanbaus durch eine dauerhafte Anpassung der Maiszünslerspopulation aus Beifuß (E-Rasse) an die weiträumig angebaute alternative Wirtspflanze und/oder durch eine Zuwanderung der Z-Rasse aus Süddeutschland.

Material und Methoden

Die Bestimmung des Pheromonstammes (über die Puppe) bis zum Imago durchgezüchteter einzelner Larven kann mittels gaschromatischer Analyse des vom lockenden Weibchen abgeordneten Lockstoffes erfolgen. Hierzu wurden in Beifuß gesammelte Larven aus dem Raum Freiburg, Darmstadt und Bonn (hier auch Larven aus Mais) im Lichtthermostaten bis zum Falterschlupf gehalten und der von den geschlüpften Weibchen produzierte Lockstoff im Institut für Organische Chemie der Universität Erlangen gaschromatographisch bestimmt (in Anlehnung an die Methodik für *Mamestra brassicae* von ATTYGALLE et al., 1987).

Um zu beurteilen, ob sich Maiszünsler unterschiedlicher geographischer Herkünfte und Wirtspflanzen bezüglich der zur Metamorphose von der Larve (über die Puppe) zum Vollinsekt benötigten Temperatursummen unterscheiden (Postdiapause bis zum Schlupf), wurden 1986 und 1987 in Beifuß und Mais gesammelte Maiszünslarven verschiedener Herkünfte (Freiburg, Darmstadt, Recklinghausen) in Freilandkäfigen (30 × 30 × 30 cm) überwintert. Die Larven der verschiedenen Sammelorte und Wirtspflanzen blieben streng getrennt. Vor der Einlagerung in die Käfige wurden Gewichtsgruppen der Larven zusammengestellt. Aufgrund geringer Populationsdichten an den Sammelorten ließ es sich mitunter nicht umgehen, Larvensammlungen von nahe beieinander liegenden Fundstellen zu mischen. Alle Larven wurden im Zeitraum zwischen Sammeln und Wiegen in mit Maisstängelstücken gefüllten Plastikboxen im Freiland kühl und schattig gelagert. Nach dem Wie-

Tab. 1. Gewichte von im Freiland gesammelten Maiszünslerlarven aus Beifuß und Mais

Sammlung	Ort (Region)	Wirt	n	Durchschnitt (mg)
07.10.1987	Groß-Rohrheim (Hessisches Ried)	Mais	406	101
09.10.1987	Lengfeld (Vorderer Odenwald)	Mais	205	102
04.11.1987	Riegel (Freiburg)	Mais	412	101
11.11.1987	Ettenheimweiler (Freiburg)	Beifuß	99	100
25.11.1987	Recklinghausen	Beifuß	80	92

gen wurden die Larven bis zum Beschicken der Freilandkäfige im Lichtthermostaten (12 h Licht / 12 h Dunkelheit, 15 °C) zwischengelagert. Die endgültige Einlagerung der Larven aus Mais wurde 1986 auf zweierlei Art vorbereitet. Die Larven aus Mais bei Freiburg wurden einzeln 'verpackt'. In ca. 12 cm lange unbeschädigte Mais-Stängelstücke mit einem mittigen Nodium wurde von den Enden ein Loch von 3 mm Durchmesser und 5 cm Länge in das Stängelmark gebohrt. Nach dem Hineinkriechen der mit einer Pinzette vor das Loch gehaltenen Larven wurde dieses mit einem Markpfropfen locker verschlossen. Die Larven aus Mais bei Darmstadt wurden mit je vier Larven in einseitig aufgeschlitzte 10 cm lange Maisstängelstücke eingelagert. Um die Larven nicht zu quetschen, wurde zuvor mit dem Kopf eines Nagels ein 'Fraßgang' ausgeschabt. Die Larven aus Beifuß (Freiburg, Recklinghausen) wurden in Wiesenbeifuß (*Artemisia campestris*) überwintert, da ihre eigentliche Wirtspflanze (*A. vulgaris*) nicht in ausreichender Menge und Qualität verfügbar war. Die Einlagerung erfolgte individuell in 5 cm lange Stängelstücke, ebenfalls mit vorgebohrtem Loch und Verschluss mit Stängelmark. Es wurde nur Pflanzenmaterial ohne sichtbaren Pilz- oder Bakterienbefall verwendet. Im Winter 1987 wurden aufgrund der Erfahrung des Vorjahres alle Larven entsprechend 1986 in Mais und *A. campestris* einzeln eingelagert.

