Entomologie heute 17 (2005): 173-182

Das Diapauseverhalten der Rosskastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae) und der Einfluss auf ihre Populationsdynamik

The Diapausing Behaviour of the Horse-chestnut Leafminer *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae) and its Influence on the Pest's Population Dynamics

Jona F. Freise & Werner Heitland

Zusammenfassung: In Freiland- und Laborversuchen wurde 2000 und 2001 das Diapauseverhalten der Rosskastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* studiert. An vier Standorten wurden am Ende der Frühjahrs-Eiablage auf je 50 zuvor markierten Blättern die Eier und Minen von *C. ohridella* zerstört. Diese Prozedur wurde am Ende der zweiten Generation bei der Hälfte dieser Blätter wiederholt. Auf diese Weise war eine eindeutige Zuordnung der Puppen möglich. Am Ende jeder Generation wurden die Puppen in Einzelzucht genommen und die Diapauserate bestimmt. Es zeigte sich, dass der Anteil diapausierender Puppen vom Frühjahr zum Sommer hin zunimmt, der Anteil korreliert dabei positiv mit dem Ausmaß der Blattbeschädigung und somit der Populationsdichte von *C. ohridella*. Diapausierende Individuen bilden einen gut ausgebildeten Seidenkokon in der Blattmine aus, nicht diapausierende Tiere sind in der Regel durch einen gering ausgebildeten Seidenkokon gekennzeichnet. In Labortests wurden durch *C. ohridella* befallene, eingetopfte Bäume gegen Kontrollen in Wasserstress versetzt. Die Diapauseraten der beiden Varianten unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

Schlüsselwörter: *Cameraria ohridella*, Diapause, Populationsdynamik, *Aesculus hippocastanum*

Summary: In 2000 and 2001 the diapausing behaviour of the horse-chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* was studied in field and laboratory tests. At four sites the mines and eggs of the 1st generation on 50 previously marked leaves were destroyed. This procedure was repeated on 25 of those leaves marked at the end of the 2nd generation. 25 unmarked leaves, 25 leaves marked once and 25 leaves marked twice were sampled at the end of the development of the 1st, 2nd and 3rd generation, respectively. Thus we succeeded in separating the pupae of the different generations. We could show that the proportion of pupae of *C. ohridella* entering diapause is increasing during the season. In laboratory tests we could demonstrate that the proportion of pupae of the leafminer entering diapause is positively correlated to the increasing leaf surface area destroyed by *C. ohridella*. Thus we assume that the population density, expressed in mine density on the leaves, is a factor influencing the diapause behaviour of *C. ohridella*. Furthermore we demonstrated that water stress inflicted onto the host plant does not influence the diapausing behaviour of the leafminer.

Keywords: *Cameraria ohridella*, diapause, population dynamics, *Aesculus hippocastanum*

1. Einleitung

Seit 1984 hat ein bis dahin unbekannter Schädling, die Rosskastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986, dessen Ursprung immer noch im Dunklen liegt, ausgehend von seinem Entdeckungsort am Ufer des Ohrid-Sees in Mazedonien,

ganz Europa vor allem auf seinem Hauptwirt, der weiß blühenden Gewöhnlichen Rosskastanie *Aesculus hippocastanum*, besiedelt (HEITLAND et al. 1999; HEITLAND & FREISE 2001; FREISE 2001; HELLRIGL 2001; TYLER-SMITH 2003). Seit dieser Zeit wird dem Schädling in der Öffentlichkeit immer mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Ein ganze Reihe von Arbeiten beschäftigten sich mit der Ver- und Ausbreitung von *C. ohridella* (TOMICZEK 1997; FREISE 2001; GUICHARD & AUGUSTIN 2002; GILBERT et al. 2004) als auch mit der Biologie (PSCHORN-WALCHER 1997; SKUHRAVÝ 1998; HEITLAND & FREISE 2001; FREISE & HEITLAND 2004). Trotzdem wurde ein Aspekt der Biologie der Rosskastanien-Miniermotte bislang noch nicht eingehender bearbeitet: Wie kommt es, dass *C. ohridella* trotz der offensichtlichen Übernutzung der Nahrungsressourcen, die sich oft bereits im Sommer in braun gefärbten Blättern der Rosskastanie manifestiert, keinen Einbruch in der Populationsdynamik erfährt? Bei früheren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass bei der plurivoltinen Miniermotte immer ein Teil jeder Generation in Diapause geht und sich nicht in der laufenden Saison weiterentwickelt. Tendenziell war zu beobachten, dass der Anteil der diapausierenden Puppen, dem Überwinterungsstadium der Motte, von Generation zu Generation zunahm (FREISE 2001; FREISE & HEITLAND 2001). Damit verbunden ist auch das Ausmaß der Kokonausbildung, welches vom Frühjahr zum Herbst hin zunimmt.

