

**Eichenschrecken als Hauptbeute des neozoischen
Stahlblauen Grillenjägers *Isodontia mexicana* (Hymenoptera: Sphecidae)
in der südpfälzischen Agrarlandschaft**

Jens Schirmel, Martin H. Entling, Philipp W. Eckerter

Abstract

Isodontia mexicana is a non-native sphecid wasp specialised on preying on Orthoptera as larval food source. Aim of the present study was to gather quantitative information on the prey spectrum used and the distribution of the species in the agricultural area in Southern Palatinate (south-west Germany). Therefore, artificial nests were installed in 24 locations differing in the composition of the surrounding landscape. Nests were checked for brood cells of *I. mexicana*, and contained Orthoptera were examined for species identity, nymphal stage and sex. *Isodontia mexicana* was widespread in the study area and preferred landscapes with a low proportion of crop use and high proportion of semi-natural habitats in the surrounding. *Meconema meridionale* and *M. thalassinum* were by far the most dominant prey species comprising together around 95% of all found Orthoptera individuals. Besides, *Pholidoptera griseoaptera* (4%) and single individuals of *Leptophyes punctatissima* and *Phaneroptera falcata/nana* were found. Except for some individuals of *M. thalassinum*, all found Orthoptera were nymphs of various stages. Based on these findings and literature references, *Oecanthus* and *Meconema* species seems to be the preferred prey items for *I. mexicana* in Europe, especially in summer when only adult Orthoptera are available.

Zusammenfassung

Der Stahlblaue Grillenjäger *Isodontia mexicana* ist eine bei uns neozoische Grabwespenart, die als Larvennahrung auf Heuschrecken spezialisiert ist. Ziel der vorliegenden Studie war es, quantitative Angaben über das genutzte Beutespektrum an Heuschrecken und Erkenntnisse über das Vorkommen der Art in der südpfälzischen Agrarlandschaft zu gewinnen. Dazu wurden Nisthilfen an 24 Standorten in verschiedenen agrarisch genutzten Landschaften aufgestellt und auf Brutzellen von *I. mexicana* durchsucht. Eingetragene Heuschrecken wurden nach Art, Larvalstadium und Geschlecht determiniert. *Isodontia mexicana* kam im gesamten Untersuchungsgebiet vor. Dabei wurden Landschaften mit einem geringen Anteil an Ackernutzung bzw. einem hohen Anteil an naturnahen Habitaten in der Umgebung der Nisthilfen bevorzugt, während ausgeräumte Landschaften gemieden wurden. Eichenschrecken (*Meconema meridionale*, *M. thalassinum*) waren mit 95% die Hauptbeute. Daneben konnten *Pholidoptera griseoaptera* (4%) und Einzelfunde von *Leptophyes punctatissima* und *Phaneroptera falcata/nana* als Beute nachgewiesen werden. Eingetragene Individuen waren (mit Ausnahme von wenigen adulten *M. thalassinum*) Larven verschiedener Stadien. Basierend auf diesen

Erkenntnissen und Literaturangaben scheint *I. mexicana* in Mitteleuropa vornehmlich *Oecanthus*- und *Meconema*-Arten zu präferieren, die auf Grund der geringen Größe im adulten Zustand besonders auch im Hochsommer als Beute relevant sein dürften.

Einleitung

Zu den natürlichen Feinden von Heuschrecken zählen spezialisierte Grabwespenarten (DETZEL 1998, INGRISCH & KÖHLER 1998). In Mitteleuropa gehören dazu einige wenige einheimische Arten aus den Gattungen *Sphex* (Hymenoptera: Sphecidae) und *Tachysphex* (Hymenoptera: Crabronidae) (GREATHEAD 1962, DETZEL 1998). Dazu gesellt sich neuerdings der aus Mittel- und Nordamerika stammende Stahlblaue Grillenjäger *Isodontia mexicana* (Hymenoptera: Sphecidae).

Die auffällig große, blau-metallisch bis schwarz gefärbte Art wurde in Europa Mitte des letzten Jahrhunderts zum ersten Mal an der französischen Mittelmeerküste nachgewiesen (KELNER-PILLAUT 1962), von wo sie sich in den letzten Jahrzehnten rasch ausgebreitet hat. Heute kommt die Art in weiten Teilen Frankreichs vor (BITSCH 2010, HERBRECHT 2010) und es liegen Fundangaben aus Spanien (TUSSAC & VOISIN 1989), Italien (SCARAMOZZINO & PAGLIANO 1987, SCHMID-EGGER 2003), der Schweiz (VERNIER 1995, AMIET 2009), Österreich (WIESBAUER et al. 2011), Ungarn (JÓZAN 2002), Slowenien (DOLLFUSS 2008, GOGALA 2011), Kroatien (DOLLFUSS 2008), Serbien (ĆETKOVIĆ et al. 2012), der Ukraine (FATERYGA et al. 2014), Belgien und den Niederlanden vor (SMIT & WIJNGAARD 2010). In Deutschland wurde die Art erstmals 1998 bei Tübingen festgestellt (WESTRICH 1998) und hat sich von dort weiter ausgebreitet (Abb. 1a). In Rheinland-Pfalz wurde der Stahlblaue Grillenjäger erstmals 2009 nachgewiesen (BURGER 2009).