Zur Erfassung der für die Entwicklung benötigten Temperatursummen wurden Wetterdaten in einer den Käfigen direkt benachbarten Wetterhütte 2 m über dem Boden mit einem Thermohygrographen aufgezeichnet. Zur Auswertung wurden die täglichen Tagesgrade > 9 °C (°TG9) aufsummiert. Die Basistemperatur von 9 °C wurde hierbei nach OHNESORGE und REH (1987) als der ungefähre Entwicklungsnullpunkt angenommen und von der Tagesdurchschnittstemperatur subtrahiert. Die Errechnung der Tagesmittelwerte erfolgte analog dem Deutschen Wetterdienst (DWD) nach der Formel: [(Temp. 7:00 Uhr + Temp. 14:00 Uhr + (2 × Temp. 21:00 Uhr)) / 4]. Die Ablesezeiten entsprachen der Mitteleuropäischen Zeit ohne Berücksichtigung der Sommerzeit. Für die regionale Risikoabschätzung wurden vom DWD gemessene Temperatur-Tagesmittel von fünf repräsentativen Wetterstationen über einen Zeitraum von 14 Jahren ausgewertet. Die Daten wurden vom DWD als ASCII-Dateien zur Verfügung gestellt. Zwecks Verrechnung wurde ein Programm in Maillard-Basic geschrieben.

Zur Beurteilung des Eiablageverhaltens von aus Beifuß stammenden Maiszünslern konnten 12 Wirtspflanzenpräferenz-Versuche mit insgesamt 25 Weibchen, die eine Larval-Entwicklung in Beifuß (Großraum Darmstadt) abgeschlossen hatten, in Käfigen durchgeführt werden. Der zur Eiablage angebotene Mais wurde im Gewächshaus vorgezogen, die Beifußpflanzen in der Umgebung Darmstadts ausgegraben und eingetopft. In den Versuchen befand sich der Mais im Stadium 'Schossen' und hatte eine Höhe von 80 bis 100 cm. Die Beifußpflanzen maßen 80 bis 90 cm. Um zu untersuchen, ob schwerere Weibchen aus den in Beifuß gesammelten Tieren mehr Eier ablegen als leichtere, wurde die Eiablage an Mais in Kleinkäfigen im Lichtthermostaten beobachtet.

Ergebnisse

Die bei Freiburg, Darmstadt und Bonn im Beifuß gefundenen Maiszünsler-Populationen zeigten sich nach gaschromatischer Analyse des Pheromons als der E-Rasse zugehörig. 1989 konnten bei Remagen (12 km südöstlich von Bonn) Larven in Mais gefunden werden, ohne direkte Nachbarschaft zu Beifußbeständen. Die gaschromatographische Bestimmung belegte das bislang nördlichste Vorkommen der Z-Rasse in Mais.

Da gut ernährte Tiere eine bessere Überlebenschance und eine höhere Reproduktionsrate besitzen als untergewichtige, wurde zunächst überprüft, welche Larvengewichte in den Wirtspflanzen unter natürlichen Bedingungen im Freiland erreicht werden. Tab. 1 gibt eine Übersicht für das Jahr 1987. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Durchschnittsgewichten. Lediglich Larven aus Beifuß bei Recklinghausen waren 9 % leichter. Beim (hier nicht dargestellten) Vergleich der Verteilungen der Larvengewichte aus Beifuß und Mais bei Freiburg ergab sich ein Hinweis darauf, dass die Larven zwar das gleiche Gewicht erreichten, hierzu aber eine unterschiedlich lange Fraßzeit benötigt wurde. Um die Gewichtsentwicklung an beiden Wirtspflanzen in der Zeit zu vergleichen, wurden die Wägungen 1988 und 1989 fortgesetzt. Der Wachstumsverlauf der Larven ist in Abb. 1 dargestellt. Von Mitte August bis Anfang September konnten sich die Larven im Mais gut entwickeln und nahmen an Gewicht zu. Das Überwinterungsgewicht war früh erreicht (ca. Anfang September). Die Larven verloren sogar noch an Gewicht, was sich als Anpassungsreaktion an kühler werdende Temperaturen erklärt. Im Gegensatz hierzu zeigten die Larven im Beifuß ein langsames

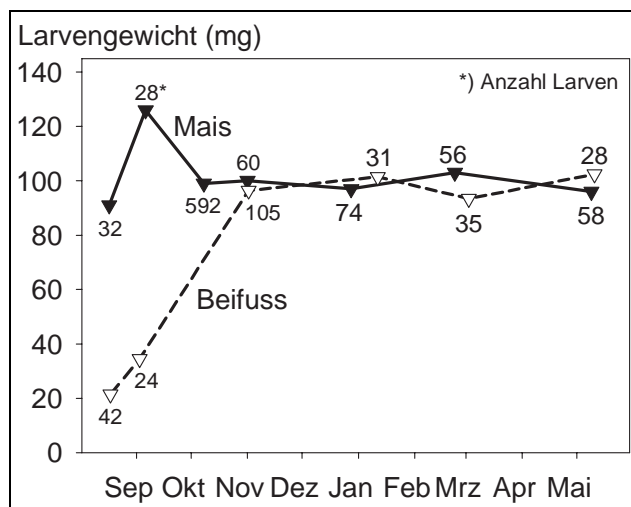


Abb. 1. Durchschnittsgewichte von in Mais und Beifuß im Großraum Darmstadt gesammelter Larven des Maiszünslers vom 17.8.1988 bis zum 10.5.1989.

