Die Ilex-Minierfliege im Stadtgebiet von Hannover

Beobachtungen zur Parasitierung und Mortalität der Ilex-Minierfliege *Phytomyza ilicis* Curtis 1846 (Diptera, Agromyzidae)

Marco Thomas Neiber

Zusammenfassung

Die Mortalitätsprofile der Larval- und Pupalstadien der Ilex-Minierfliege *Phytomyza ilicis* wurden an zwei Standorten im Stadtgebiet von Hannover (Tiergarten und Westfalenhof) erstellt und miteinander verglichen. Insgesamt konnten drei parasitierende Hymenopteren nachgewiesen werden: *Chrysocharis gemma*, *Sphegigaster pallicornis* und *Opius ilicis*. Die Larvalmortalitäten an den beiden Standorten unterscheiden sich insbesondere bezüglich des Parasitierungsgrades voneinander. Für *C. gemma* konnte erstmals belegt werden, dass diese Art auch aus dem Puparium von *P. ilicis* schlüpfen kann.

Summary

Mortality profiles of the larval and pupal stages of the holly leaf-miner *Phytomyza ilicis* at two localities in the urban area of Hannover (Tiergarten and Westfalenhof) were compiled and compared with one another. A total of three parasitizing species of hymenoptera *Chrysocharis gemma*, *Sphegigaster pallicornis* and *Opius ilicis* could be detected. The causes of larval mortality differ particularly with regard to the level of parasitism. For the first time, eclosion of *C. gemma* out of a puparium of *P. ilicis* was documented.

Einleitung

Die Ilex-Minierfliege *Phytomyza ilicis* Curtis 1846 (Diptera, Agromyzidae), deren Larven sich monophag vom Mesophyll der Blätter der Europäischen Stechpalme *Ilex aquifolium* L. (Aquifoliaceae) ernähren, ist Cameron (1939) zufolge der einzige Blattminenbildner an *I. aquifolium* in Europa. Das natürliche Verbreitungsgebiet der Europäischen Stechpalme *I. aquifolium* erstreckt sich im Norden von Skandinavien über Mittel- und Westeuropa einschließlich der Britischen Inseln bis auf die Iberische Halbinsel, nach Italien, Albanien und Griechenland. Ferner kommt sie auf Korsika, Sardinien und Sizilien sowie zerstreut in den nordwestafrikanischen Gebirgsregionen vor und wird in Teilen der USA und in Kanada kultiviert (Cameron 1939, Hultén & Fries 1986). *P. ilicis* kommt sowohl in natürlichen Beständen von *I. aquifolium* als auch in Pflanzungen in Parkanlagen und Gärten vor und folgt in ihrer Verbreitung dem Vorkommen ihrer Wirtspflanze, wobei nach Brewer & Gaston (2002) Nachweise aus den südlichen Teilen des Verbreitungsgebiets von *I. aquifolium* (mit Ausnahme von Zentralitalien) nur spärlich vorliegen.

P. ilicis wurde als Untersuchungsobjekt in zahlreichen ökologischen Studien verwendet: Die Struktur des geographischen Verbreitungsgebiets wurde in einer Reihe von Arbeiten von Brewer & Gaston (2002, 2003), Klok et al. (2003) und Gaston et al. (2004) untersucht, Arbeiten zu den natürlichen Feinden wurden von Heads & Lawton (1983a, b) durchgeführt und der Parasitoidkomplex wurde eingehend von Cameron (1939, 1941) und Busse (1953) beschrieben. Nach Cameron (1939), Lewis & Taylor (1967) und Glackin et al. (2006) lässt sich der Lebenszyklus und der Komplex natürlicher Feinde von *P. ilicis* in einfacher Weise untersuchen. Insbesondere lassen sich Spuren von Vogelfraß und Parasitierung der Larven und Puparien durch Untersuchung der Blattminen und Puparien eindeutig zuordnen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zum einen, Mortalitätsprofile der Larvenstadien von *P. ilicis* an zwei Standorten im Stadtgebiet von Hannover zu erstellen und miteinander zu vergleichen und zum anderen, die Zusammensetzung des Parasitoidkomplexes zu bestimmen und mit den Angaben in der Literatur zur Verbreitung, Abundanz und zur Biologie der vorkommenden Arten zu vergleichen.

Material und Methoden

Systematik und Biologie von *P. ilicis*

Die Ilex-Minierfliege wurde von J. Curtis in der Ausgabe des *Gardner's Chronicle* vom 4. Juli 1846, S. 444 als *Phytomyza ilicis* wissenschaftlich beschrieben, aber bereits in R.-A. F. de Réaumurs drittem Band der *Mémoires pour servir à l'Histoire des Insectes* von 1737, S. 2 erwähnt. Die Nomenklatur von *P. ilicis* ist weitgehend stabil. Zeitweise wurde sie in der Gattung *Chromatomyia* Hardy, 1849 geführt, und als Synonym wird lediglich *P. aquifolii* angegeben, die von C. C. Goureau in den *Annales de la Société Entomologique de France* von 1851 beschrieben wurde (Hering 1927, Cameron 1939).

Die Biologie und die Morphologie der Eier, Larvenstadien, Puparien und Imagines von *P. ilicis* sowie die Struktur und

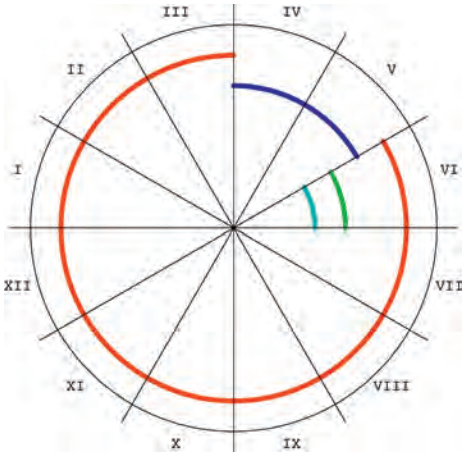

Abb. 1 Entwicklungsstadien von *Phytomyza ilicis* im Jahresverlauf: Larvalstadien (rot), Puparien (blau), Imagines (grün) und Eier (hellblau), verändert nach Heads & Lawton (1983a). Die römischen Ziffern I–XII bezeichnen die Monate Januar bis Dezember.