Adulte Tiere nutzen Nektar und in Mitteleuropa liegen Blütenbesuche an u.a. *Achillea millefolium* (WESTRICH 1998), *Eryngium campestre* (WESTRICH 2007), *Eryngium planum* (RENNWALD 2005, HAUSL-HOFSTÄTTER & TEPPNER 2015), *Fallopia japonica* (HAUSL-HOFSTÄTTER & TEPPNER 2015), *Mentha x piperita* (FRIEBE 2015), und *Sambucus nigra* (HAUSL-HOFSTÄTTER & TEPPNER 2015) vor. Adulte Tiere jagen und betäuben Heuschrecken und tragen sie als Larvennahrung in die Nester. Im Gegensatz zu den meisten einheimischen auf Heuschrecken spezialisierte Grabwespen nistet *I. mexicana* nicht im Boden, sondern legt oberirdische Nester in Hohlräumen an. Bekannt sind die Nutzung von Pflanzenstängeln (Italien: *Arundo donax*, SCARAMOZZINO & CURRADO 1988; Österreich: *Fallopia japonica*, HAUSL-HOFSTÄTTER & TEPPNER 2015), Deutschland: *Rubus* spec., WESTRICH 2009) sowie in Holz bzw. Nisthilfen (O'NEILL & O'NEILL 2003). Auffällig ist zudem die Nutzung von Grashalmen als Bau- und Verschlussmaterial der Nester.

Im natürlichen Verbreitungsgebiet nutzt die Art nach MEDLER (1965) und O'NEILL & O'NEILL (2003) verschiedene Ensifera-Arten aus den Familien Tettigoniidae und Gryllidae mit Schwerpunkt auf *Conocephalus*- und *Oecanthus*-Arten (Tab. 1). Aus Südeuropa liegen Beobachtungen von SCARAMOZZINO & CURRADO (1988) und TUSSAC & VOISIN (1989) vor, bei denen mehrere Heuschreckenarten aus den Unterfamilien Conocephalinae, Meconematinae, Phaneroptinae, Tettigoniinae und Oecanthinae als Beute nachgewiesen wurden. Besonders häufig wurde dabei das

Weinhähnchen *Oecanthus pellucens* in den Nestern beobachtet. Über das Beutespektrum vom Stahlblauen Grillenjäger in Mitteleuropa gibt es bislang nur einzelne Beobachtungen und die Angaben sind teils widersprüchlich. Während RENN-WALD (2005) beispielsweise Eichenschrecken (*Meconema spec.*) als ungeeignete Nahrung für den Grillenjäger hält, konnten WESTRICH (2009) und AMIET (2009) die Südliche Eichenschrecke (*Meconema meridionale*) in Nestern nachweisen. Quantitative Erhebungen zum Beutespektrum fehlen bis dato allerdings.

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher a) Hinweise über das Vorkommen und die Verbreitung von *Isodontia mexicana* in der Agrarlandschaft der Südpfalz – gelegen im deutschen Kernverbreitungsgebiet der Art (Abb. 1a) – zu gewinnen und b) quantitative Angaben über das genutzte Beutespektrum an Heuschrecken zu machen.