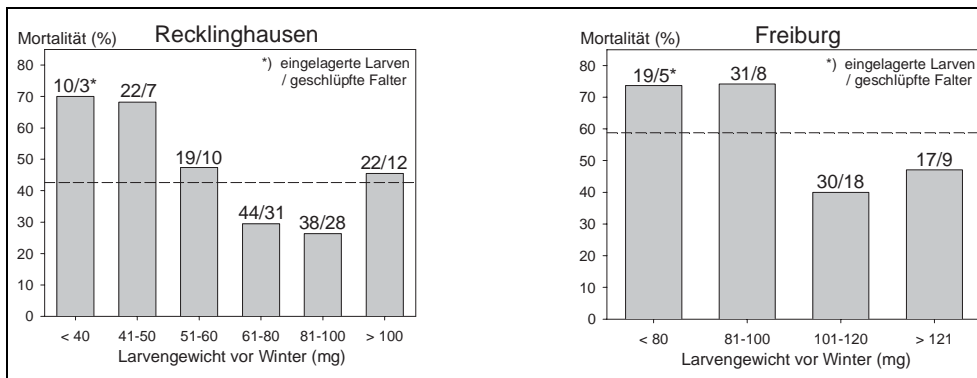


Abb. 2. Wintermortalität von im Freiland (Darmstadt) überwinternden Maiszünslerlarven aus Beifuß bei Recklinghausen (1986/87) und Freiburg (1987/88).

res Wachstum, was auf eine diätetische Mindereignung der Wirtspflanze Beifuß hindeutet. Dies kann in dem härteren Pflanzengewebe und/oder im geringeren Nährwert begründet sein. Die Gewichte bei weiteren Larvensammlungen im Winter und Frühjahr blieben für beide Wirtspflanzen in etwa konstant.

Ein wichtiger Aspekt in der Prognose der Populationsentwicklung ist die Wintermortalität. Je mehr Larven den Winter überstehen, desto höher ist der Befallsdruck im Folgejahr. In den Überwinterungsversuchen zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Einlagerungsmethode und somit auch der Wirtspflanze. Die geringste Mortalität (44 %) war bei den einzeln eingelagerten Larven in den harten Stängeln von *A. campestris* zu beobachten. Diese Stängel entsprechen bezüglich ihrer Härte und ihres Durchmessers in etwa denen von *A. vulgaris*. Für die einzeln in intakten Maisstängeln eingelagerten Larven errechnete sich eine leicht erhöhte Mortalität (55 %). In den aufgeschlitzten Stängelstücken, die eher den Feldbedingungen nach einer Maisernte entsprechen, überlebten nur 4 % aller eingelagerten Larven.

Die Aufteilung der Larven in Gewichtsklassen ermöglichte eine differenzierte Beobachtung der Mortalität verschieden schwerer Larven. In Abb. 2 sind die Wintermortalitäten der 1986 bei Recklinghausen und 1987 bei Freiburg in Beifuß gesammelten Maiszünsler von der Einlagerung bis zum Schlupf im Folgejahr dargestellt. Die beim wärmeren Freiburg gesammelten Larven waren im Mittel schwerer als die aus Recklinghausen (80,4 % und 38,7 % der Larven > 80 mg). Auch leichteste Larven (< 40 mg) konnten überleben, sich verpuppen und zum Schlupf kommen. Die durchschnittlichen Mortalitäten betrugen 42,6 % (Recklinghausen) und 58,8 % (Freiburg). Mit zunehmendem Larvengewicht erhöhte sich die Überlebensrate. Schwerste Larven, die in kühlen Jahren nicht die Regel sind, zeigten eine erhöhte Mortalität. Auch bei Larven aus Mais (Freiburg 1987/88) erhöhte sich die Überlebensrate mit zunehmendem Larvengewicht, allerdings ohne eine erhöhte Mortalität schwerster Larven.

Bei den Eiablageversuchen in Großkäfigen gelang in 9 der 12 Versuche die Verpaarung mit anschließender Eiablage. Insgesamt entfielen rund $\frac{3}{4}$ der Eier auf Mais, $\frac{1}{4}$ auf Beifuß. Die Weibchen zeigten also keine Bevorzugung ihrer ursprünglichen Fraßpflanze Beifuß. Die Anzahl abgelegter Eier von aus verschiedenen schweren Larven abstammenden Weibchen zeigt Abb. 3. Die schwereren Larven legten mehr Eier ab. Ein noch schwereres Weibchen bleibt im Graph unberücksichtigt. Es fiel auf, dass dem Imago im kleinen Käfig das Fliegen Schwierigkeiten bereitete und es kaum zur Eiablage an die Maisblätter gelangte. Die anderen kleineren Weibchen waren sehr flugaktiv und in ihrer Eiablage nicht behindert. Aus den Werten errechnete sich eine signifikante positive Korrelation zwischen der Anzahl abgelegter Eier und dem Larvengewicht ($r = 0,837$; $P = 0,99$). Alle Gelege entwickelten sich normal.