In der vorliegenden Arbeit wurde in Freiland- und Laborexperimenten untersucht, in wieweit die Diapause von der Populationsdichte der Miniermotte und dem Wasserhaushalt der Wirtspflanze abhängig ist.

2. Material und Methoden

Die hier vorgestellten Freilanduntersuchungen wurden in den Jahren 2001 und 2002 und die Labortests im Jahr 2001 in Freising (ca. 40 km nordwestlich von München) an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der TU München durchgeführt.

Für die Freilanduntersuchungen wurden vier Standorte in der Nähe von Freising mit jeweils einer 50 bis 60 Jahre alten freistehenden weißblütigen Rosskastanie auf Rasen oder Wiese ausgewählt (im Folgenden als Standorte 1-4 bezeichnet). An diesen Standorten wurde das Herbstlaub mit den überwinternden Puppen von *C. ohridella* im Herbst nicht vollständig entfernt, so dass immer ein Befall durch die Miniermotte im folgenden Jahr gewährleistet war. Um die sich überlappenden Generationen, von denen in Süddeutschland in der Regel drei ausgebildet werden (FREISE 2001), voneinander trennen und so für jede Generation exakt den Anteil der diapausierenden Puppen bestimmen zu können, musste ein spezielles Probenentnahmeverfahren angewendet werden. Dies setzte für jeden Standort eine genaue Beobachtung der Freilandphänologie von *C. ohridella* voraus. Zunächst wurden, sobald das Streckungswachstum der Blätter im Frühjahr beendet war, pro Standort zufällig 50 Blätter im unteren Kronenbereich der Bäume ausgewählt und mit farbigen Bändern, die um den Blattstiel geknotet wurden, markiert. Nachdem die erste Schwärm- und damit Eiablageperiode von *C. ohridella* abgeschlossen war und die ersten Altlarven in den Minen auf den markierten Blättern beobachtet werden konnten, wurden sämtliche Minen und Eier auf diesen mit einer Präpariernadel zerstört. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Minen von der Blattoberseite her geöffnet und die Larven darin entfernt und getötet wurden, ohne die untere Epidermis zu schädigen, um einen durch mechanische Beschädigung hervorgerufenen, unnötigen Wasserverlust zu vermeiden. Nach dem Ende der zweiten Schwärmzeit wurden an jedem Standort aus dem unteren Kronenbereich der Kastanienbäume je 25 unmarkierte Blätter zufällig entnommen und im Labor seziert. Diese Blätter enthielten die Puppenwiegen, teils mit Kokon, teils ohne Kokon von den

geschlüpften, nicht diapausierenden Puppen sowie die diapausierenden Puppen der ersten Generation. Bei der Sektion wurde bei den diapausierenden und geschlüpften Puppen zwischen eingesponnenen und nicht eingesponnenen unterschieden (vgl. FREISE 2001; FREISE & HEITLAND 2004), um zu untersuchen, ob vor allem eingesponnene Puppen in Diapause gehen.

Kurz bevor sich in den Bäumen die Puppen der zweiten Generation entwickelt hatten, wurden pro Standort auf 25 der markierten Blätter wiederum alle Eier und besiedelten Minen in der oben beschriebenen Weise zerstört. Diese Blätter wurden mit einem weiteren farbigen Band markiert, um sie von den Blättern zu unterscheiden, auf denen nur ein einziges Mal die Minen zerstört wurden. Nach der dritten und letzten Schwärmperiode der Rosskastanien-Miniermotte wurden die mit einem Band markierten Blätter von allen Standorten eingebracht und – wie bereits beschrieben – im Labor seziert. Aufgrund der Wahl des Zeitpunktes der Zerstörung der Minen vor Ausbildung der ersten Puppengeneration konnten so alle Puppenwiegen und diapausierenden Puppen eindeutig der zweiten Generation zugeordnet werden. Die doppelt markierten Blätter, die nur Puppenwiegen und Puppen der dritten Generation enthalten konnten, wurden im Herbst kurz vor dem Laubfall geerntet und ebenfalls im Labor seziert. An einigen Standorten in den Untersuchungsjahren war allerdings der Laubfall sehr bald nach der dritten und letzten Schwärmperiode abgeschlossen, so dass die letzte Probenentnahme nicht mehr durchgeführt werden konnte.

Alle Puppen, die aus den Blättern herauspräpariert wurden, kamen in Einzelzucht in Klimaschränke bei 20 °C und einer relativen Luftfeuchte von 75 % unter Langtagbedingungen (h/d = 18/6). Individuen, die bis zum Ende des jeweiligen Versuchsjahres nicht mehr schlüpften, wurden als diapausierende Puppen registriert.