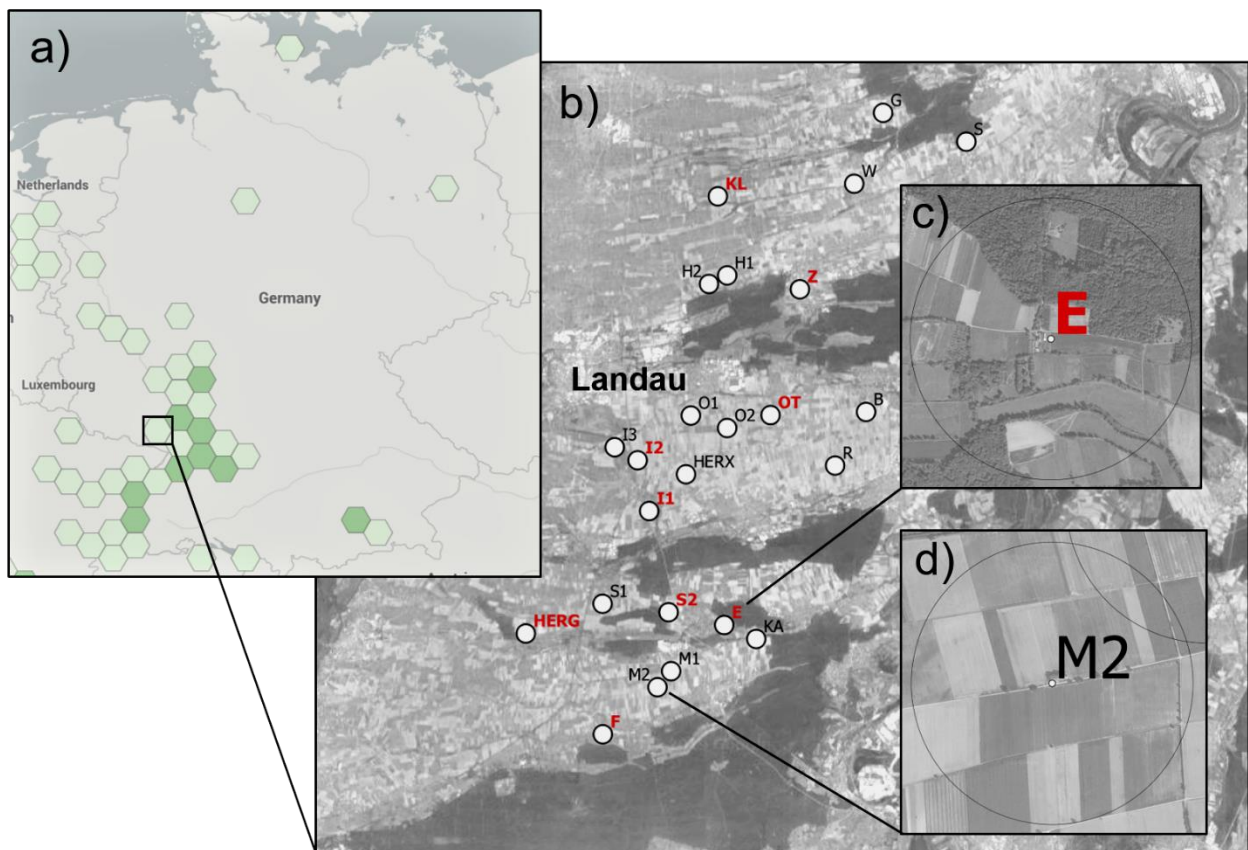


Abb. 1: Lage a) des Untersuchungsgebiets in Deutschland mit Vorkommen des Stahlblauen Grillenjägers *Isodontia mexicana* (Hexagone) nach GBIF (Global Biodiversity Information Facility, www.gbif.org) und b) der 24 Standorte mit platzierten Nisthilfen (rot = Nachweis von *I. mexicana*, weiß = kein Nachweis). Die Standorte lagen in der südpfälzischen Agrarlandschaft entlang eines Landnutzungsgradienten und c) zeigt exemplarisch eine Landschaft mit wenig Ackernutzung (29%) während d) eine Landschaft mit viel Ackernutzung (98%) darstellt (gemessen in einem Radius von 500m um die jeweiligen Standorte mit GIS).

Tab. 1: Übersicht über die von *Isdontia mexicana* genutzten Heuschrecken als Beute.
Grau = Angaben für das natürliche Verbreitungsgebiet.

Beute von <i>Isodontia mexicana</i>	Region	Quelle
Tettigoniidae		
<u>Conocephalinae</u>		
- <i>Conocephalus discolor</i>	Italien	SCARAMOZZINO & CURRADO 1988
- <i>Ruspolia nitidula</i>	Italien	SCARAMOZZINO & CURRADO 1988
- <i>Conocephalus spec.</i>	USA	MEDLER 1965; O'NEILL & O'NEILL 2003
- <i>Conocephalus fasciatus</i>	USA	O'NEILL & O'NEILL 2003
- <i>Conocephalus saltans</i>	USA	O'NEILL & O'NEILL 2003
- <i>Neoconocephalus spec.</i>	USA	MEDLER 1965
- <i>Orchelimum vulgare/gladiator</i>	USA	MEDLER 1965
<u>Meconematinae</u>		
- <i>Meconema meridionale</i>	Italien, Deutschland, Schweiz	SCARAMOZZINO & CURRADO 1988; WESTRICH 2009, AMIET 2009; vorliegende Publikation
- <i>Meconema thalassinum</i>	Italien, Deutschland	SCARAMOZZINO & CURRADO 1988; vorliegende Publikation
<u>Phaneroptinae</u>		
- <i>Phaneroptera nana(?)</i>	Italien	SCARAMOZZINO & CURRADO 1988
- <i>Phaneroptera falcata/nana(?)</i>	Deutschland	vorliegende Publikation
- <i>Leptophyes punctatissima</i>	Deutschland	vorliegende Publikation
- <i>Tylopsis liliifolia</i>	Frankreich	TUSSAC & VOISIN 1989
- <i>Scudderia spec.</i>	USA	MEDLER 1965
<u>Tettigoniinae</u>		
- <i>Pholidoptera griseoptera</i>	Deutschland	vorliegende Publikation
- <i>Pholidoptera spec.</i>	Italien	SCARAMOZZINO & CURRADO 1988
Gryllidae		
<u>Oecanthinae</u>		
- <i>Oecanthus pelluscens</i>	Italien, Frankreich, Deutschland	SCARAMOZZINO & CURRADO 1988; TUSSAC & VOISIN 1989, BITSCH 2010; WESTRICH 2009
- <i>Oecanthinae</i>	Ukraine	FATERGYNA et al. 2014
- <i>Oecanthus angustipennis</i>	USA	KROMBEIN 1965
- <i>Oecanthus fultoni</i>	USA	MEDLER 1965; O'NEILL & O'NEILL 2003
- <i>Oecanthus nigricornis</i>	USA	MEDLER 1965; O'NEILL & O'NEILL 2003
- <i>Oecanthus niveus</i>	USA	MEDLER 1965
- <i>Oecanthus quadripunctatus</i>	USA	MEDLER 1965; O'NEILL & O'NEILL 2003
- <i>Neoxabea bipunctata</i>	USA	MEDLER 1965
<u>Hapithinae</u>		
- <i>Hapithius (Orocharis) saltator</i>	USA	KROMBEIN 1965

Methoden

Datenerhebung

An 24 Standorten in der südpfälzischen Agrarlandschaft bei Landau wurden Nisthilfen errichtet (Abb. 1b). Die Standorte wurden entlang eines Landnutzungsgradienten ausgewählt und unterschieden sich vorrangig im Anteil der umgebenden Ackernutzung. Dazu wurde in einem Radius von 500 m um jeden Standort der Anteil an Ackernutzung, Wald, naturnaher Habitate (Hecken, Feldsäume etc.) und urbanen Flächen in GIS berechnet. Der Anteil an Ackernutzung schwankte zwischen den Standorten von 29% (Standort E, Abb. 1c) bis zu 98% (Standort M2, Abb. 1d).

Die Nisthilfen wurden in Feldränder angrenzend an verschiedene Habitaten aufgestellt. Eine Nisthilfe bestand aus 10 Mauerbienen-Nistplatten aus MDF mit je 10 einseitig geöffneten Nistgängen (16 x 16 x 1,6 cm, WAB-Mauerbienenzucht, Konstanz). Die Öffnungen der Nistgänge waren 8 bzw. 9 mm Durchmesser groß und wurden nach Süd-Osten hin exponiert. Die Nisthilfen wurden auf Holzpflöcken in 1,30 m Höhe platziert und standen vom 12.03. bis 02.07.2019. Anschließend wurden alle Löcher auf Brutzellen von *Isodontia mexicana* hin untersucht. Diese sind leicht anhand der genutzten Gräser erkenntlich (O'NEILL & O'NEILL 2003). Es wurde die Anzahl an Kokons und Larven von *I. mexicana* erfasst sowie die eingetragenen Heuschrecken bestimmt und das jeweilige Geschlecht und Larvalstadium erfasst (INGRISCH 1977). Zusätzlich wurde stichprobenartig die Anzahl an eingetragenen Heuschrecken je Brutzelle erhoben (für N=10 Platten mit Heuschreckenfunden).