Ein weiterer Schritt zur Risikoabschätzung war die Ermittlung der bis zum Schlupf benötigten Temperatursumme im

Frühjahr. Hierzu sind in Tab. 2 die Larvengewichte (zum Zeitpunkt der Einlagerung), die durchschnittlich benötigten Temperatursumme vom 1. Januar bis zum Schlupf der Falter sowie die mittleren Schlupfdaten für die verschiedenen Larvenherkünfte zusammengestellt. Bei der Aufteilung in Gewichtsklassen war keine einheitliche Klassenbreite von 10 mg einzuhalten. Zum einen stand nur eine begrenzte Anzahl an Käfigen zur Verfügung, zum anderen war bei der Beschickung der ersten Käfige (Darmstadt, Mais) nicht voraussehbar, ob und wie viele Larven bei weiteren Larvensammlungen gefunden werden würden. Die durchschnittlichen Schlupfdaten von Männchen und Weibchen aus sich entsprechenden Gewichtsklassen ließen sich in 18 Fällen vergleichen. In 13 dieser Vergleiche schlüpften die Weibchen später als die Männchen. Die Differenz betrug hierbei zwischen 4 und 9 Tagen. Weibchen schlüpfen also nicht nur aufgrund eines insgesamt höheren Larvengewichtes später als die Männchen, sondern generell auch bei einem vergleichbaren Larvengewicht. Die Ergebnisse deuteten darauf hin, dass innerhalb der Geschlechter Falter aus leichteren Larven früher schlüpfen als Falter aus schwereren Larven. Um diese Vermutung zu prüfen, wurden die Regressionskoeffizienten von den Temperatursummen in Abhängigkeit vom Larvengewicht berechnet und auf ihre Signifikanz überprüft. In sechs von acht Fällen errechnete sich ein positiver und in zwei Fällen ein negativer Regressionskoeffizient. In vier Fällen ließ sich die positive Regression mit einer Wahrscheinlichkeit

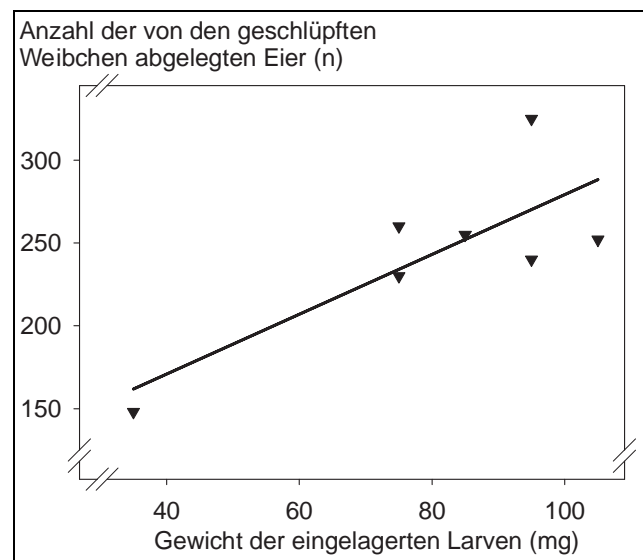


Abb. 3. Eiablage von Maiszünslerweibchen, die sich aus in Beifuß (Recklinghausen) gesammelten Larven entwickelt haben (nach Überwinterung der Tiere in Freilandkäfigen).

> 90 % absichern. Keiner der beiden negativen Korrelationskoeffizienten war signifikant. Somit wurde davon ausgegangen, dass schwerere Postdiapauselarven eine höhere Temperatursumme benötigten als leichtere. Vermutlich hätten sich eindeutige Zusammenhänge ergeben, wenn größere Falterzahlen vorgelegen hätten oder wenn außergewöhnlich früh oder spät geschlüpfte Falter als 'Ausreißer' gewertet worden wären.

Die Differenz des über alle Larven gemittelten durchschnittlichen Temperatursummen-Bedarfs der Zünsler aus Beifuß (Recklinghausen, Freiburg) im Jahr 1988 betrug nur 9 °TG9. Somit war innerhalb der Beifuß-Vorkommen (E-Rasse) keine Bildung von Temperaturreassen nachzuweisen. Beim Vergleich des Temperatursummen-Bedarfs der Larven aus Beifuß (Freiburg) mit dem von Larven aus Mais (Freiburg, Darmstadt) wurde die Entwicklung der Larven der Gewichtsklasse 81-120 mg herangezogen. Die Maisherkünfte (Z-Rasse) zeigten einen signifikant höheren Temperatursummen-Bedarf als die Tiere aus Beifuß (E-Rasse). Weiterhin schlüpfen die Mais-Falter aus dem relativ kühleren Klimat (Darmstadt) deutlich, jedoch nicht signifikant früher (6 Tage) als die Freiburger

Zünsler. Dies belegte für die Z-Rasse, dass ihr Temperatursummen-Bedarf zumindest einen gewissen Spielraum hat.