Um zu untersuchen, ob der Anteil der zerstörten Blattfläche und die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit einen Einfluss auf den Anteil der diapausierenden Puppen einer Generation haben, wurden in zwei Klimakammern je 30 dreijährige, getopfte Kastanien individuell in Gazekäfigen gehalten. Die Klimakammer war auf eine Temperatur von 22 °C, 75 % relative Luftfeuchtigkeit und auf ein Hell-Dunkel-Regime von 18 h/6 h eingestellt. Die Bäume in der einen Klimakammer wurden am Anfang des Experiments mit einen Langzeitdünger gedüngt und während der Dauer des Experiments täglich gewässert (im Folgenden als bewässerte Variante bezeichnet), während die andere Gruppe keinen Dünger erhielt und nur alle sieben Tage gegossen wurde (im Folgenden als unbewässerte Variante bezeichnet).

Um genügend Versuchstiere zur Verfügung zu haben, wurden größere Mengen von Herbstlaub der Rosskastanie mit *C. ohridella*-Puppen bei 20 °C inkubiert und schlüpfende adulte Falter täglich abgesammelt. Als abzuschätzen war, dass an einem Morgen genügend Tiere innerhalb der letzten zwölf Stunden geschlüpft waren, wurden diese Tiere abgesaugt und nach Männchen und Weibchen getrennt. Dann wurden in jeder der beiden Klimakammern jeweils zehn Bäume je mit drei, mit neun und mit 27 frisch geschlüpften Pärchen beschickt. Adulte, die aus dieser Eiablage hervorgingen, wurden in den folgenden Wochen zwei Mal täglich abgesammelt. Nach drei Monaten, nachdem der Schlupf abgeschlossen war, wurde das Experiment beendet, indem für jeden Baum die durch Minen geschädigte Blattoberfläche abgeschätzt und die Blätter baumweise eingesammelt und entsprechend der oben geschilderten Vorgehensweise seziert wurden.

Die statistische Auswertung und die Tests erfolgten nach den üblichen, von ZAR (1996) beschriebenen Methoden. Zum statistischen Vergleich zweier Regressionsgeraden wur-

de eine abgewandelte Form des t-Tests nach STUDENT verwendet. Da die Daten als Prozentangaben erhoben wurden, erfolgte zunächst eine Arcsinus-Transformation, die den Test erst ermöglichte.

3. Ergebnisse

Im Jahr 2001 diapausierten an den vier Standorten im Freiland in der ersten Generation 5-24 % der Puppen, während die restlichen Puppen ihre Entwicklung bis zum Falter fortsetzten (Abb. 1). Der Anteil der Puppen, die ihre Entwicklung erst im Folgejahr abschlossen, stieg in der zweiten Generation auf 39-56 % und in der dritten Generation bei nur einem auszuwertenden Standort auf 85 %. An den Standorten 1, 2 und 4 war eine Auswertung nicht mehr möglich, weil zur letzten Probenentnahme bereits alle Blätter abgeworfen waren.

Die korrespondierenden Werte für das Jahr 2002 betrugen für die erste Generation 9-26 %, für die zweite Generation 61-84 % und für die dritte Generation 95-97 %, wobei wiederum Standort 2 wegen frühzeitigem Laubfall nicht mehr ausgewertet werden konnte (Abb. 2).

Es kann also zusammengefasst werden, dass in den beiden Untersuchungsjahren der Anteil der diapausierenden Puppen von Generation zu Generation zunimmt.

Die Ergebnisse für das Einspinnverhalten bei diapausierenden und nicht diapausierenden Puppen werden hier exemplarisch für den Standort 3 dargestellt, weil in beiden