Entstehung der von den Larven verursachten Blattminen wurde eingehend von Miall & Taylor (1907), Cameron (1939), Lewis & Taylor (1967), Ellis (2000) und Dempewolf (2001) bearbeitet und beschrieben und soll hier nur kurz zusammengefasst werden. In Abb. 1 ist das Auftreten der einzelnen Lebensstadien im Jahresverlauf dargestellt. Die Imagines von *P. ilicis* (Abb. 2 A) treten etwa von Ende Mai bis Ende Juni auf. Die Eier werden einzeln von der weiblichen Imago mit dem Ovipositor in das primäre Xylem an der Basis der Mittelrippe oder den hinteren Teil des Stiels an der Unterseite der frisch ausgetriebenen Blätter von *I. aquifolium* abgelegt. Der Zeitraum der Eiablage ist auf den Monat Juni beschränkt. Der Ort der Eiablage bleibt am Blatt als gut sichtbare Narbe erkennbar (Abb. 2 B). Wenige Tage nach der Eiablage schlüpft die Larve von *P. ilicis* und frisst sich im Inneren der Mittelrippe in Richtung der Blattspitze. Nach der ersten Häutung verlässt die Larve die Mittelrippe etwa im Dezember und beginnt die mittlere (manchmal auch die obere) Schicht des dreischichtigen Palisadenparenchyms zu fressen. Nach der zweiten Häutung der Larve, die im Zeitraum von Januar bis März stattfindet, erhöht sich ihre Nahrungsaufnahme deutlich und eine charakteristische, gelblich gefärbte Platzmine wird auf der Blattoberseite sichtbar (Abb. 2 C, E). Der rötliche, meist im Zentrum der Mine gelegene Fleck kennzeichnet den Ort, an dem sich die Faeces der Larve akkumulieren. Gelegentlich ist auch eine Minenbildung auf der Blattunterseite zu beobachten. Dabei frisst die Larve ein sehr kleines Loch in die unterste Schicht des Palisadenparenchyms und wechselt in das darunter liegende Schwammparenchym. Die Mine auf der Blattunterseite ist farblich nicht von ihrer Umgebung abgesetzt, aber trotzdem durch eine Aufwölbung der unteren Epidermis gut zu erkennen (Abb. 2 D, F). Bevor sich die Larve etwa Ende März bis Anfang April verpuppt, frisst sie das unter der Epidermis gelegene Gewebe in der Art weg, dass von außen eine kleine, ovale, fensterartige Struktur sichtbar wird, wendet sich mit der Ventralseite der Außenseite des Blattes zu und durchbricht die Epidermis und Cuticula während der Verpuppung mit ihren beiden vorderen Spiracularhörnern. Beim Schlüpfen der Imago aus dem Puparium etwa Mitte bis Ende Mai entsteht eine charakteristische halbkreisförmige Öffnung, die in ihrer Ausdehnung der von der Larve angelegten fensterartigen Struktur entspricht und mit einem Deckel versehen ist, der teils aus der Hülle des Pupariums und teils aus der Epidermis des Blattes besteht (Abb. 3 A).

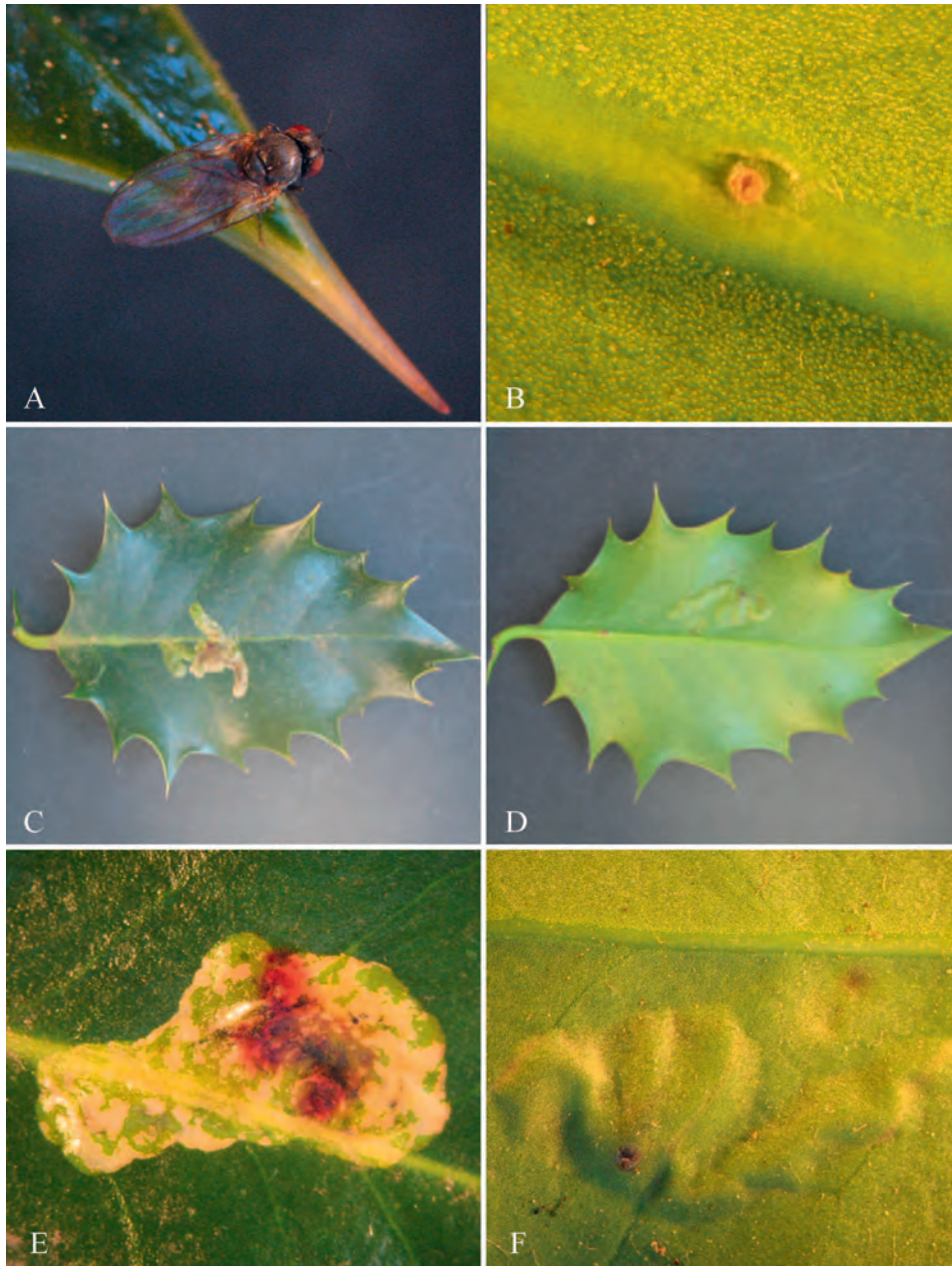

Abb. 2 A: Imago der Ilex-Minierfliege *Phytomyza ilicis* auf einem Blatt der Europäischen Stechpalme *Ilex aquifolium,* der Wirtspflanze der Larven; B: Ovipositionsnarbe an der Mittelrippe eines Blattes von *I. aquifolium*; C–F: von Larven von *P. ilicis* verursachte Blattminen; C und E: auf der Oberseite; D und F: auf der Unterseite eines Blattes von *I. aquifolium*.

Abb. 3 A: Ausflugöffnung von *Phytomyza ilicis* in der Epidermis von *Ilex aquifolium;* B: eine durch Gewebe von *I. aquifolium* in einem frühen Stadium verfüllte Mine von *P. ilicis;* C: Puppe von *Chrysocharis gemma* und abgestorbene Larve von *P. ilicis* in einer aufpräparierten Blattmine; D: von *Sphegigaster pallicornis* parasitiertes Puparium von *P. ilicis;* E: Junge Puppe von *S. pallicornis* aus einem Puparium von *P. ilicis;* F: Fraßspur einer Blaumeise an einer Blattmine von *P. ilicis;* G: Ausflugöffnung von *S. pallicornis*.