Für die weiteren Berechnungen der für die Entwicklung der Postdiapauselarven (über das Puppenstadium) bis zum Schlupf der Falter verfügbaren Temperatursummen in verschiedenen Regionen wurde in Anlehnung an die ermittelten Daten für die Beifuß-Vorkommen (E-Rasse) ein Schlupfbeginn nach überschlägig 300 °TG9, für die Maisvorkommen (Z-Rasse) ein Wert von 500 °TG9 eingesetzt. In Tab. 3 ist aufgelistet, wann diese Werte an repräsentativen Orten in jedem Jahr erreicht wurden. Weiterhin sind die errechneten jährlich verbleibenden °TG9 für die Entwicklung der Eier bis zu überwinternden Larven bis zum 30. September aufgeführt (Ende der für den Mais zu berücksichtigenden Vegetationszeit nach GEISLER, 1983). Gerade im Münsterland wird der Mais in der Regel als Silomais oder als CCM-Mais genutzt, und die Entwicklung der Zünsler muss bis zur frühen Ernte abgeschlossen sein. Das Datum für das Erreichen einer Temperatursumme von 500 °TG9 innerhalb der Orte streute beträchtlich. Die Differenz zwischen frühestem und spätestem Termin betrug für Freiburg 31 Tage,

Tab. 2. Durchschnittliche Temperaturansprüche von Maiszünslern verschiedener Herkünfte und Gewichtsklassen aus Beifuß und Mais vom 1. Januar bis zum Schlupf der Falter nach Überwinterung in Freilandkäfigen

Jahr	Larvenherkunft (Wirtspflanze)	Larven		geschlüpfte Falter					
		Gewicht ¹	n	Männchen		Weibchen			
				n	°TG9 ² Ø	Tag Ø	n	°TG9 Ø	Tag Ø
1987	Recklinghausen (Beifuß)	< 40	10	1	264	9.6.	2	292	13.6.
		41-50	22	3	294	13.6.	4	331	22.6.
		51-60	19	5	327	21.6.	5	372	27.6.
		61-80	44	19	355	24.6.	12	386	28.6.
		81-100	38	17	334	22.6.	9	364	26.6.
		> 100	22	1	337	22.6.	11	392	29.6.
1988	Recklinghausen (Beifuß)	< 90	40	4	296	4.6.	22	325	11.6.
		> 90	40	15	314	9.6.	5	362	15.6.
		alle	80			°TG9 = 323			
	Freiburg (Beifuß)	< 80	19	3	285	3.6.	2	287	3.6.
		81-100	31	6	298	5.6.	2	310	9.6.
		101-120	30	3	334	12.6.	15	333	12.6.
		> 120	17	-			9	383	17.6.
		81-120 ³	61	9	310 a		17	330 a	
		alle	97			°TG9 = 332			
	Freiburg (Mais)	71-80	40	15	478	27.6.	-		
		81-100	40	14	495	29.6.	4	468	26.6.
		101-120	40	4	458	25.6.	18	537	4.7.
		121-140	40	3	462	26.6.	19	529	3.7.
		> 140	12	-			7	518	1.7.
		81-120 ³	80	18	487 b		22	525 b	
Darmstadt (Mais)	71-80	40	13	446	23.6.	4	398	18.6.	
	81-90	40	9	434	21.6.	3	465	26.6.	
	91-100	40	5	400	18.6.	7	437	22.6.	
	101-110	40	1	481	27.6.	21	471	26.6.	
	110-120	40	-			13	451	24.6.	
	121-130	40	-			14	462	26.6.	
	81-120 ³	160	15	426 b		44	459 b		

1) Larvengewicht bei der Einlagerung;

2) °TG9 = Summe der Tagesgrade > 9°C seit 1. Januar bis zum Falterschlupf;

3) a, b = Signifikanzen nach TUKEY (α = 0,05), Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant

Tab. 3. Mehrjähriger Vergleich der für die Entwicklung der Eier- und Larven des Maiszünslers vom geschätzten Flugbeginn bis zum 30.9. zur Verfügung stehenden Temperatursummen > 9 °C (Basis 500 für die Z-Rasse, Basis 300 für die E-Rasse)