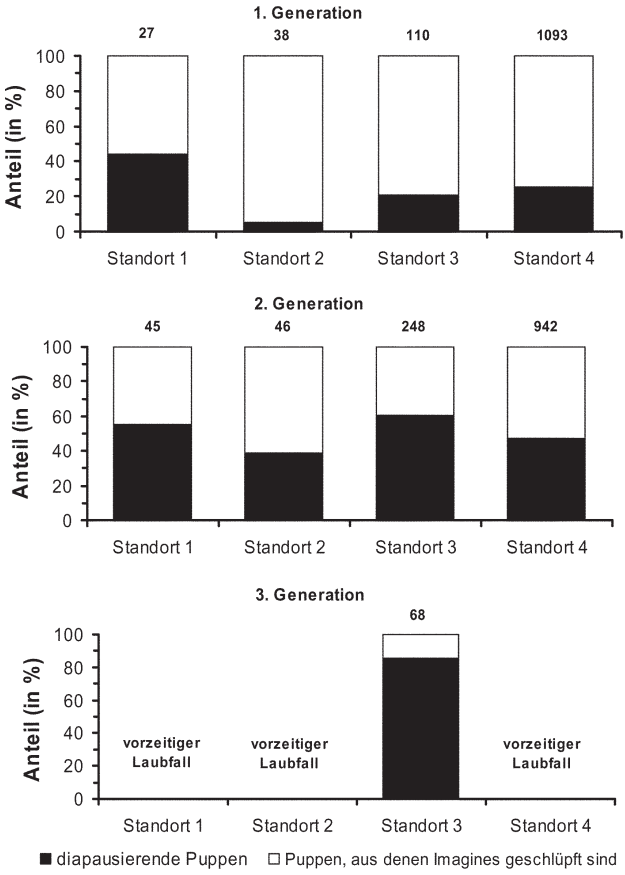

Abb. 1: Verhältnis von diapausierenden Puppen von *C. ohridella* zu Puppen, aus denen Imagines geschlüpft sind, für alle Generationen an den vier Untersuchungsstandorten im Jahr 2001. Die Zahlen über den Säulen geben die Anzahl der jeweils berücksichtigten Puppen an.

Fig. 1: Relation of diapausing pupae of *C. ohridella* to adults emerging for each generation at the four sites in 2001. Total numbers of pupal integuments, empty pupal chambers and diapausing pupae per generation and site are given at the top of each bar.

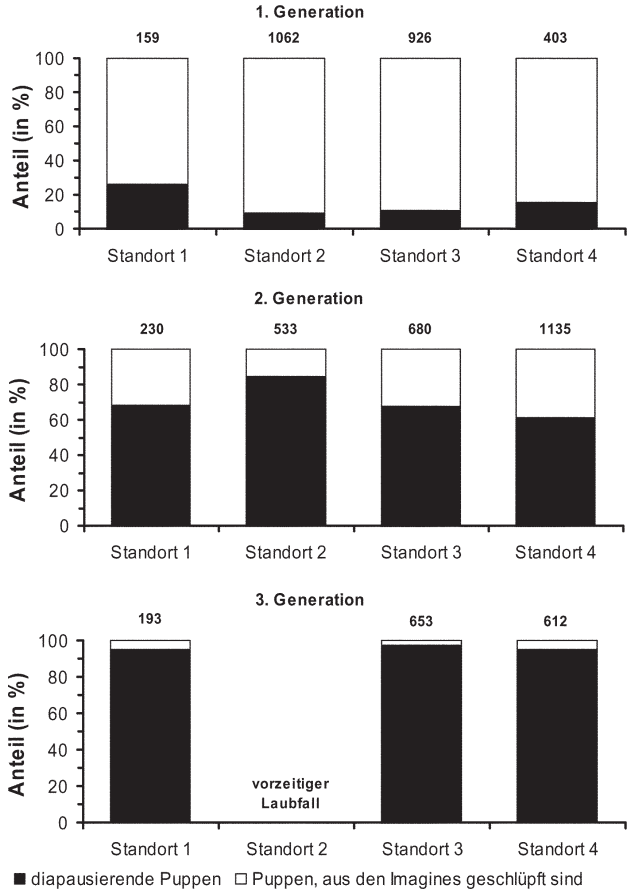

Abb. 2: Verhältnis von diapausierenden Puppen von *C. ohridella* zu Puppen, aus denen Imagines geschlüpft sind, für alle Generationen an den vier Untersuchungsstandorten im Jahr 2002. Die Zahlen über den Säulen geben die Anzahl der jeweils berücksichtigten Puppen an.

Fig. 2: Relation of diapausing pupae of *C. ohridella* to adults emerging for each generation at the four sites in 2002. Total numbers of pupal integuments, empty pupal chambers and diapausing pupae per generation and site are given at the top of each bar.

Versuchsjahren die Daten für jeweils drei Generationen zur Verfügung stehen. Im Jahr 2001 schlüpften bei den nicht diapausierenden Individuen der ersten Generation 97 % der Falter aus Puppen ohne Kokon. In der zweiten Generation waren 93 % und in der dritten Generation 75 % der schlüpfenden Falter aus Puppen ohne Kokon hervorgegangen (Abb. 3). Bei den diapausierenden Puppen hatten in der ersten Generation 52 %, in der zweiten Generation 87 % und in der dritten Generation 91 % einen Kokon. Entsprechende Tendenzen waren im Jahr 2002 zu beobachten (Abb. 4). Hier schlüpften in der ersten Generation 96 % der Falter aus nicht eingesponnenen Puppen, in der zweiten Generation waren es 87 % und in der dritten Generation 88 %. Bei den diapausierenden Puppen waren hingegen in der ersten Generation 50 %, in der zweiten Generation 97 % und in der dritten Generation 98 % eingesponnen. Aus den Ergebnissen lässt sich vermuten, dass vor allem Puppen im Kokon diapausieren. Dies wird besonders offensichtlich in den jeweiligen zweiten und dritten Generationen.