Datenauswertung

Der Einfluss der Landnutzung (% Ackernutzung bzw. % naturnaher Habitate in 500 m Radius um die Standorte) auf das Vorkommen von *Isodontia mexicana* wurde mit verallgemeinerten linearen Modellen getestet. Dazu wurde eine Binomial-Verteilung für Präsenz-Absenz-Daten genutzt. Vergleiche der Geschlechterverhältnisse der eingetragenen Heuschreckenarten wurde mit Chi²-Anpassungstests durchgeführt. Alle statistischen Analysen fanden mit R 3.4.0 statt (R CORE TEAM 2017).

Ergebnisse

Vorkommen von *Isodontia mexicana* in der südpfälzischen Agrarlandschaft

Insgesamt wurden 104 Larven bzw. Kokons von *Isodontia mexicana* gefunden (Abb. 2). Pro Nistgang fanden sich dabei zwischen 1 und 5 Brutzellen. Der Stahlblaue Grillenjäger konnte dabei an 9 der 24 untersuchten Standorte nachgewiesen werden (Abb. 1b). Die Vorkommenswahrscheinlichkeit stieg hierbei signifikant mit sinkendem Anteil an Acker ($z = -2.286$, $P = 0.022$; Abb. 3a) bzw. steigendem Anteil an naturnahen Habitaten ($z = 0.126$, $P = 0.033$; Abb. 3b) in der umgebenden Landschaft.

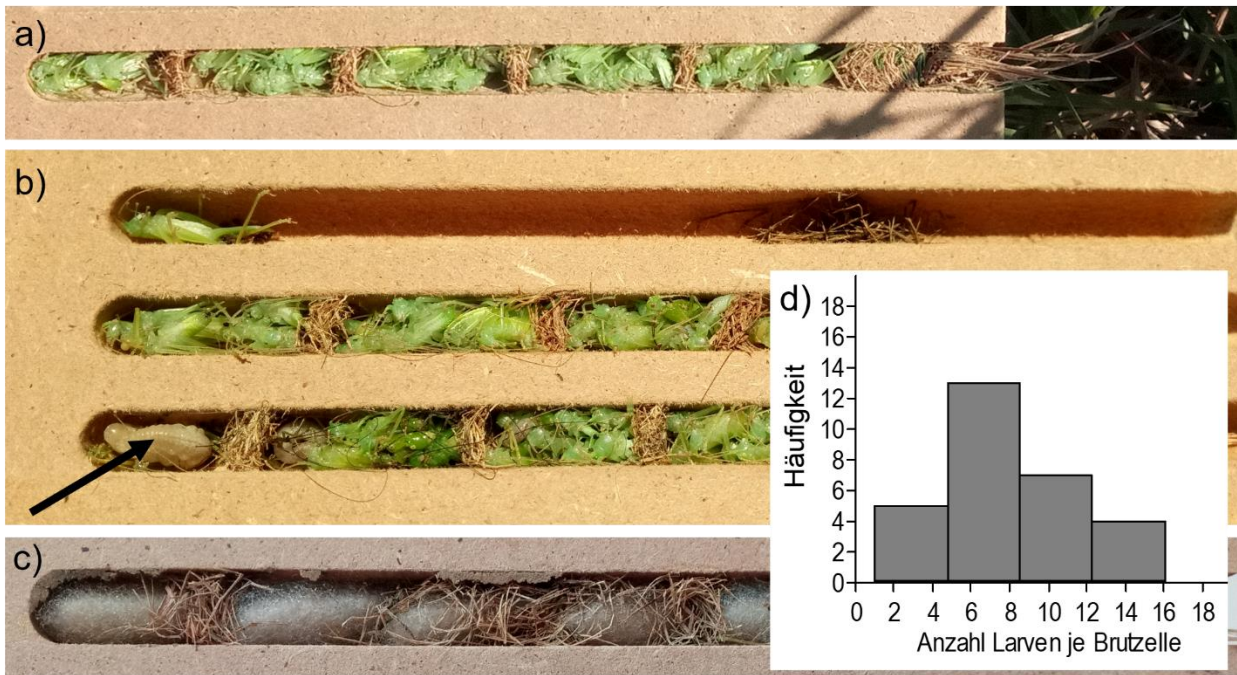


Abb. 2: Brutzellen von *Isodontia mexicana* mit eingetragenen Heuschrecken (hier *Meconema spec.*) als Larvennahrung (a und b). In b) ist zusätzlich eine Larve von *I. mexicana* zu erkennen (Pfeil), die bereits alle Heuschreckenlarven verzehrt hat. Kokons nach Verpuppung der Larven sind in c) dargestellt. Zumeist wurden 6-8 Heuschreckenlarven, teils aber bis zu 16 in eine Brutzelle eingetragen (d).