Jahr	Freiburg		Darmstadt		Bonn-Friesdorf		Köln-Wahn		Münster	
	500	Rest	500	Rest	500	Rest	500	Rest	300	Rest
1977	29.6.	776	3.7.	701	7.7.	598	12.7.	486	23.6.	348
1978	11.7.	669	11.7.	614	13.7.	559	24.7.	432	18.6.	312
1979	29.6.	817	28.6.	759	5.7.	645	12.7.	527	16.6.	396
1980	15.7.	742	20.7.	619	20.7.	621	26.7.	518	17.6.	441
1981	14.6.	929	21.6.	860	24.6.	797	2.7.	673	2.6.	571
1982	23.6.	1043	28.6.	977	2.7.	882	9.7.	751	11.6.	639
1983	26.6.	1110	3.7.	985	3.7.	926	8.7.	807	23.6.	593
1984	10.7.	736	16.7.	606	18.7.	576	29.7.	453	8.7.	300
1985	2.7.	957	6.7.	747	7.7.	706	13.7.	584	4.7.	404
1986	27.6.	919	27.6.	764	30.6.	671	3.7.	580	20.6.	365
1987	4.7.	901	11.7.	680			15.7.	566	2.7.	325
1988	22.6.	973	30.6.	789			3.7.	665	12.6.	453
1989	16.6.	1094	25.6.	885			2.7.	798	16.6.	566
1990	15.6.	1107	29.6.	790			4.7.	657	14.6.	471
77-86:		870		763		698		581		
%:		125		109		100		83		
77-90:	28.6.	912	2.7.	770			11.7.	607	20.6.	442
Min.:	14.6.	1110	21.6.	985	24.6.		2.7.	807	2.6.	312
Max.:	15.7.	669	20.7.	606	20.7.		29.7.	432	8.7.	639

Darmstadt 29, für Bonn 26 und Köln 27 Tage. Diese Schwankungen im Erreichen der bis zum Schlupf benötigten Temperatursumme tragen maßgeblich zu den großen jährlichen Schwankungen im Flugbeginn des Maiszünslers bei und sprechen gegen eine Prognose 'nach Kalender'. Im Vergleich der Orte mit nachgewiesenem Vorkommen der Z-Rasse des Zünslers untereinander schwankten die 10-jährigen (77-86) durchschnittlichen Temperatursummen zwischen 870 °TG9 bei Freiburg, 736 °TG9 bei Darmstadt und 698 °TG9 bei Bonn. Setzt man Bonn gleich 100 %, dann müssten die Zünsler der Z-Rasse für ein etabliertes Vorkommen bei Köln langjährig betrachtet mit einer um 17 % geringeren Temperatursumme auskommen als bei der damaligen nördlichen Ausbreitungsgrenze bei Bonn. Wie weit sich die Z-Rasse diesbezüglich an ein kühleres Klima anpassen kann, bleibt weiterhin zu beobachten. Bezüglich der Risikobewertung für den norddeutschen Mais durch eine Migration der E-Rasse aus dem Beifuß wurde auch für die E-Rasse die bis zum 30. September verbleibende Summe °TG9 berechnet. Da die E-Rasse generell eine geringere Temperatursumme bis zum Schlupf der Falter benötigt, wurden als Basis 300 °TG9 angenommen. Für eine dauerhafte Etablierung im Mais müssten die Zünsler aus Beifuß für ihre Entwicklung vom Ei bis zur überwinterten Larve langjährig betrachtet überschlägig mit 442 °TG9 auskommen. Die verfügbare Temperatursumme für eine Einwanderung der Z-Rasse (Basis 500 °TG9) wäre aufgrund des späteren Schlupfes noch weitaus geringer. Es ist unwahrscheinlich, bleibt aber abzuwarten, ob sich die Z-Rasse an solch ein kühles Klima anpassen kann.

Um für das Münsterland die ein Übergreifen des Zünslers von Beifuß auf Mais einleitenden Temperaturbedingungen noch weiter einzugrenzen, sind in Tab. 4 die Abweichungen der monatlichen Durchschnittswerte der Tagesmittel für die Jahre 1977 bis 1990 vom 14-jährigen Mittel zusammengestellt. Hierbei wurde innerhalb der Jahre ein längerer Zeitraum als der 30. September berücksichtigt, da der Beifuß nicht abgeerntet

wird und die Larven länger fressen können. Das dem Jahr 1983 (Übergreifen der Zünslerpopulation von Beifuß auf den Mais) vorausgehende Jahr war in jedem der Monate Mai bis November überdurchschnittlich warm.

Diskussion

Eine grundlegende Schwierigkeit dieser Untersuchung ergab sich durch den Umstand, dass das zu untersuchende Phänomen der Migration der Maiszünsler aus Beifuß auf den Mais im Untersuchungszeitraum ab 1986 nicht mehr auftrat. Die im Beifuß bekannten Maiszünsler-Vorkommen im Raum Osnabrück waren gewichen, und es wurde schwierig, überhaupt ausreichende Anzahlen an Zünslern für die Überwinterungsversuche zu finden. Dies gelang nur noch mit großem zeitlichen und personellen Aufwand.

Pheromonfallenfänge (LORENZ und LANGENBRUCH, 1989) und gaschromatische Untersuchungen bestätigten für Süddeutschland das von ANGLADE und STOCKEL (1984) beobachtete sympatrische Vorkommen der Z- und der E-Rasse und konnte auch für den Raum Darmstadt nachgewiesen werden. Die nördliche Ausbreitung der ökonomisch bedeutsamen Z-Rasse konnte 1989 bereits 12 km südlich von Bonn gaschromatographisch sicher belegt werden.