In den Labortests wurde das Augenmerk aufgrund des Versuchsansatzes auf eine Generation gerichtet. Die lineare Abhängigkeit ($y = ax + b$) des Anteils der diapausierenden Puppen vom Anteil durch *C. ohridella* geschädigter Blattfläche konnte sowohl für die bewässerte als auch die

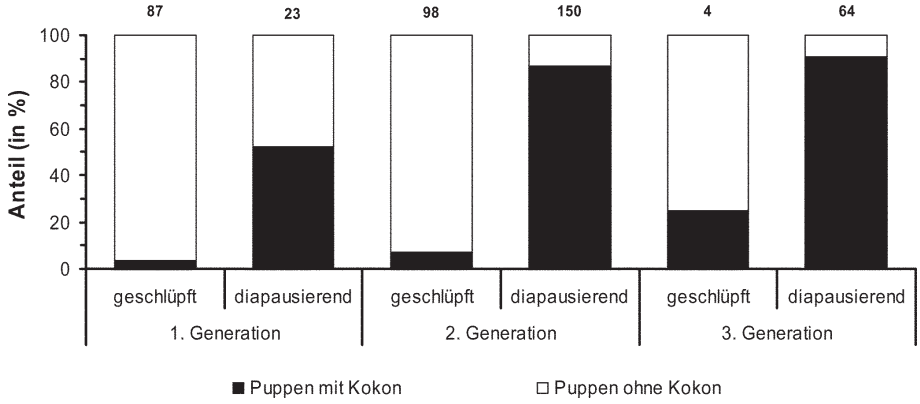

Abb. 3: Verhältnis von Puppen mit Kokon zu Puppen ohne Kokon bei *C. ohridella* unter Berücksichtigung des Diapauseverhaltens, dargestellt getrennt für alle Generationen am Untersuchungsstandort 3 im Jahr 2001. Die Zahlen über den Säulen geben die Anzahl der jeweils berücksichtigten Puppen an.

Fig. 3: Relation of *C. ohridella* pupae with cocoon to those without cocoon, taking into account the diapausing behaviour for each generation at site 3 in 2001. Total numbers of pupal integuments and pupal chambers as well as diapausing pupae per generation and site are given at the top of each bar.

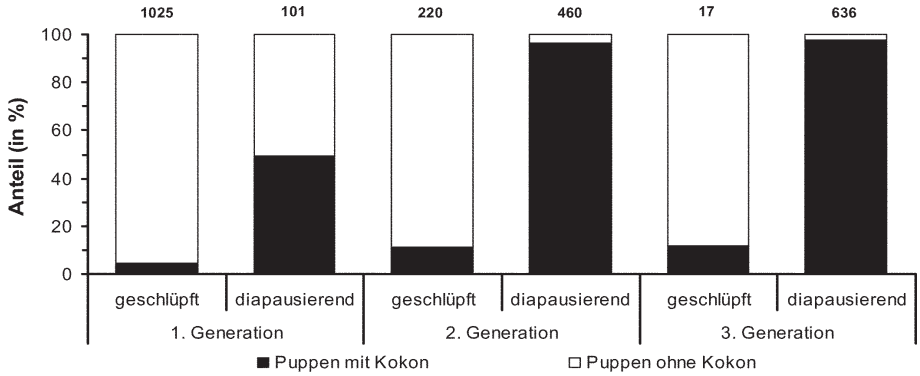

Abb. 4: Verhältnis von Puppen mit Kokon zu Puppen ohne Kokon bei *C. ohridella* unter Berücksichtigung des Diapauseverhaltens, dargestellt getrennt für alle Generationen am Untersuchungsstandort 3 im Jahr 2002. Die Zahlen über den Säulen geben die Anzahl der jeweils berücksichtigten Puppen an.

Fig. 4: Relation of *C. ohridella* pupae with cocoon to those without cocoon, taking into account the diapausing behaviour for each generation at site 3 in 2002. Total numbers of pupal integuments and pupal chambers as well as diapausing pupae per generation and site are given at the top of each bar.

unbewässerte Variante nachgewiesen werden (Abb. 5). Die Regressionsgeraden der bewässerten und der unbewässerten Variante unterscheiden sich dabei nicht signifikant (nach Arcsinus-Transformation: $t = 0{,}92$; $FG = 56$; $p > 0{,}05$). Dies deutet darauf hin, dass bei einem erhöhten Anteil der geschädigten Blattoberfläche auch ein größerer Anteil der Puppen in Diapause geht, wobei der Ernährungszustand und die Wasserverfügbarkeit in diesem Experiment zu keiner signifikanten Beeinflus-