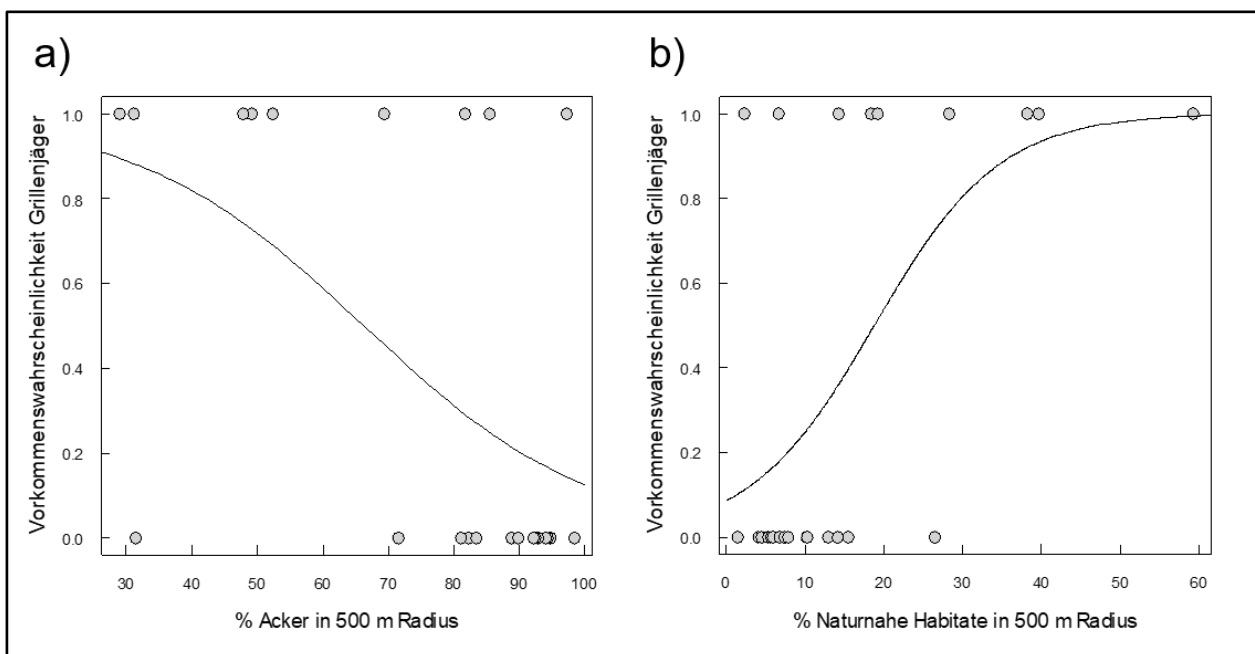


Abb. 3: Die Vorkommenswahrscheinlichkeit von *Isodontia mexicana* a) sinkt mit steigendem Anteil an Ackernutzung und b) steigt mit steigendem Anteil an naturnahen Habitaten in der umgebenden Landschaft (in 500 m Radius um die Standorte der Nisthilfen). Für Statistik siehe Text.

Erbeutete Heuschrecken

Insgesamt wurden 512 erbeutete Heuschreckenindividuen nachgewiesen. Pro Brutzelle wurden meistens 6-8 Heuschreckenindividuen eingetragen (Mittelwert und Standardfehler: 7.7 ± 0.7) (Abb. 2). Als Beute von *Isodontia mexicana* in der südpfälzischen Agrarlandschaft konnten fünf Arten nachgewiesen werden, wobei Eichenschrecken (*Meconema thalassinum* und *M. meridionale*) etwa 95% aller Individuen ausmachten (Abb. 4). Daneben wurden 21 Individuen von *Pholidoptera griseoptera* (4%), und je ein Einzelfund von *Phaneroptera falcata/nana* und *Leptophyes punctatissima* festgestellt (Abb. 4). Bei *M. thalassinum* wurden vorrangig L5 Larven festgestellt, daneben auch wenige L4 Larven und adulte Tiere (Abb. 4). Im Gegensatz dazu fanden sich für *M. meridionale* in erster Line L4 Larven und wenige L5 Larven (Abb. 4). L3 Larven von *M. thalassinum* und *M. meridionale* wurden nicht unterschieden. Bei *P. griseoptera* wurden L3-L5 Larvenstadien nachgewiesen und die Einzelfunde von *Ph. falcata/nana* waren eine L3 Larve und von *L. punctatissima* eine L5 Larve (Abb. 4).

Die Anzahl an eingetragenen männlichen und weiblichen Individuen unterschied sich weder signifikant für *M. thalassinum* ($\chi^2 = 0,35$, $P = 0,552$) noch für *M. meridionale* ($\chi^2 = 1,08$, $P = 0,299$) und *P. griseoptera* ($\chi^2 = 1,32$, $P = 0,251$) (Abb. 5).