Untersuchungsgebiet und Probennahme

Es wurden zwei unterschiedliche Standorte von *I. aquifolium* im Stadtgebiet von Hannover für die Untersuchung ausgewählt, die im Mai 2009 mit *P. ilicis* infiziert waren und etwa 2 km von einander entfernt sind. Der erste Standort (Standort I) befindet sich im Tiergarten Hannover, einem ca. 113 ha großen Areal im Stadtteil Kirchrode. Die einzigen Exemplare von *I. aquifolium* im Tiergarten Hannover stehen innerhalb der Umzäunung der als Naturdenkmal ausgewiesenen Tiergarteneiche in der Nähe des Haupteingangs. Der zweite Standort, der botanische Garten auf dem zur Stiftung Tierärztliche Hochschule gehörenden Gelände des Westfalenhofs (Standort II) liegt ebenfalls im hannoverschen Stadtteil Kirchrode. Auf dem Gelände des Westfalenhofs stehen zahlreiche Exemplare von *I. aquifolium*. Für die Probennahme wurden Sträucher an drei Stellen (Standorte IIa, IIb, IIc) auf dem Gelände ausgewählt, die mit *P. ilicis* infiziert waren. Die Probennahme erfolgte im Zeitraum vom 6. bis 8. Mai 2009. Hierbei wurden am Standort I von insgesamt 3 Exemplaren einer stachelblättrigen Varietät von *I. aquifolium* 65 minierte Blätter gesammelt (von Bodennähe bis in etwa 2,5 m Höhe), die im Vorjahr von den Pflanzen gebildet worden waren. Da die Blätter von *I. aquifolium* über mehrere Jahre an der Pflanze bleiben, kann man die Blätter aus dem Vorjahr nur an den Markierungen an den Zweigen erkennen, die durch den jährlichen Sprosszuwachs entstehen, d. h. sie entsprechen jenen Blättern, die sich zwischen der letzten derartigen Markierung und den auch farblich unterschiedlichen im Frühjahr 2009 neu gebildeten Blättern befinden. In gleicher Weise wurden die Blätter von den anderen Standorten gesammelt und zur weiteren Untersuchung ins Labor gebracht: am Standort IIa von 3 Exemplaren von *I. aquifolium* (stachelblättrige Varietät) insgesamt 46 minierte Blätter, am Standort IIb von einem Exemplar von *I. aquifolium* (unbestachelte Varietät) 102 minierte Blätter und am Standort IIc von zwei Exemplaren von *I. aquifolium* (einem stachelblättrigen und einem unbestachelten) insgesamt 91 minierte Blätter.

Untersuchung der Blattminen und Datenerhebung

Während der Zeit, die eine Population von *P. ilicis* als Larve oder Puppe innerhalb der Blätter von *I. aquifolium* verbringt, ist sie einer Reihe von potenziellen Mortalitätsfaktoren ausgesetzt, die weitestgehend sequenzieller Natur sind und von Cameron (1939, 1941), Lewis & Taylor (1967) und Heads & Lawton (1983a) gut dokumentiert wurden. Sie lassen sich in sechs Klassen (M_0–M_5) einteilen: Die Klasse M_0 bzw. die Klasse M_1 fasst alle unspezifischen Todesursachen der Eier und des ersten Larvenstadiums bzw. des zweiten und dritten Larvenstadiums von *P. ilicis* zusammen, die Klasse M_2 entspricht den Fällen von Parasitierung der Larven durch die Erzwespe *Chrysocharis gemma* (Hymenoptera, Eulophidae; Walker 1839), die Klasse M_3 enthält die Fälle, die sich auf den Beutefang von Vögeln zurückführen lassen, die Klasse M_4 die Fälle von Parasitierung der Puppen von *P. ilicis* durch mindestens acht verschiedene Hymenopteren aus den Familien Eulophidae, Pteromalidae, Braconidae und Tetracampidae, und die Klasse M_3 fasst alle unspezifischen Todesursachen der Puppen von *P. ilicis* zusammen. Die Gründe für die Mortalität der Larven bzw. Puppen lassen sich alle mit Ausnahme der Klasse M_0 durch Dissektion der Blattminen am Ende des Lebenszyklus

von *P. ilicis* ermitteln. Zudem kann die Anzahl der in ein Blatt abgelegten Eier anhand der Anzahl der Ovipositionsnarben an der Mittelrippe auf der Unterseite des Blattes (Abb. 2 B) bestimmt werden. Auch die Anzahl der erfolgreich geschlüpften Imagines lässt sich anhand der charakteristischen halbkreisförmigen und bedeckelten Öffnung (Abb. 3 A) bestimmen, die die Imago beim Verlassen des Blattes hinterlässt. Für die Auswertung wurden für jeden der Standorte folgende Daten erhoben:

1. Gesamtzahl der Ovipositionsnarben (OV),
2. Gesamtzahlen der Todesfälle für jede der Klassen M_0 bis M_5 und
3. Gesamtzahl der erfolgreich geschlüpften Imagines (E) und Anzahl der erfolgreich geschlüpften Imagines aus nur an der Blattoberseite (Eo) bzw. beidseitig (Eb) ausgebildeten Minen.

Die Klassen M_0 und M_1: Unspezifische Larvensterblichkeit

Die Gründe für unspezifische Todesursachen der Eier und Larvenstadien von *P. ilicis* sind vielfältig. Fälle, die zur Klasse M_0 zu rechnen sind, lassen sich am Blatt nur schwer feststellen, da *P. ilicis* die Zeit als Ei und das erste Larvenstadium im Inneren der Mittelrippe verbringt. Eine einfache Möglichkeit die Anzahl der zu dieser Klasse gehörenden Todesfälle dennoch zu bestimmen, besteht darin, von der Gesamtzahl der abgelegten Eier die Summe der Anzahl der erfolgreich geschlüpften Imagines und aller bestimmbaren Todesfälle abzuziehen. Todesursachen in dieser Klasse sind nach Heads & Lawton (1983a), Brewer & Gaston (2003) und Eber (2004) vor allem auf intraspezifische Konkurrenz, Infektionen der Larven durch Mikroorganismen wie Pilze, Bakterien oder Viren und Abwehrreaktionen der Wirtspflanze (Abb. 3 B) zurückzuführen. Todesursachen der Klasse M_1 erkennt man daran, dass die Minen in der Regel klein und äußerlich unbeschädigt sind. Öffnet man sie vorsichtig mit einer spitzen Pinzette, ist eine derartige Mine entweder leer oder enthält nach Glackin et al. (2006) nur Überreste der abgestorbenen Larve. Die Mine kann auch von sekundär gebildetem, hartem Pflanzengewebe ausgefüllt sein. Neben den oben genannten Gründen für die Todesursachen der Larven im ersten Stadium kommen nach Brewer & Gaston (2003) in der Klasse M_1 als weiterer Grund ungünstige klimatische Verhältnisse während der Überwinterung in Frage.