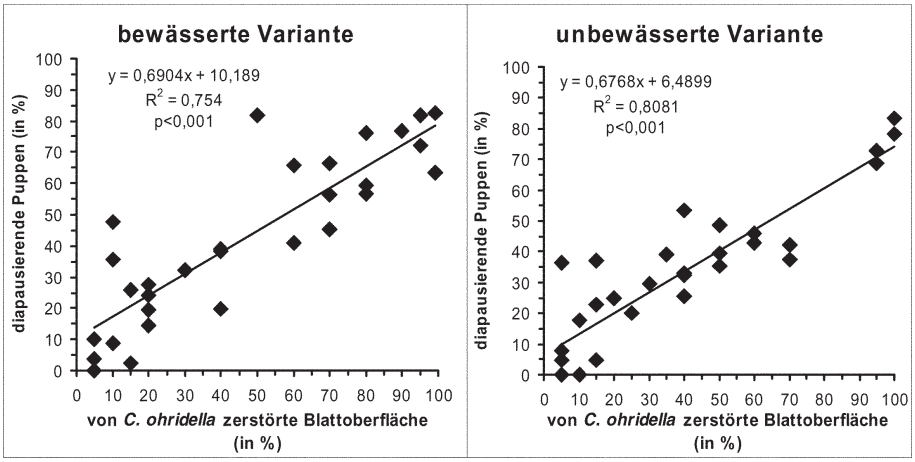

Abb. 5: Anteil diapausierender Puppen in Abhängigkeit vom Anteil der durch *C. ohridella* zerstörten Blattoberfläche. N = jeweils 30 bewässerte (links) und unbewässerte (rechts) getopfte Kastanienbäume.
Fig. 5: Correlation between the proportion of pupae entering diapause and the proportion of leaf surface area destroyed by *C. ohridella*. N = 30 potted horse-chestnut trees per treatment. Left: wet treatment; right: dry treatment.

sung des Diapauseverhaltens von *C. ohridella* führte.

4. Diskussion

C. ohridella überwintert als Puppe. Die im Freiland erhobenen Daten bezüglich des Anteils diapausierender Puppen haben in der ersten und zweiten Generation eine hohe Variabilität (5-26 %). Ob diese Variabilität mit dem Anteil der durch *C. ohridella* zerstörten Blattoberfläche korrespondiert, ließ sich in unserem Versuch nicht feststellen, da aufgrund der Gegebenheiten nicht genug Standorte und damit Replikate zur Verfügung gestanden haben. Jedoch lässt sich die Aussage machen, dass bereits ein nicht unerheblicher Teil der Puppen der ersten Generation der Miniermotte diapausierten, in unserem Fall bis zu 26 %. Diese Werte erreichten für die zweite Generation 85 % und die dritte Generation 97 %. Die Tatsache, dass selbst aus der letzten Generation immer noch einige Falter schlüpften, bestätigt die Beobachtung, dass auf Notaustrieben im Herbst plötzlich wieder Jungminen von *C. ohridella* beobachtet werden konnten (Freise 2001).

Unsere Untersuchungsergebnisse zeigen, dass ein Teil der Puppen der Miniermotte ihre Entwicklung unterbricht und zunächst in den Blättern der Bäume und später im Laub am Boden diapausiert, und bestätigen damit die Beobachtungen von Samek (2003). Skuhravý (1998) berichtet, dass die Kokons, die von spinnenden Larven der Miniermotte gebildet werden, erst in der letzten Generation auftreten. Wir fanden aber bereits in der ersten Generation Kokons. Dieser Kokon scheint von Bedeutung für die Überwinterung zu sein, da ein solcher vor allem von diapausierenden Individuen ausgebildet wird, obwohl alle Individuen bei der Larvalentwicklung jeweils zwei spinnende Larvenstadien durchlaufen (Freise & Heitland 2004).

In den Labortests konnte gezeigt werden, dass der Anteil der diapausierenden Puppen mit Zunahme der Blattschädigung eines Baumes steigt. Hingegen scheint der Zustand des Baumes im Sinne von Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit keinen Ein-

fluss auf den Anteil der diapausierenden Individuen zu haben.

Die Diapause ist eine Strategie, die es Insekten erlaubt, ungünstige Umweltbedingungen zu überdauern. Bemerkenswert ist im Fall von *C. ohridella*, dass bereits Individuen der ersten Generation ihre Weiterentwicklung im Puppenstadium unterbrechen, obwohl die Umweltbedingungen es erlauben würden, eine zweite und dritte Generation erfolgreich abzuschließen. Diese Form der Entwicklungsunterbrechung erfüllt damit eine der wesentlichen Voraussetzungen einer fakultativen Diapause (MÜLLER 1992; HUNTER & MCNEIL 2000). Die fakultative Diapause kommt nach TAUBER & TAUBER (1982) und MOUSSEAU & ROFF (1989) häufig bei plurivoltinen Insekten vor und hat prospektiven Charakter, das heißt bei gegenwärtig günstigen Umweltbedingungen lösen exogene Signale die Entwicklungsunterbrechung aus. Die bisher untersuchten auslösenden Faktoren, die eine fakultative Diapause einleiten können, sind vor allem Temperaturverhältnisse und Photoperiode, aber auch die Nahrungsqualität und zur Verfügung stehende Futterquantität (TAUBER & TAUBER 1976; MÜLLER 1992; HUNTER & MCNEIL 2000).