Bei der Abschätzung der Schadenswahrscheinlichkeit für den norddeutschen Raum war somit neben der Gefahr der dauerhaften Adaption der E-Rasse aus Beifuß auch die der weiteren Ausbreitung der Z-Rasse entlang des Rheins zu bemessen.

Ein wichtiges Kriterium in der Bewertung war der Vergleich der Eignung von Beifuß und Mais für die Ei- und Larvalentwicklung. Bei einem früheren Vergleich der Gewichtsentwicklung auf Nährsubstrat im Labor erreichten Junglarven aus Beifuß bei Recklinghausen (E-Rasse) gleich hohe Endgewichte als jene der Z-Rasse aus Mais bei Darmstadt (WELLING, 1986). Im

Tab. 4. Bewertung der Sommer- und Herbsttemperaturen der Jahre 1977 bis 1990 für den Maiszünsler im Münsterland (berechnet nach Daten des DWD, Messstation Münster)

Jahr	Migration aus Beifuß in Mais	Abweichung* der Monatsmittel vom 14-jährigen Durchschnitt						rel. Mai - Nov. (%)	Ø °C vom 1.5. - 30.9.	
		Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.			Nov.
1977	-	↓	↓	↓	↓	↓	↑↑	↑↑	78,7	14,9
1978	-	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	70,6	14,7
1979	-	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↓	89,6	15,1
1980	-	↓	↓	↓	↑	↑↑	↓↓	↓↓	99,8	15,5
1981	-	↑	↑	↓	0	↑	↓↓	↑	129,2	15,9
1982	-	↑	↑	↑↑	↑	↑↑	↑	↑↑↑↑	144,6	16,9
1983	+++	↓↓	↑	↑↑↑	↑↑	↑	↓	↓	134,2	16,5
1984	++	↓↓	↓↓	↓	↑	↓	↑	↑↑↑↑	67,9	14,5
1985	+	↑	↓↓	0	↓	0	↓	↓↓↓↓	91,4	15,1
1986	-	↑	↑	↓	↓	↓↓	↑	↑↑↑↑	82,6	15,2
1987	-	↓↓↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	73,5	14,4
1988	-	↑↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	102,5	15,5
1989	-	↑↑	↑	↑	↑	↑↑	↑	↓↓↓	128,1	16,3
1990	-	↑	↓	↓	↑	↓↓	↑↑	↓	106,6	15,5
Ø °C:		13,2	15,6	17,4	17,1	13,9	10,6	5,7	100	15,4

*) > Ø: ↑ = bis 10%, ↑↑ = > 10–20%, ↑↑↑ = > 20–30%, ↑↑↑↑ = > 30%
 < Ø: ↓ = bis 10%, ↓↓ = > 10–20%, ↓↓↓ = > 20–30%, ↓↓↓↓ = > 30%
 0 = entspricht dem Mittel

Freiland erreichten nach Wägungen dieser Untersuchung die Larven im Beifuß ebenfalls ein den Larven im Mais entsprechendes Larvengewicht, allerdings nur nach einer längeren Fraßzeit. Dies belegte entsprechend MANOJLOVIC (1988) eine Mindereignung des Beifußes als Nahrungspflanze im Vergleich zum Mais. Zudem konkurrierten die Larven im kleineren Beifuß mit weiteren Lepidopteren-Arten (insbesondere *Eucosma* ssp.) um das begrenzte Nahrungsangebot. Im Mais wurden während dieser Untersuchung keine konkurrierenden Arten gefunden. Ein höheres Larvengewicht verminderte die Wintermortalität und ermöglichte eine höhere Anzahl abgelegter Eier der sich aus den Larven entwickelnden Weibchen.

Bei Gesamtbetrachtung der erfassten Einflussgrößen scheinen die warmen Temperaturen des Jahres 1982 die Ursache für die 1983 beobachtete Migration vom Beifuß in den Mais. Hierdurch konnten sich vermutlich die Larven außergewöhnlich gut entwickeln und durch eine lange Fraßzeit ein überdurchschnittlich hohes Überwinterungsgewicht erreichen. In Folge könnten 1983 überdurchschnittlich viele und schwere Weibchen geschlüpft sein, so dass der Beifuß überbesiedelt war und ein Teil der Falter zur Eiablage in den Mais auswich. Dies wurde dadurch begünstigt, dass die Weibchen bei der Suche nach einem geeigneten Ort für die Eiablage entsprechend den Präferenzversuchen keine Bindung an ihre ursprüngliche Nahrungspflanze zeigten. Die nachfolgenden Jahre waren wieder kühler. Die Populationsdichte im Beifuß nahm wieder ab, so dass 1984 und 1985 schon weniger Falter und nach 1985 gar keine Falter mehr in den Mais auswichen. Zu einer echten Adaption des Zünslers an den Mais kam es nicht, so dass ab 1986 kein Befall mehr in Mais beobachtet wurde. Nach Kalkulation über die Temperaturdaten ist als Bedingung für ein Übergreifen des Zünslers von Beifuß auf Mais im Münsterland überschlägig mindestens ein Jahr mit einer Durchschnittstemperatur vom 1. Mai bis 30. September größer als 16,5 °C anzunehmen. Hierbei scheint wichtig, dass nicht nur der Sommer außergewöhnlich warm ist, sondern insbesondere auch noch im Herbst ausreichende Temperaturen für das Wachstum der Zünslerlarven auf-