Die Klassen M_2 und M_4: Parasitoide

Nach Cameron (1939, 1941) und Eber et al. (2001) besteht der Parasitoidkomplex von *P. ilicis* aus insgesamt 10 Arten in Europa:

Chalcidoidea:
Eulophidae:

1. *Chrysocharis gemma* (Walker 1839)
2. *Chrysocharis pubicornis* (Zetterstedt 1838) = *Chrysocharis syma* (Walker 1839)
3. *Pentiobius metallicus* (Nees 1834) = *Pleurotropis amyntas* (Walker 1839)
4. *Closterocerus trifasciatus* (Westwood 1833)

Tetracampidae:

5. *Epiclerus* aff. *nomocerus* (Masi 1934) = *Tetracampe* aff. *nemocera* (Masi 1934)

Pteromalidae:

6. *Sphegigaster pallicornis* (Spinola 1808) = *Sphegigaster flavicornis* (Walker 1833)
7. *Cyrtogaster vulgaris* (Walker 1833)
8. *Mesopolobus* aff. *amaenus* (Walker

1834) = *Eutelus* aff. *dilectus* (Walker 1834)

Ichneumonoidea:
Braconidae:
9. *Opius ilicis* (Nixon 1939)
10. *Dacnusa maculata* (Goureau 1851)

Die Nomenklatur wurde Rosen (1958), Fischer (1962, 1997), Askew (1965), Bouçek & Askew (1968) und Hansson (1985, 1994) folgend aktualisiert und die Namen in Cameron (1939), falls abweichend, hinzugefügt. Nach Cameron (1939) schließen alle aufgelisteten Arten ihren Entwicklungszyklus innerhalb des Puparium von *P. ilicis* ab, mit Ausnahme von *C. gemma*, die ihre Entwicklung in der Larve von *P. ilicis* vollendet. Außer *P. metallicus*, die hyperparasitische Tendenzen zeigt, sind alle Arten primäre Parasiten von *P. ilicis*, die sich in zwei Hauptgruppen einteilen lassen. Die erste Gruppe umfasst z. B. die Eulophiden *C. gemma*, *C. pubicornis*, *P. metallicus*, die alle endoparasitisch leben, wohingegen die Vertreter der zweiten Gruppe, die Pteromaliden *S. pallicornis* und *C. vulgaris* sich ektoparasitisch von der Puppe von *P. ilicis* ernähren. *Opius ilicis* nimmt insofern eine Sonderstellung ein, indem sich die Art als Endoparasit in der Larve von *P. ilicis* bis zu einer bestimmten Größe entwickelt, dann eine Diapause durchläuft, um erst in der Fliegenpuppe ihre Larvenentwicklung abzuschließen, siehe Cameron (1941).

Nach Glackin et al. (2006) lassen sich Fälle von Parasitierung eindeutig durch Dissektion der Blattminen zuordnen. Weist die Mine äußerlich eine runde Öffnung auf (Abb. 3 G), die nicht der charakteristischen Ausflugöffnung von *P. ilicis* entspricht, kann von einer Parasitierung ausgegangen werden. Öffnet man die Mine, enthält sie in diesem Fall entweder die eingetrockneten Überreste der Fliegenlarve und/oder frei in der Mine liegende glänzend schwarze Stücke einer Hymenopteren-Puppe (Klasse M_2) oder ein Puparium von *P. ilicis*, in dem sich die Bruchstücke einer Hymenopteren-Puppe befinden (Klasse M_4). Gibt es keine wie oben beschriebene Öffnung an der Mine, findet sich entweder eine Hymenopteren-Larve oder -Puppe (Abb. 3 C) sowie die Überreste der Larve von *P. ilicis* in ihrem Inneren (Klasse M_2) oder Hymenopteren-Larven oder -Puppen innerhalb des Puparium (Abb. 3 D, E) von *P. ilicis* (Klasse M_4).

Falls Hymenopteren-Larven oder -Puppen frei in der Mine bzw. in den Puparien von *P. ilicis* lagen, wurden die Hymenopteren-Larven oder -Puppen bzw. die diese enthaltenden Puparien zur Aufzucht in Schnappdeckelgläschen überführt und für die spätere Zuordnung nummeriert. In Fällen, bei denen es zum Schlupf der Imagines der parasitierenden Hymenopteren kam, wurde mittels der Schlüssel in Cameron (1939), Askew (1965) und Hansson (1985) die jeweilige Art und das Geschlecht bestimmt sowie der Schlupftag festgehalten. Falls die Puppe oder die Larve abgestorben war, wurde mittels der Schlüssel in Cameron (1939) zumindest versucht, eine Artzuordnung vorzunehmen.

Die Klasse M_3: Fraßdruck durch Vögel

Es ist bekannt, dass vor allem die Blaumeise *Cyanistes caeruleus* (Linnaeus 1758) (= *Parus caeruleus* Linnaeus 1758) die Larven von *P. ilicis* frisst (Owen 1975, Heads & Lawton 1983b). Nach Glackin et al. (2006) hinterlässt die Blaumeise charakteristische Fraßspuren an den Blattminen von *I. aquifolium* in Form eines V-förmigen Spalts (Abb. 3 F), so dass alle Minen die diesen Spalt aufweisen, der Klasse M_3 zugeordnet werden können.

Die Klasse M_5: Unspezifische Puppensterblichkeit

Fälle, die dieser Klasse zuzuordnen sind, lassen sich nur erkennen, wenn man die Mine mit einer spitzen Pinzette öffnet. Das Puparium enthält nach Glackin et al. (2006) keinerlei Anzeichen einer Parasitierung (Hymenopteren-Larve oder Überreste einer Hymenopteren-Puppe). Die Oberfläche ist oft stumpf und unregelmäßig braun gefärbt und/oder eingedrückt oder enthält Überreste einer abgestorbenen Fliege oder Fliegen-Puppe.

Datenanalyse

Demographische Daten

Nach Brewer & Gaston (2003) sind die einzelnen Gründe für die Larven- und Puppensterblichkeit sequenzieller Natur. Daher ergibt sich die Gesamtzahl der Individuen, die einer bestimmten Todesursache M_i (i = 0, …, 5) erliegen, aus der Formel

$$M_i = OV - E - \sum_{j=0}^{i-1} M_j$$

wobei OV die Anzahl abgelegter Eier, E die Anzahl erfolgreich geschlüpfter Imagines und M_j (j = 0, …, i–1) jeweils die Anzahl der Individuen bezeichnet, die einer vorangegangenen Todesursache erlegen sind.