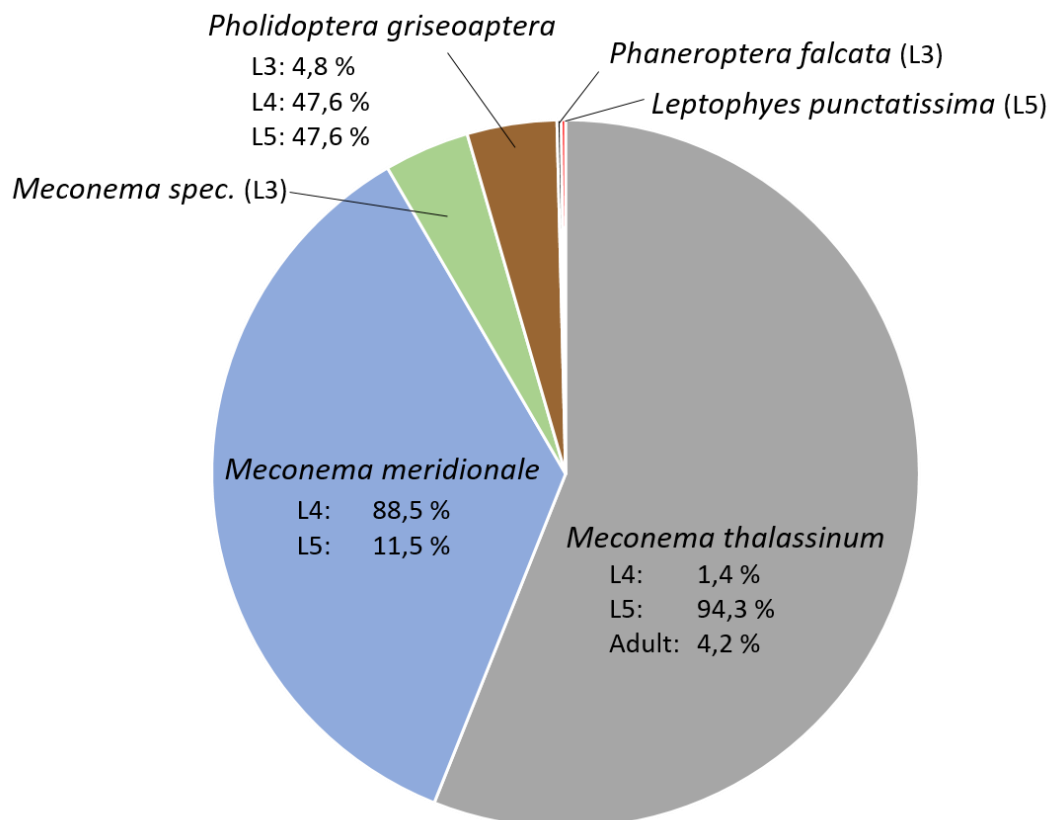
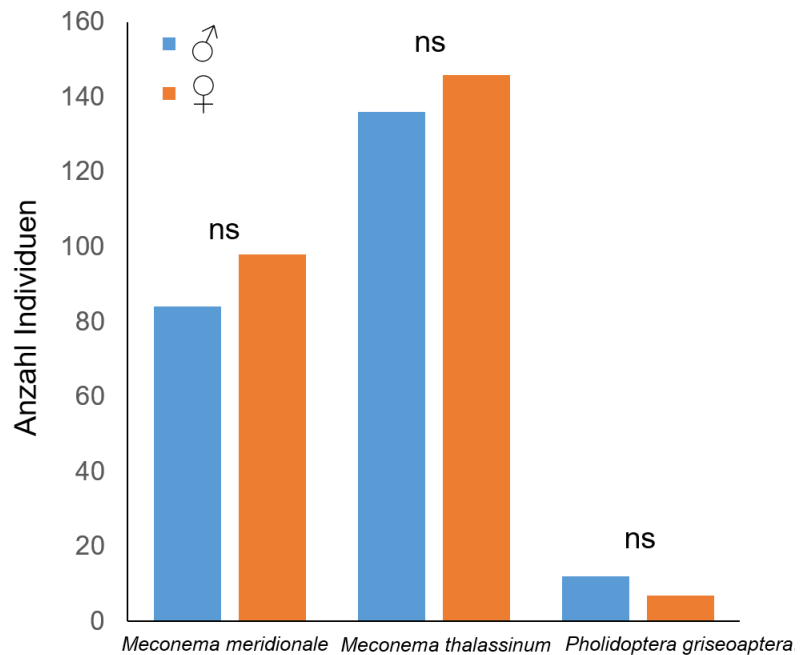


Abb. 4: Anteil von *Isodontia mexicana* in Brutzellen eingetragener Heuschreckenarten. Eichenschrecken (*Meconema thalassinum* und *M. meridionale*) machen zusammen etwa 95% der Beute aus.

Abb. 5:
Vergleich der Anzahl von männlichen und weiblichen Heuschreckenindividuen, die von *Isodontia mexicana* in Brutzellen eingetragen wurden. Für Statistik siehe Text.



Diskussion

Der Stahlblaue Grillenjäger *Isodontia mexicana* kam über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt vor und konnte an mehr als einem Drittel der Standorte nachgewiesen werden (Abb. 1b). Dies zeigt, dass die Art mittlerweile ein regelmäßiges Faunenelement der Südpfalz ist. Gemieden wurden vornehmlich Standorte in ausgeräumten Agrarlandschaften, die einen hohen Anteil an Ackernutzung bzw. einen geringen Anteil an naturnahen Habitaten in der Umgebung aufwiesen. Die Meinung dieser Standorte lässt sich zum einen mit einem geringen Angebot an Ressourcen (Blüten, Schutz, etc.) in intensiv ackerbaulich genutzten Landschaften erklären, wie es auch für zahlreiche weitere Organismengruppen bekannt ist (MARSHALL & MOONEN, HOLLAND et al. 2018, SCHIRMEL et al. 2018). Zum anderen lässt dies auf ein geringes Angebot an denen als Beute für die Larven präferierten Heuschreckenarten schließen. So konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass *Isodontia mexicana* fünf Ensifera-Arten als Beute nutzt, die alle in gewissem Maße höher- und dichtwüchsige Vegetation oder Gehölze bevorzugen und mit denen daher weit weniger in intensiv ackerbaulich genutzten Landschaften zu rechnen ist.

In den untersuchten Standorten in der Südpfalz wurden Eichenschrecken (*Meconema thalassinum* und *M. meridionale*) mit Abstand am häufigsten in Brutzellen von *I. mexicana* eingetragen (95%). Daneben konnten für Deutschland zum ersten Mal *Pholidoptera griseoaptera*, *Leptophyes punctatissima* und *Phaneroptera falcata/nana* als Beute nachgewiesen werden. Interessanterweise konnte das Weinhähnchen *Oecanthus pellucens* nicht in Brutzellen gefunden werden, obwohl die Art im Untersuchungsgebiet weit verbreitet ist und in Italien und Frankreich als Hauptbeute ausgemacht wurde (SCARAMOZZINO & CURRADO 1988; TUSSAC & VOISIN 1989). Nach Literaturrecherche und den hier vorgelegten Ergebnissen kommen somit in Europa mindestens neun Heuschreckenarten aus den Unterfamilien