Die Diapausestrategie von *C. ohridella* ist in zweifacher Hinsicht von Bedeutung für das Fortbestehen einer lokalen Population:

(1) Sie gewährleistet, dass vitale Individuen den Grundstock für den Fortbestand der Population im folgenden Jahr bilden. Den Individuen der ersten Generation, die diapausieren, steht bei deren Entwicklung im Frühjahr eine qualitativ hochwertige und ausreichende Nahrungsressource bei geringer intraspezifischer Konkurrenz zur Verfügung. Aufgrund des geringen Migrationsvermögens von *C. ohridella* (FREISE 2001) besteht die Gefahr, dass die Nahrungsressource vor Ort durch die folgenden Generationen übernutzt wird und als Ergebnis von Nahrungskonkurrenz geschwächte Individuen entstehen.

(2) Frühzeitiges Diapausieren bedeutet eine Rückversicherung gegenüber dem Risiko, dass aufgrund der plurivoltinen Entwicklung die letzte Generation im laufenden Jahr nicht mehr das Überwinterungsstadium erreicht.

Ein Verschwinden oder völliger Zusammenbruch einer Population wird daher vermieden. Dies erklärt auch die in den letzten Jahren in Europa konstant hohen Dichten von *C. ohridella*. Einbrüche in der Populationsdynamik und -dichte über mehrere Jahre hinweg sind deshalb nur beim Zusammenspiel mehrerer Faktoren zu erwarten. Eine natürliche Senkung der Populationsdichte ist dann wahrscheinlich, wenn hohen Larvenmortalitäten aufgrund intraspezifischer Nahrungskonkurrenz (FREISE & HEITLAND 2004) und Nicht-Erreichen des Überwinterungsstadiums ungünstige Witterungsbedingungen für die Eiablage im anschließenden Jahr folgen (FREISE 2001). Allerdings ist zu erwarten, dass *C. ohridella* ihre Populationen innerhalb von ein bis zwei Jahren wieder aufbaut und in Dichten wie zuvor vertreten sein wird.

Über die Faktoren, die eine fakultative Diapause bei *C. ohridella* auslösen, liegen bislang keine Untersuchungen vor. Der auslösende Faktor ließe sich nach unseren Untersuchungen in der Populationsdichte von *C. ohridella* vermuten. Mögliche Mechanismen sind die Nahrungsmenge, die fraßbedingte Veränderung der Nahrungsqualität (siehe TAUBER & TAUBER 1976; MÜLLER 1992; HUNTER & MCNEIL 2000) sowie durch konspezifische Nachbarn ausgelöste Blattvibrationen. Aufgrund der Erfahrungen mit dem Diapauseverhalten anderer Insektenarten sind Überlagerungen mit Licht- und Temperaturfaktoren nicht auszuschließen. So spielen letztgenannte Parameter eine wichtige Rolle für die Steuerung der Diapause bei der Kiefernbuschhornblattwespe *Diprion pini* (Hymenoptera, Diprionidae) (EICHHORN 1991), bei *Pieris brassicae* (Lepidoptera, Pieridae) (HELD & SPIETH 1999),

bei *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera, Tortricidae) (HUNTER & MCNEIL 2000) und bei der Blattminierfliege *Pegomyia bicolor* (Diptera, Anthomyiidae) (XUE et al. 2001).

Danksagung

Die Untersuchungen wurden unterstützt durch das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten (STELF), durch die Klinge Pharma GmbH und durch die Europäische Forschergemeinschaft (Projekt CONTROCAM Nr. QLK5-CT-2000-01684).

Literatur

EICHHORN, O. (1991): Voltinismus und Schlüpfwellenfolge mitteleuropäischer Ökotypen der Kiefern-Buschhornblattwespe *Diprion pini* L. (Hym., Diprionidae), ihre Mechanismen und ihre Bedeutung für den Massenwechsel. Journal of Applied Entomology 112: 437-453.

FREISE, J. (2001): Untersuchungen zur Biologie und Ökologie der Roßkastanien-Miniermotte (*Cameraria ohridella* Desch. & Dim. 1986) (Lepidoptera: Gracillariidae). Dissertation; Technische Universität München.

FREISE, J.F., & HEITLAND, W. (2001): Neue Aspekte zur Biologie und Ökologie der Roßkastanien-Miniermotte, *Cameraria ohridella* DESCHKA & DIMIĆ (1986) (Lep., Gracillariidae), einem neuartigen Schädling an *Aesculus hippocastanum*. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 13: 135-139.