Neben der tatsächlichen Mortalitätsrate für eine bestimmte Todesursache (MT_i, i = 0, …, 5) an einem Standort

$$MT_i = \frac{M_i}{OV}$$

wurde auch die apparente Mortalitätsrate (MS_i, i = 0,…,5)

$$MS_i = \frac{M_i}{OV - \sum_{j=0}^{i-1} M_j}$$

berechnet (Bellows et al. 1992). Die Schlupfrate (SR) ergibt sich als Quotient aus der Anzahl erfolgreich geschlüpfter Imagines (E) von *P. ilicis* und der Gesamtzahl abgelegter Eier (OV). Ferner wurde der Anteil erfolgreich geschlüpfter Imagines aus oberseitig (Eo) bzw. beidseitig (Eb) angelegten Minen bestimmt.

Analyse der Zusammensetzung des Parasitoidkomplexes

Für jeden der Standorte wurde die prozentuale Zusammensetzung des Parasitoidkomplexes ermittelt. Zudem wurde festgehalten, ob die unter Laborbedingungen aufgezogenen Imagines aus einem Puparium oder aus einer frei in der Mine von *P. ilicis* liegenden Hymenopteren-Puppe geschlüpft waren. Die prozentualen Anteile der Geschlechter der einzelnen Arten für alle Standorte zusammen wurden bestimmt. Um zu überprüfen, ob es Unterschiede im Schlupfzeitpunkt bei den einzelnen Geschlechtern einer Art gab, wurde der Median über die Schlupftage für Männchen und Weibchen einer Art für alle Standorte zusammengenommen berechnet.

Ergebnisse

Mortalitätsprofile

Die Ergebnisse der Untersuchung der Mortalitätsprofile sind in Tab. 1 und Abb. 4 zusammenfassend dargestellt. Fälle von unbestimmter Sterblichkeit der Eier und

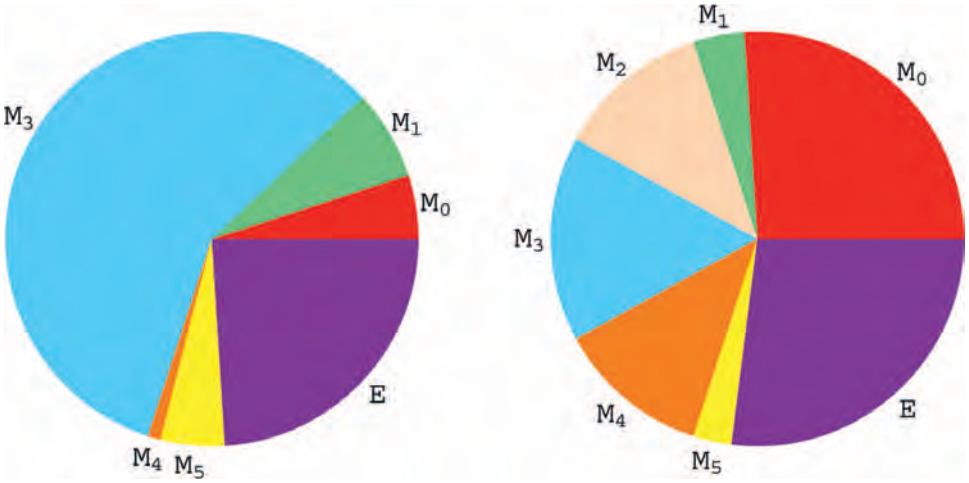

Abb. 4 Grafische Darstellung der Mortalitätsprofile (Mortalitätsklassen M_0 bis M_5 und Anteil erfolgreich geschlüpfter Imagines E) der Larval- und Pupalstadien von *Phytomyza ilicis* am Standort I: Tiergarten (links) und am Standort II: Westfalenhof (rechts). M_0: unspezifische Todesursachen der Eier und des ersten Larvenstadiums (z. B. durch bakterielle Infektionen), M_1: unspezifische Todesursachen des zweiten und dritten Larvenstadiums, M_2: Parasitierung der Larven durch die Erzwespe *Chrysocharis gemma,* M_3: Beutefang durch Vögel, M_4: Parasitierung der Puppen, M_5: unspezifische Todesursachen der Puppen.

des ersten Larvenstadiums (Klasse M_0) waren am Standort I mit 5 % am geringsten. Am Standort II lag der Wert für die hierher gehörenden Todesursachen mit durchschnittlich 26 % (12 % bis 36 % an den Unterstandorten) deutlich höher. Der Anteil der Todesursachen, die der Klasse M_1 zugeordnet wurden, lag zwischen < 0,5 % (Standort IIb) und 14 % (Standort IIa). Am Standort I lag dieser Wert bei 5 % und am Standort II durchschnittlich bei 7 %. Parasitierung der Larven (Klasse M_2) konnte am Standort I nicht festgestellt werden, wohingegen dieser Wert am Standort II durchschnittlich 17 % (8 % bis 19 % an den Unterstandorten) betrug. Mit 58 % war der Fraßdruck durch Vögel (Klasse M_3) am Standort I die Haupttodesursachen der Larvenstadien von *P. ilicis*. Am Standort II mit durchschnittlich 26 % (10 % bis 24 %) hingegen insgesamt nur an zweiter Stelle. Auch die Parasitierung der Puparien (Klasse M_4) von *P. ilicis* spielte mit 1 % am Standort I nur eine untergeordnete Rolle (es wurde nur ein Fall von Puppenparasitierung festgestellt). Am Standort II war die Parasitierung der Puparien mit durchschnittlich 12 % (7 % bis 14 % an den Unterstandorten) an insgesamt dritter Stelle der Todesursachen. Unbestimmte Sterblichkeit der Puparien war mit 2 % bis 5 % an allen Standorten etwa auf gleichem Niveau. Die Schlupfrate (SR) lag am Standort I bei 24 % und am Standort II durchschnittlich bei 27 %. Brewer & Gaston (2003) geben für Norddeutschland einen Wert für die Erfolgsrate von etwa 45 % bis 50 % an. Dieser Wert wurde an keinem der Standorte erreicht, nur der Wert von 40 % am Unterstandort IIc erreichte fast diesen Bereich.

Die apparenten Mortalitätsraten wurden für jede Klasse berechnet und mit den Angaben in Brewer & Gaston (2003) verglichen. Für die Klassen M_0 und M_1 zusammen lag der Wert am Standort I bei 0,12

Tab. 1 Tatsächliche (MT) und apparente Mortalitätsraten (MS) für die Todesursachen in den Klassen M_0 bis M_5 sowie die Schlupfrate (SR) und Anteile erfolgreich geschlüpfter Imagines aus oberseitig bzw. beidseitig angelegter Minen für die Standorte I und II insgesamt sowie für die Unterstandorte IIa–c (n: Anzahl der untersuchten minierten Blätter an jedem Standort, N: Anzahl der in die jeweilige Klasse eingeordneten Fälle, OV: Oviposition, E: erfolgreich geschlüpfte Imagines von *P. ilicis* sowie Eo bzw. Eb: erfolgreich geschlüpfte Imagines von *P. ilicis* aus nur oberseitig bzw. beidseitig ausgebildeten Blattminen).