Conocephalinae, Meconematinae, Phaneropterinae, Tettigoniinae und Oecanthinae als Beute von *I. mexicana* in Frage (Tab. 1). Oecanthinae und Conocephalinae machen auch im natürlichen Verbreitungsgebiet in der USA die Hauptbeute aus (MEDLER 1965, O'NEILL & O'NEILL 2003; Tab. 1). Die wenigen quantitativen Studien deuten darauf hin, dass in Europa Oecanthinae und Meconematinae die präferierte Beute von *I. mexicana* sind (SCARAMOZZINO & CURRADO 1988, TUSSAC & VOISIN 1989, hier gezeigte Ergebnisse). Möglicherweise könnten aber in anderen (feuchteren) Landschaften und Regionen Europas auch *Conocephalus*-Arten eine größere Rolle spielen, da diese zumindest in den USA eine erhebliche Relevanz haben (O'NEILL & O'NEILL 2003). Es lässt sich vermuten, dass *I. mexicana* demnach - je nach Vorkommen dieser Beutearten - recht flexibel in der Nahrungswahl ist. Dies legen auch Angaben von O'NEILL & O'NEILL (2003) nahe, wo die Präferenz für *Conocephalus*- und *Oecanthus*-Arten zwischen den Jahren je nach Angebot schwankte. Die einheimischen Arten aus diesen Unterfamilien (mit Ausnahme von *Ruspolia nitidula*) kommen auf Grund der geringen Größe der adulten Tiere auch als Beute im Hochsommer in Betracht. Für andere nachgewiesene Beutearten wie *Pholidoptera griseoptera*, *Phaneroptera falcata/nana* oder *R. nitidula* ist zu vermuten, dass die Imagines zu groß sind um in die Nester eingetragen zu werden. Diese Arten könnten aber als Larven, wie hier gezeigt, für früh im Jahr erscheinende *I. mexicana* als Beute relevant sein.

Wir konnten bei keiner Heuschreckenart einen Unterschied in der Anzahl eingetragener Individuen zwischen den Geschlechtern feststellen. Zudem wurden Individuen unterschiedlicher Größe (L3 Larven bis adulte *M. thalassinum*) genutzt. Im Rahmen des genutzten Beutespektrums scheinen demnach die Größe bzw. Körpermasse (Nahrungsquantität) keine große Rolle für die Beuteergreifung durch *I. mexicana* zu sein. Je nach Beutegröße variiert vielmehr die Anzahl eingetragener Individuen (O'NEILL & O'NEILL 2003). Möglicherweise könnten aber im späteren Jahresverlauf, wenn nur noch adulte Heuschrecken als Beute zur Verfügung stehen, geschlechtsspezifische Unterschiede in der Beutenutzung auftreten. Dabei könnten artspezifisch Männchen bevorzugt werden, die aufgrund ihrer Werbeaktivität für Weibchen (Gesang, exponierte Position) eine einfacher auszumachende Beute sein könnten (z.B. *Conocephalus fasciatus* in den USA, O'NEILL & O'NEILL 2003). Andererseits könnten Weibchen auf Grund ihrer Größe bevorzugt werden (z.B. *Oecanthus quadripunctatus* in den USA; O'NEILL & O'NEILL 2003).

Interessanterweise sind viele der vom Stahlblauen Grillenjäger genutzten Beutearten Heuschrecken, die derzeit bei uns in Ausbreitung begriffen sind. So breiten sich bekanntermaßen *O. pellucens*, *M. meridionale*, und *Ph. falcata* nordwärts aus. Beute stellt demnach offenbar keine limitierende Ressource für die weitere Ausbreitung von *I. mexicana* in Deutschland dar.

Verfasser:

PD Dr. Jens Schirmel, Prof. Dr. Martin H. Entling, Philipp W. Eckerter
Universität Koblenz-Landau
iES Landau, Institut für Umweltwissenschaften
Ökosystemanalyse
Fortstraße 7
D-76829 Landau
E-Mail: schirmel@uni-landau.de

Literatur

- AMIET, F. (2009): Zur Biologie von *Isodontia mexicana* (Saussure, 1867) (Hymenoptera, Sphecidae, Sphecini). – Entomo Helvetica 2: 155-159.
- BITSCH, J. (2010): Compléments au volume 2 des Hyménoptères Sphecidae 'Europe occidentale (Faune de France 82). – Bulletin de la Société entomologique de France 115 (1): 99-136.
- BURGER, R. (2009): *Isodontia mexicana* (Saussure 1867) (Hymenoptera: Sphecidae) - eine neozoische Grabwespe in Südwestdeutschland. Erster Nachweis in Rheinland-Pfalz. – Pollichia-Kurier 26 (1): 25-27.
- ĆETKOVIĆ, A., ČUBRILOVIĆ, B., PLEČŠ, M., POPOVIĆ, A., SAVIĆ, D. & STANISAVLJEVIĆ, L. (2012): First records of the invasive American wasp *Isodontia mexicana* (Hymenoptera: Sphecidae) in Serbia. – Acta entomologica serbia 17 (1/2): 63-72.
- DETZEL, P. (1998): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart; 580 S.
- DOLLFUSS, H. (2008): The Sphecini wasps of the genera Chilosphex Bohart & Menke, Isodontia Patton, Palmodes Kohl, Prionyx Vander Linden and Spheg Linnaeus of the "Biologiezentrum Linz" collection in Linz, Austria, (Hymenoptera, Apoidea, Sphecidae). – Linzer Biologische Beiträge 40: 1399-1434.
- FATERYGA, A.V., PROTSENKO, YU.V. & ZHIDKOV, V.YU. (2014): *Isodontia mexicana* (Hymenoptera, Sphecidae), a new invasive wasp species in the fauna of Ukraine reared from trap-nests in the crimea. – Vestnik zoologii 48 (2): 185-188.
- FRIEBE, J. G. (2015): Der Stahlblaue Grillenjäger *Isodontia mexicana* (Saussure, 1867) (Hymenoptera: Sphecidae) ist in Vorarlberg angekommen. – Inatura - Forschung online 24: 1-3.
- GOGALA, A. (2011): Sphecid wasps of Slovenia (Hymenoptera: Ampulicidae, Sphecidae and Crabronidae). – Scopolia 73: 1-39.
- GREATHEAD, D.J. (1962): A review of the insect enemies of Acridoidea (Orthoptera). – Transactions of the Royal Entomological Society of London 114: 437-517.
- HAUSL-HOFSTÄTTER, U. & TEPPNER, H. (2015): Das Neozoon *Isodontia mexicana* (Saussure, 1867) – Funde aus der Steiermark und erstmals auch aus dem Burgenland (Hymenoptera, Sphecidae). – Joannea Zoologie 14: 65-69.
- HERBRECHT, F. (2010): Découvertes récentes d'*Isodontia mexicana* (Saussure, 1867) dans le Nord-Ouest de la France (Hymenoptera, Sphecidae). – Invertébrés Armorica 6: 45-46.
- HOLLAND, J.M., BIANCHI, F.J., ENTLING, M.H., MOONEN, A., SMITH, B.M. & JEANNERET, P. (2016): Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: A review of European studies. – Pest Management Science 72: 1638-1651.