treten. Selbst ein warmer November kann noch für die Gewichtsentwicklung der Larven in Beifuß von Bedeutung sein. Für eine dauerhafte Adaption der E-Rasse aus Beifuß an den Mais Norddeutschlands wäre nach einer Migration eine hohe Durchschnittstemperatur während der Vegetationsperiode des Mais bis zur Ernte von Bedeutung. Die verfügbaren Temperatursummen müssten ausreichen, damit die Larven ein ausreichend hohes Überwinterungsgewicht erreichen. Für das Münsterland sind die verfügbaren Temperatursummen für die Entwicklung der Eier und Larven bis zur Diapause im Mais selbst für die E-Rasse in vielen Jahren wahrscheinlich zu gering. Ein gelegentliches Übergreifen der E-Rasse vom Beifuß auf den Mais in Norddeutschland ist zukünftig nicht auszuschließen. Eine ökonomische Bedeutung über der wirtschaftlichen Schadensschwelle scheint unwahrscheinlich, zudem sich auch unter dauerhaft wärmeren Bedingungen im Raum Freiburg die Populationen der E-Rasse in der Regel auf den Beifuß beschränken.

Eine Ausbreitung der Z-Rasse entlang des Rheins (vorbei an Bonn) wurde aufgrund der Temperatursummen vorausgesagt und hat sich inzwischen bestätigt. Inwieweit sich die Z-Rasse langfristig an kühlere Klimate anpassen kann, und wo eine nicht zu überwindende Temperaturgrenze liegt, bleibt weiterhin zu beobachten.

Diese Untersuchung wurde 1986 bis 1989 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Die Überwinterungs-, Gewächshaus- und Laborversuche wurden im Institut für biologischen Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in enger Zusammenarbeit mit Dr. G.-A. LANGENBRUCH durchgeführt. Eine ausführlichere Darstellung findet sich bei LORENZ (1993).

Literatur

ANGLADE, P., J. STOCKEL, 1984: Intraspecific sex-pheromone variability in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera, Pyralidae). *Agronomie* 4 (2), 183-187.

- ATTYGALLE, A.B., M. HERRIG, O. VOSTROWSKY, H.J. BESTMANN, 1987: Technique for injecting intact glands for analysis of sex pheromones complex of *Mamestra brassicae*. J. Chem. Ecol. **13** (5), 1299-1311.
- GEISLER, G., 1983: Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Berlin, Hamburg, Verl. P. Parey, 82.
- HEDDERGOTT, H., 1977: Pflanzenschutzprobleme in Nordrhein-Westfalen. Gesunde Pflanzen **29**, 218-224.
- KRAUSE, E., 1978: Pflanzenschutzliche Probleme des Maisanbaus in Nordrhein-Westfalen. Gesunde Pflanzen **30**, 153-156.
- LANGENBRUCH, G.-A., M. WELLING, B. HOSANG, 1985: Untersuchungen über den Maiszünsler im Ruhrgebiet. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **37**, 150-156.
- LORENZ, N., 1993: Untersuchungen zur Verbreitung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) in Beifuß (*Artemisia vulgaris* L.) und Mais (*Zea mays* L.), zu Überwinterung und Falterschlupf sowie zur Überwachung seiner Z-Rasse mittels Pheromonfallen. Diss., Georg-August-Univ. Göttingen, Landw. Fak., 210 S.
- LORENZ, N., G.-A. LANGENBRUCH, 1989: Untersuchungen zur Verbreitung des Maiszünslers in der Bundesrepublik Deutschland. Mitt. dt. Ges. allg. angew. Ent. **7**, 289-294.
- MANOJLOVIC, B., 1988: Possibility of survival of European corn borer moth (*Ostrinia nubilalis* Hbn., Lepidoptera: Pyralidae) caterpillars on various host plants. Zast. billja **35**, 261-270.
- OHNESORGE, B., P. REH, 1987: Untersuchungen zur Populationsdynamik des Maiszünslers *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep. Pyralidae) in Baden-Württemberg. I. Populationsstruktur, Apparenz, Verteilung im Habitat. J. Appl. Ent. **103**, 288-304.
- WELLING, M., G.-A. LANGENBRUCH, 1984: Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) an Mais im Ruhrgebiet. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **36**, 46.
- WELLING, M., 1986: Zum Vorkommen des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) im Gebiet von Osnabrück und im norddeutschen Raum. Osnabrücker naturwiss. Mitt. **12**, 156-165.

Kontaktanschrift: Dr. sc. agr. Norbert Lorenz, Inselstr. 42, 64287 Darmstadt, E-Mail: hnlorenz@googlemail.com