Standort	I			IIa			IIb			IIc			II (gesamt)		
n	65			46			102			91			239		
	N	MT	MS	N	MT	MS	N	MT	MS	N	MT	MS	N	MT	MS
OV	73	–	–	55	–	–	184	–	–	109	–	–	348	–	–
M_0	4	0,05	0,05	13	0,24	0,24	66	0,36	0,36	13	0,12	0,12	92	0,26	0,26
M_1	5	0,07	0,07	8	0,14	0,19	1	0	0 01	5	0,05	0,05	14	0,04	0,05
M_2	0	0	0	6	0,11	0,18	15	0,08	0,13	21	0,19	0,23	42	0,12	0,17
M_3	42	0,58	0,65	13	0,24	0,46	32	0,17	0,31	11	0,10	0,16	56	0,16	0,28
M_4	1	0,01	0,04	4	0,07	0,27	25	0,14	0,36	13	0,12	0,22	42	0,12	0,29
M_5	4	0,05	0,19	1	0,02	0,01	7	0,04	0,16	2	0,02	0,04	10	0,03	0,10
	SR			SR			SR			SR			SR		
E	17	0,24		10	0,18		38	0,21		44	0,21		92	0,27	
Eo	11	65 %		6	60 %		27	71 %		28	64 %		61	66 %	
Eb	6	35 %		4	40 %		11	29 %		16	36 %		31	34 %	

und am Standort II insgesamt bei 0,31 (0,17 bis 0,43 an den Unterstandorten). Der Wert am Standort I lag damit kaum unterhalb der in Brewer & Gaston (2003) für Norddeutschland angegebenen Werte von 0.15 bis 0.25. Der Wert für den Unterstandort IIc lag innerhalb dieses Bereichs, wohingegen die Werte für die Unterstandorte IIa und IIb mit 0,43 und 0,37 erheblich darüber lagen. Für die Klasse M_2 wurden Werte zwischen 0 am Standort I und 0,23 am Unterstandort IIc ermittelt. Für diese Klasse geben Brewer & Gaston (2003) für den norddeutschen Raum Werte von weniger als 0,10 an und für die Klasse M_3 Werte von weniger als 0,15. Insbesondere der Wert von 0,65 für die Klasse M_3 am Standort I lag erheblich über diesem Wert, aber auch die Werte für die Unterstandorte von Standort II lagen mit 0,46, 0,31 und 0,16 größtenteils deutlich höher. Für die Klasse M_4 geben Brewer & Gaston (2003) Werte von etwa 0,20 bis 0,30 an. Die am Standort II ermittelten Werte für diese Klasse befanden sich mit 0,22 bis 0,36 etwa in diesem Bereich, der Wert am Standort I hingegen mit 0,01 sehr deutlich darunter. Die Werte für die Klasse M_5 war am Standort I mit 0,19 fast doppelt so hoch wie insgesamt am Standort II mit 0,10 (0,01 bis 0,16 an den Unterstandorten). Das Verhältnis von erfolgreich geschlüpften Imagines von *P. ilicis* aus nur oberseitig angelegten Minen und erfolgreich geschlüpften Imagines aus beidseitig angelegten Minen wurde an allen (Unter)-Standorten mit etwa 3:2 ermittelt.

Zusammensetzung des Parasitoidkomplexes

Zum Zeitpunkt der Probennahme vom 6. bis 8. Mai 2009 war der überwiegende Teil der Fliegen bereits geschlüpft, nur eine Imago von *P. ilicis* schlüpfte noch am 10. Mai 2009 im Labor. Im Gegensatz hierzu war zum Zeitpunkt der Probennahme noch keine parasitierende Hymenoptere geschlüpft. Es wurden insgesamt 85 Fälle von Parasitierung festgestellt. In 79 Fällen schlüpften die Imagines im Labor, in den übrigen 6 Fällen war entweder die Larve oder die Puppe unter Laborbedingungen abgestorben. Die Imagines, Puppen und Larven konnten drei parasitierenden Arten zugeordnet werden: *Chrysocharis gemma*, *Sphegigaster pallicornis* und *Opius ilicis*. Am Standort I wurde ein Exemplar von *S. pallicornis* festgestellt. Vertreter anderer Spezies konnten nicht nachgewiesen werden. Am Unterstandort IIa wurden 10 Fälle von Parasitierung festgestellt, wobei *C. gemma* mit 6 Individuen (60 %) die häufigste Art war, gefolgt von *S. pallicornis* mit 4 Exemplaren (40 %). Am Unterstandort IIb kamen *C. gemma*, *S. pallicornis* und *O. ilicis* im Verhältnis 25:15:0 (62,5 % : 37,5 % : 0 %) und am Unterstandort IIc im Verhältnis 28:4:2 (82,4 % : 11,8 % : 5,8 %) vor. Für den Standort II ergab sich somit insgesamt eine Verteilung der drei Arten im Verhältnis 59:23:2 (70,2 % : 27,4 % : 2,4 %).

Von 56 der insgesamt 59 nachgewiesenen Individuen von *C. gemma* konnte das Geschlecht bestimmt werden, wobei 20 (35,7 %) Männchen und 36 (64,3 %) Weibchen waren. Von *S. pallicornis* waren 9 (42,8 %) Individuen männlichen und 12 (57,2 %) weiblichen Geschlechts. Bei zwei Individuen war die Bestimmung des Geschlechts nicht möglich. Die einzigen beiden Exemplare von *O. ilicis* waren Männchen. Die Imagines von *C. gemma* schlüpften im Labor über einen Zeitraum von 22 Tagen vom 8. bis 29. Mai 2009. Nach 10 Tagen waren 50 % der Männchen und nach 14 Tagen 50 % der Weibchen geschlüpft. Die Imagines von *S. pallicornis* schlüpften über einen

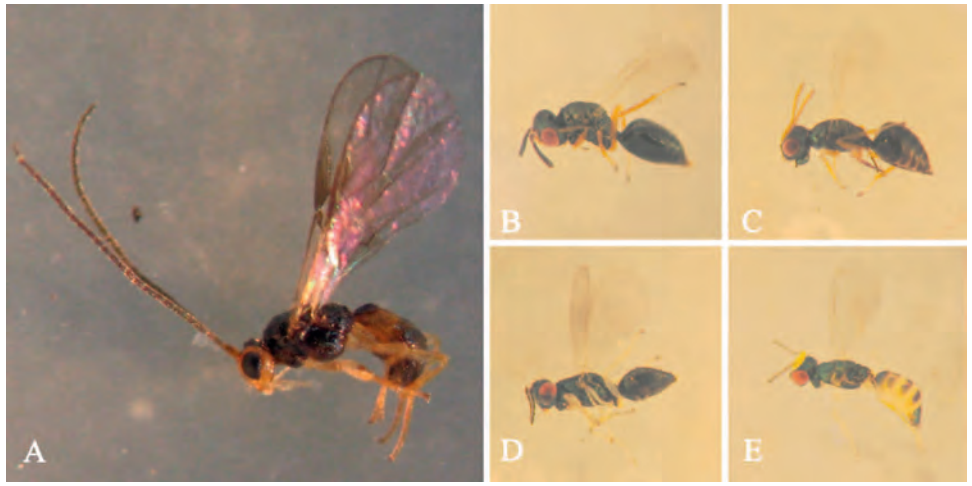

Abb. 5 Imago von A: *Opius ilicis,* Männchen; B: *Sphegigaster pallicornis,* Weibchen; C: *S. pallicornis,* Männchen; D: *Chrysocharis gemma,* Weibchen; E: *C. gemma,* Männchen.