- INGRISCH, S. (1977): Beitrag zur Kenntnis der Larvenstadien mitteleuropäischer Laubheuschrecken (Orthoptera: Tettigoniidae). – Zeitschrift für Angewandte Zoologie 64 (4): 459-501.
- INGRISCH, S. & KÖHLER, G. (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. – Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH, Magdeburg; 460 S.
- JÓZAN, Z. (2002): The Aculeata fauna of Örség and its vicinity (Western Hungary). – Praenorica Folia historico-naturalia 6: 59-96.
- KELNER-PILLAUT, S. (1962): Un *Sphex* américain introduit dans le Sud de la France, *Sphex* (*Isodontia*) *Harrisii* Fernald. – L'Entomologiste 18: 102-110.
- KROMBEIN, K. (1967): Trap-nesting wasps and bees: Life histories, nests, and associates. – Smithsonian Press, Washington D.C; 570 S.
- MARSHALL, E.J.P. & MOONEN, A.C. (2002): Field margins in northern Europe: Integrating agricultural, environmental and biodiversity functions. – Agriculture, Ecosystems & Environment 89: 5-21.
- MEDLER, J.T. (1965): Biology of *Isodontia* (*Murrayella*) *mexicana* in Trap-Nests in Wisconsin (Hymenoptera: Sphecidae). – Annales of the Entomological Society of America 58 (2): 137-142.
- O'NEILL, K. M. & O'NEILL, R.P. (2003): Sex Allocation, Nests, and Prey in the Grass-Carrying Wasp *Isodontia mexicana* (Saussure) (Hymenoptera: Sphecidae). – Journal of the Kansas Entomological Society 76 (3): 447-454.
- R Core Team (2017): R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RENNWALD, K. (2005): Ist *Isodontia mexicana* (Hymenoptera: Sphecidae) in Deutschland bereits bodenständig? – Bembix 19: 41-45.
- SCARAMOZZINO, P.L. & CURRADO, I. (1988): Prime notizie sull'approvvigionamento dei nidi pedotrofici di *Isodontia mexicana* (Saussure) in Italia (Hymenoptera: Sphecidae). – Conference: Atti XV Congresso nazionale italiano di Entomologia, L'Aquila: 871-878.
- SCARAMOZZINO, P.L. & PAGLIANO, G. (1987): Note sulla Presenza in Italia di «*Isodontia Mexicana*» (Saussure, 1867) (Hymenoptera, Sphecidae). – Rivista Piemontese di Storia Naturale 8: 155-159.
- SCHIRMEL, J., ALBRECHT, M., BAUER, P.-M., SUTTER, L., PFISTER, S.C. & ENTLING, M.H. (2018): Landscape complexity promotes hoverflies across different types of semi-natural habitats in farmland. – Journal of Applied Ecology 55: 1747-1758.
- SCHMID-EGGER, C. (2003): New records of "Sphecidae" (Hymenoptera: Sphecidae & Crabronidae) from Sicily (Italy) and Malta. – Linzer Biologische Beiträge 35 (2): 747-762.
- SMIT, J. & WIJNGAARD, W. (2010): *Isodontia mexicana*, een nieuwe langsteelgraafwesp voor nederland (Hymenoptera: Sphecidae). – Nederlandse Faunistische Mededelingen 34: 67-72.
- TUSSAC, H. & VOISIN, J.-F. (1989): Observations sur la nidification d'*Isodontia mexicana* (Saussure, 1867) en France et en Espagne [Hym. Sphecidae]. – Bulletin de la Société entomologique de France 94 (3-4): 109-111.
- VERNIER, R. (1995): *Isodontia mexicana* (Sauss.), un Sphecini américain naturalisé en Suisse (Hymenoptera, Sphecidae). – Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 68 (1-2): 169-177.
- WESTRICH, P. (1998): Die Grabwespe *Isodontia mexicana* (Saussure 1867) nun auch in Deutschland gefunden (Hymenoptera: Sphecidae). – Entomologische Zeitschrift 108 (1): 24-25.

- WESTRICH, P. (2007): Der Stahlblaue Grillenjäger (*Isodontia mexicana*) nun auch im Kaiserstuhl nachgewiesen. – publiziert im Internet unter: <https://www.wildbienen.info/forschung/beobachtung20070814.php>
- WESTRICH, P. (2009): Ein Nest von *Isodontia mexicana* (Stahlblauer Grillenjäger) in einem Brombeerstengel. – publiziert im Internet unter: <https://www.wildbienen.info/forschung/beobachtung20090902.php>