FREISE, J.F., & HEITLAND, W. (2004): Bionomics of the horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* DESCHKA & DIMIC 1986, a pest on *Aesculus hippocastanum* in Europe (Insecta, Lepidoptera, Gracillariidae). Senckenbergiana biologica 84: 61-80.

GILBERT, M., GRÉGOIRE, J.-C., FREISE, J.F., & HEITLAND, W. (2004): Long-distance dispersal and human population density allow the prediction of invasive patterns in the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella*. Journal of Animal Ecology 73: 459-468.

GUICHARD, S., & AUGUSTIN, S. (2002): Acute spread in France of an invasive pest, the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lep., Gracillariidae). Journal of Pest Science 75: 145-149.

HEITLAND, W., & FREISE, J.F. (2001): Verbreitung der Roßkastanien-Miniermotte, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae), in Deutschland. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 13: 131-134.

HEITLAND, W., KOPELKE, J.-P., FREISE, J., & METZGER, J. (1999): Ein Kleinschmetterling erobert Europa – die Roßkastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella*. Natur und Museum 129: 186-195.

HELD, C., & SPIETH, H.R. (1999): First evidence of pupal summer diapause in *Pieris brassicae* L.: the evolution of local adaptedness. Journal of Insect Physiology 45: 587-598.

HELLRIGL, K. (2001): Neue Erkenntnisse und Untersuchungen über die Roßkastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae). Gredleriana 1: 9-81.

HUNTER, M.D., & MCNEIL, J.N. (2000): Geographic and parental influence on diapause by a polyphagous insect herbivore. Agricultural and Forest Entomology 2: 49-55.

MOUSSEAU, T.A., & ROFF, D.A. (1989): Adaptation to seasonality in a cricket: patterns of phenotypic and genotypic variation in body size and diapause expression along a cline in season length. Evolution 43: 1483-1496.

MÜLLER, H.J. (1992): Dormanz bei Arthropoden. Gustav Fischer Verlag; Stuttgart.

PSCHORN-WALCHER, H. (1997): Zur Biologie und Populationsentwicklung der eingschleppten Roßkastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella*. Forstschutz Aktuell 21: 7-10.

SAMEK , T. (2003): Diapause of *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic and its impact on the species population dynamics. Journal of Forest Science 49: 252-258.

SKUHRAVÝ, V. (1998): Zur Kenntnis der Blattminen-Motte *Cameraria ohridella* Desch. & Dim. (Lep., Litocolletidae) an *Aesculus hippocastanum* L. in der Tschechischen Republik. Anzeiger für Schädlingskunde 71: 81-84.

TAUBER, C.A., & TAUBER, M.J. (1982): Evolution of seasonal adaptations and life history traits in *Chrysopa*: response to diverse selective pressures. S. 51-72 in: DINGLE, H. & HEGMANN, J.P. (Hrsg., 1982): Evolution and genetics of life histories. Springer-Verlag; New York.

TAUBER, M.J., & TAUBER, C.A. (1976): Larval diapause in *Chrysopa nigricornis* (Neuroptera: Chrysopidae): sensitive stages, critical photoperiod, and termination. Entomologia Experimentalis et Applicata 15: 105-111.

TOMICZEK, C. (1997): Verbreitung der Roßkastanienminiermotte in Österreich. Forstschutz Aktuell 21: 2.

TYLER-SMITH, C. (2003): The Horse Chestnut Leaf Miner *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lep.: Gracillariidae) in North Oxford in 2003. Entomologist's Record 115: 220.

XUE, F.-S., ZHU, X.-F., & SHAO, Z.-Y. (2001): Control of summer and winter diapause in the leaf-mining fly *Pegomyia bicolor* Wiedemann (Dipt., Anthomyiidae). Journal of Applied Entomology 125: 181-187.

ZAR, J.S. (1996): Biostatistical Analysis. 3rd edition. Prentice Hall; New Jersey.

Dr. Jona F. Freise
Fachbereich Schädlingsbekämpfung
Task-Force Veterinärwesen
Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
Postfach 3949
D-26029 Oldenburg
E-Mail: jona.freise@laves.niedersachsen.de

Dr. Werner Heitland
Lehrstuhl für Tierökologie
TU München
Am Hochanger 13
D-85354 Freising
E-Mail: heitland@cameraria.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Entomologie heute

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: 17

Autor(en)/Author(s): Freise Jona F., Heitland Werner

Artikel/Article: Das Diapauseverhalten der Rosskastanien-Miniermotte Cameraria ohridella Deschka & Dimic, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae) und der Einfluss auf ihre Populationsdynamik. The Diapausing Behaviour of the Horse-chestnut Leafminer Cameraria ohridella Deschka & Dimic, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae) and its Influence on the Pest.s Population Dynamics 173-182