Zeitraum von 12 Tagen vom 14. bis 25. Mai 2009. 50 % der Männchen waren nach 4 Tagen und 50 % der Weibchen nach 6 Tagen geschlüpft.

C. gemma wird ausdrücklich als Endoparasit ausschließlich der Larven von *P. ilicis* genannt (Cameron 1939, Eber et al. 2001, Brewer & Gaston 2003, Eber 2004, Gaston et al. 2004). Abweichend hiervon wurde in dieser Studie festgestellt, dass 19 (32,2 %) der insgesamt 59 Individuen aus den Puparien von *P. ilicis* geschlüpft waren und nicht aus frei in der Mine liegenden Puppen. Sowohl *S. pallicornis* als auch *O. ilicis* schlüpften in allen Fällen aus den Puparien von *P. ilicis*.

Für *C. gemma* wurde ein Geschlechterverhältnis von etwa einem Männchen auf zwei Weibchen ermittelt. Dies entspricht etwa dem von Cameron (1939) ermittelten Verhältnis. Allerdings sind die hier ermittelten Werte aufgrund der geringen Stichprobengröße nur bedingt aussagekräftig und zeigen eher eine Momentaufnahme. Dass die Männchen von *C. gemma* im Median einige Tage vor den Weibchen schlüpfen, stimmt ebenfalls mit den von Cameron (1939) gefundenen Resultaten überein. Trotz der noch kleineren Stichprobe für *S. pallicornis* geht bei dieser Art die Tendenz eher in Richtung einer Gleichverteilung der Geschlechter, und ebenso wie bei *C. gemma* schlüpfen die Männchen etwas früher. Das frühere Schlüpfen der Männchen ist insofern sinnvoll, als dass so sichergestellt ist, dass nach dem Schlüpfen der Weibchen bereits genügend erwachsene Männchen vorhanden sind, um die Weibchen zu begatten.

Diskussion

An beiden Standorten entwickelte sich etwa jede vierte Larve von *P. ilicis* zu einer Imago. Dass dieser Wert unter dem von Brewer & Gaston (2003) angegebenen Wert liegt, kann zum einen durch natürliche Schwankungen in verschiedenen

Jahren und an verschiedenen Standorten, aber auch durch Unterschiede in der Qualität der Wirtspflanzen oder des Standortes der Wirtspflanzen erklärt werden. Anhand der Daten in dieser Studie ist zu erkennen, dass standörtliche Schwankungen bereits bei verhältnismäßig eng beieinander liegenden Standorten auf dem Westfalenhof vorkommen (Tab. 1 und Abb. 4). Auffällig ist vor allem, vergleicht man die Mortalitätsprofile an den Standorten I und II insgesamt, dass sich die Anteile der Todesursachen an diesen Standorten deutlich unterscheiden. So ist am Standort I mit über 50 % die Haupttodesursache Fraßdruck durch Vögel, wohingegen am Standort II dieser Wert bei nur etwa 25 % liegt. Der Unterschied ist dadurch zu erklären, dass im Tiergarten Hannover künstliche Nistmöglichkeiten für Meisen und andere Vogelarten geschaffen werden und dadurch die Vogelpopulation höher ist als auf dem Gelände des Westfalenhofs, wo keine intensive Vogelhege betrieben wird. Da *P. ilicis* in ihrer Entwicklung unbedingt auf ihre Wirtspflanze angewiesen ist, ist zu erwarten das sich die Mortalitätsprofile der Larven von *P. ilicis* an lokal isolierten Standorten von *I. aquifolium*, die aber von *P. ilicis* infiziert sind, gegenüber Standorten mit höherer Individuenzahl von *I. aquifolium* deutlich unterscheiden. Als lokal isolierte Standorte von *I. aquifolium* werden an dieser Stelle solche Standorte bezeichnet, in deren näherer Umgebung keine weiteren Exemplare von *I. aquifolium* vorkommen. Insbesondere kann angenommen werden, dass die Abundanz von parasitierenden Hymenopteren an lokal isolierten Standorten erheblich geringer und die Anzahl der vorkommenden Arten an solchen Standorten tendenziell geringer ist, weil zum einen das Nahrungsangebot eingeschränkt und zum anderen parasitierende Arten Schwierigkeiten haben dürften, sich zu etablieren, wenn nur eine kleine und zudem isolierte Population von Wirtsorganismen vorhanden ist. Diese Annahmen vorausgesetzt, sind die Unterschiede bei den Parasitierungsraten an den Standorten I und II erklärbar. Da die Individuen von *I. aquifolium* am Standort I die einzigen ihrer Art im Tiergarten Hannover sind, lässt sich dieser Standort als lokal isoliert ansehen, wohingegen die Population von *I. aquifolium* auf dem Gelände des Westfalenhofs wegen der höheren Individuenzahl und der weiter gestreuten Verbreitung auf dem Gelände und der näheren Umgebung nicht als lokal isoliert angesehen werden kann. Dass nur *S. pallicornis* am Standort I nachgewiesen werden konnte, heißt nicht, dass die anderen, am Standort II gefundenen Parasiten von *P. ilicis* (*C. gemma* und *O. ilicis*) dort nicht vorkommen, dass ihre Abundanz aber deutlich geringer ist als am Standort II. Die Häufigkeit der am Standort II gefundenen Parasiten stimmt mit den von Cameron (1939) gefundenen Häufigkeiten überein. *C. gemma* ist die häufigste Art, gefolgt von *S. pallicornis* und dem seltenen Parasiten *O. ilicis*.

Am Standort II konnte erstmals nachgewiesen werden, dass *C. gemma*, im Gegensatz zu den Angaben in Cameron (1939) kein reiner Larvenparasit ist, sondern auch aus den Puparien von *P. ilicis* schlüpfen kann. Eine Erklärung hierfür ist, dass *C. gemma* die Larve von *P. ilicis* erst zu einem relativ späten Zeitpunkt infizieren und diese sich noch verpuppen konnte bevor sie von *C. gemma* abgetötet wurde.

Das Verhältnis der aus nur oberseitig ausgebildeten Minen geschlüpften Imagines von *P. ilicis* zu dem aus beidseitig ausgebildeten Minen geschlüpften Imagines stimmt mit den Angaben in Ellis (2000), der in einer Mehrheit der Fälle eine beidseitig ausgebildete Mine vorfand, nicht überein. Bezüglich dieser Beobachtung

kann an dieser Stelle nur festgehalten werden, dass die Ausbildung von rein oberseitigen Minen und beidseitig ausgebildeten größeren Schwankungen unterliegt. Denkbar ist, dass es zur Ausbildung einer beidseitigen Mine kommt, wenn es für die Larve einfacher ist in das Schwammparenchym des Blattes von *I. aquifolium* einzudringen als die Fläche der oberseitigen Mine zu vergrößern.

Literatur

Askew, R. R. (1965): The Holarctic species of *Cyrtogaster* Walker and *Polycystus* Westwood (Hym. Pteromalidae) including the description of a new species of *Cyrtogaster* from Britain. – Entomophaga, 10: 179–187.

Bellows, T. S.; Driesche, R. G. van; Elkinton, J. S. (1992): Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. – Annual Review of Entomology, 37: 587–614.

Bouçek, Z.; Askew, R. R. (1968): Index of Entomophagous Insects. Vol. 4: World Tetracampidae (Hym. Chalcidoidea). – Le François, Paris.

Brewer, A. M.; Gaston, K. J. (2002): The geographical range structure of the holly leaf-miner. I. Population density. – Journal of Animal Ecology, 71: 99–111.

Brewer, A. M.; Gaston, K. J. (2003): The geographical range structure of the holly leaf-miner. II. Demographic rates. – Journal of Animal Ecology, 72: 82–93.

Busse, K. (1953): Beobachtungen an der Ilexminierfliege *Phytomyza ilicis* Curtis (Diptera, Agromyzidae) und ihrem Parasiten *Opius ilicis* Nixon (Hymenoptera, Braconidae). – Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Staatsinstitut und Zoologischen Museum Hamburg, 1: 85–100.

Cameron, E. (1939): The holly leaf-miner (*Phytomyza ilicis*, Curt.) and its parasites. – Bulletin of Entomological Research, 30: 173–208.

Cameron, E. (1941): The biology and post-embryonic development of *Opius ilicis* n. sp., a parasite of the holly leaf-miner (*Phytomyza ilicis* Curt.). – Parasitology, 33: 8–39, Taf. II.

Curtis, J. (1846): The holly-fly. – The Gardeners' Chronicle, 4. Juli 1846: 444.

Dempewolf, M. (2001): Larvalmorphologie und Phylogenie der Agromyzidae (Diptera). – Dissertation, Universität Bielefeld.

Eber, S. (2004): Bottom-up density regulation in the holly leaf-miner *Phytomyza ilicis*. – Journal of Animal Ecology, 73: 948–958.

Eber, S.; Smith, H. P.; Didham, R. K.; Cornell, H. V. (2001): Holly leaf-miners on two continents: what makes an outbreak species? – Ecological Entomology, 26: 124–132.

Ellis, W. N. (2000): Biological notes on the holly leaf miner *Phytomyza ilicis* (Diptera: Agromyzidae). – Entomologische Berichte, 60: 165–170.

Fischer, M. (1962): Die Dacnusini Niederösterreichs (Hymenoptera, Braconidae). – Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft österreichischer Entomologen, 14: 29–39.

Fischer, M. (1997): Die paläarktischen Opiinae (Madenwespen) der Zoologischen Staatssammlung München (Hymenoptera, Braconidae). – Entomofauna, 18: 137–196.

Gaston, K. J.; Genney, D. R.; Thurlow, M.; Hartley, S. E. (2004): The geographical range structure of the holly leaf-miner. IV. Effects of variation in host-plant quality. – Journal of Animal Ecology, 73: 911–924.

Glackin, M.; Jones, M.; Norman, S. (2006): What happened to the holly leaf miner? Studying real food chains. – School Science Review, 87: 91–98.

Goureau, C. C. (1851): Mémoire pour servir à l'histoire des Diptères dont les larves minent les feuilles des plantes et à celles de leurs parasites. – Annales de la Société Entomologique de France, Deuxième Série, 9: 131–176, Taf. 5–7.

Hansson, C. (1985): Taxonomy and biology of the Palearctic species of *Chrysocharis* Förster 1856 (Hymenoptera: Eulophidae). – Entomologica Scandinavica, Supplement, 26: 1–131.

Hansson, C. (1994): Re-evaluation of the genus *Closterocerus* Westwood (Hymenoptera: Eulophidae), with a revision of the Nearctic species. – Entomologica Scandinavica, 25: 1–25.

Heads, P. A. & Lawton, J. H. (1983a): Studies on the natural enemy complex of the holly leaf-miner: the effects of scale on the detection of aggregative responses and the implications for biological control. – Oikos, 40: 267–276.

Heads, P. A.; Lawton, J. H. (1983b): Tit predation on the holly leaf-miner: the effect of prickly leaves. – Oikos, 41: 161–164.

Hering, M. (1927): Zweiflügler oder Diptera. 1: Agromyzidae. 80. Familie. In: Dahl, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise, Band 6, Jena.

Heydon, S. L. (1995): A review of the North American species of *Thinodytes* Graham and *Mauleus* Graham (Hymenoptera: Pteromalidae). – Journal of Hymenoptera Research, 4: 1–24.

Hultén, E.; Fries, M. (1986): Atlas of North European vascular plants north of the tropic of cancer. – 3 Bände, Königstein.

Klok, C. J.; Chown, S. L.; Gaston, K. J. (2003): The geographical range structure of the holly leaf-miner. III. Cold hardiness physiology. – Functional Ecology, 17: 858–868.

Lewis, T.; Taylor, L. R. (1967): Introduction to experimental ecology. – London.

Miall, L. C.; Taylor, T. H. (1907): The structure and life-history of the holly-fly. – Transactions of the Entomological Society of London, 1907: 259–283.

Owen, D. F. (1975): The efficiency of blue tits *Parus caeruleus* preying on larvae of *Phytomyza ilicis*. – Ibis, 117: 515–516.

Owen, D. F. (1978): The effect of a consumer, *Phytomyza ilicis*, on seasonal leaf-fall in the holly, *Ilex aquifolium*. – Oikos, 31: 268–271.

Réaumur, R.-A. F. de (1737): Mémoires pour servir à l'Histoire des Insectes. Tome Troisième. – Paris.

Rosen, H. von (1958) Zur Kenntnis der europäischen Arten des Pteromaliden-Genus *Mesopolobus* Westwood 1833 (Hym., Chalc.). – Opuscula Entomologica, 23: 203–240.

Danksagungen

Ich möchte Prof. Dr. Hansjörg Küster und insbesondere Dr. Albert Melber für die Einführung in den Themenkreis und für Anregungen und Diskussionen während der Durchführung der vorliegenden Untersuchung, danken.

Arbeit eingereicht: 21.01.2010
Arbeit angenommen: 30.04.2010

Anschrift des Verfassers:
Marco Thomas Neiber
Birkenweg 2
31319 Sehnde
E-Mail: mneiber@hotmail.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Naturhistorica - Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: 152

Autor(en)/Author(s): Neiber Marco T.

Artikel/Article: Die Ilex-Minierfliege im Stadtgebiet von Hannover - Beobachtungen zur Parasitierung und Mortalität der Ilex-Minierfliege Phytomyza ilicis Curtis 1846 (Diptera, Agromyzidae) 29-44