

**Habitatnutzung juveniler *Myrmeleotettix maculatus*
(Caelifera: Gomphocerinae) und *Platycleis albopunctata*
(Ensifera: Tettigoniinae) in Küstendünenheiden**

Yvonne Wunsch, Jens Schirmel & Thomas Fartmann

Abstract

Habitat use of juvenile *Myrmeleotettix maculatus* (Caelifera: Gomphocerinae) and *Platycleis albopunctata* (Ensifera: Tettigoniinae) in coastal dune heathland

In contrast to the relatively well-known ecology of adult stages of most central European Orthoptera, knowledge about the larval ecology is insufficient. In spring and summer 2009 a comparative ecological study of two xerothermic orthopteran species (*Myrmeleotettix maculatus* and *Platycleis albopunctata*) were conducted in coastal heath on the Baltic Sea island of Hiddensee. The study area is characterised by a small-scaled mosaic of (1) initial stages of grey dunes rich in bare ground, (2) grey dunes dominated by the moss *Campylopus introflexus*, (3) matured lichen-rich grey dunes and (4) structurally very homogenous dwarf-shrub heath stands. Microhabitats and density of individuals were recorded in an early (from the end of April) and a late (from the beginning of June) period on ten homogenous sampling units per vegetation type and revealed a shift in habitat preferences for the young and old nymphs of both species. The first instars preferred initial grey dunes and carpets of *C. introflexus* which are poor in vegetation and favoured by high temperatures. In contrast, older nymphs were increasingly found in heterogenous habitat structures with a denser vegetation cover particularly in the lichen-rich grey dunes and their edges, where they find shelter and a sufficient food supply.

Zusammenfassung

Im Gegensatz zu den bereits relativ gut erforschten Imaginalstadien der meisten mitteleuropäischen Heuschreckenarten, sind die Kenntnisse hinsichtlich der ökologischen Ansprüche der Larven ungenügend. Daher fanden im Frühjahr und Sommer 2009 vergleichende ökologische Untersuchungen an zwei xerothermen Heuschreckenarten (*Myrmeleotettix maculatus* und *Platycleis albopunctata*) in der Küstendünenheide der Insel Hiddensee statt. Das Untersuchungsgebiet ist durch ein kleinräumiges Mosaik aus (1) rohbodenreichen Initialstadien der Silbergrasfluren, (2) von *Campylopus introflexus* (Kaktusmoos) dominierten Silbergrasfluren, (3) gereiften, flechtenreichen Silbergrasfluren und (4) strukturell sehr homogenen Zwergstrauchbeständen gekennzeichnet. Die Aufnahme von Mikrohabitaten und Individuendichten in einem frühen (ab Ende April) und späten (ab Anfang Juni) Erfassungszeitraum auf zehn homogenen Probeflächen je Vegetationstyp machte eine Verschiebung der Habitatpräferenzen der jungen und alten Larven beider Arten deutlich. Die Junglarven hielten sich, mit einer gewissen

Bindung an den Schlupfort, bevorzugt in den vegetationsarmen, wärmebegünstigten Initialdünen sowie auf den *Campylopus introflexus*-Decken auf. Das Auftreten der Altlarven ist demgegenüber von einem höheren Schutzbedürfnis und der Nahrungsverfügbarkeit abhängig. Sie konnten verstärkt in heterogenen Habitatstrukturen mit einer dichteren Vegetationsbedeckung insbesondere in den flechtenreichen Silbergrasfluren und deren Rändern beobachtet werden.

Einleitung

Die Habitatbindung von Heuschrecken ergibt sich aus den artspezifischen Anforderungen und ist für viele mitteleuropäische Arten bereits gut untersucht (KRATOCHWIL & SCHWABE 2001). Eine große Bedeutung kommt der Raumstruktur und dem damit einhergehenden Mikroklima zu (u.a. MARCHAND 1953, JAKOVLEV 1959, OSCHMANN 1973, SÄNGER 1977, BROCKSIEPER 1978, INGRISCH 1979, FARTMANN 1997). Das Vorkommen einer jeden Heuschreckenart in einem Lebensraum wird jedoch aus der Summe der Ansprüche der einzelnen Entwicklungsstadien (Ei, Larve, Imago) bestimmt (CHERRILL & BROWN 1990, INGRISCH & KÖHLER 1998, HEIN et al. 2007). Das Eistadium nimmt innerhalb des Lebenszyklus einen hohen Stellenwert ein (OSCHMANN 1973, INGRISCH 1979, INGRISCH & BOEKHOLT 1983). Mit der Larvalentwicklung durchleben die Heuschrecken eine weitere sensible Phase, die von einem trocken-warmen Mikroklima gefördert wird (CHERRILL & BROWN 1992, INGRISCH & KÖHLER 1998, WILLOTT & HASSALL 1998). Während des Reifungsprozesses vollzieht sich häufig ein Habitatwechsel der Larven (SÄNGER 1977, CHERRILL & BROWN 1990, HEIN et al. 2007). Im Gegensatz zu den adulten Tieren sind die Habitatpräferenzen der Larvalstadien der meisten Heuschreckenarten noch weitgehend unbekannt (SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003).

In Deutschland besiedeln Heuschrecken eine Vielzahl an meist offenen Lebensräumen. Einige Arten haben sich auf ein Vorkommen an xerothermen Standorten spezialisiert und unterliegen durch einen andauernden Lebensraumverlust einer zunehmenden Gefährdung (WRANIK et al. 1996). Die Küstendünenheide der Insel Hiddensee stellt solch einen Lebensraum mit extremen Umweltbedingungen dar. Sie ist durch ein kleinräumiges Vegetationsmosaik aus offenen Graudünen und Zwergstrauchheiden gekennzeichnet (SCHIRMEL et al. 2010b) und steht unter dem Schutz der FFH-Richtlinie der EU (SSYMANK et al. 1998). Küstenschutzmaßnahmen, erhöhte Nährstoffeinträge und die Ausbreitung des invasiven Neophyten *Campylopus introflexus* (Kaktusmoos) haben zu einer verringerten Dynamik, Vergrasungs- und Verbuschungserscheinungen sowie einer abnehmenden Diversität in Teilen des Gebietes geführt (UM MV 2003a, KETNER-OOSTRA & SÝKORA 2004, REMKE et al. 2009, SCHIRMEL et al. 2010). In gleicher Weise wie die Umwelt unterliegt auch die in ihr beheimatete Orthopterenfauna einer zunehmenden Gefährdung (WRANIK et al. 1996). Als typische Heuschreckenarten der Küstendünenheide Hiddensees (KÖHLER & REINHARDT 2002, WRANIK et al. 2008, SCHIRMEL et al. 2010a, 2010b) wurden die Feldheuschrecke *Myrmeleotetix maculatus* (Gefleckte Keulenschrecke) sowie die Laubheuschrecke *Platycleis albopunctata* (Westliche Beißschrecke) als Untersuchungsobjekt ausgewählt.

Im Mittelpunkt der Untersuchung stand folgende Frage: Welche Ansprüche stellen die frühen und späten Larvalstadien der betrachteten Arten an ihr Habitat?

Untersuchungsgebiet

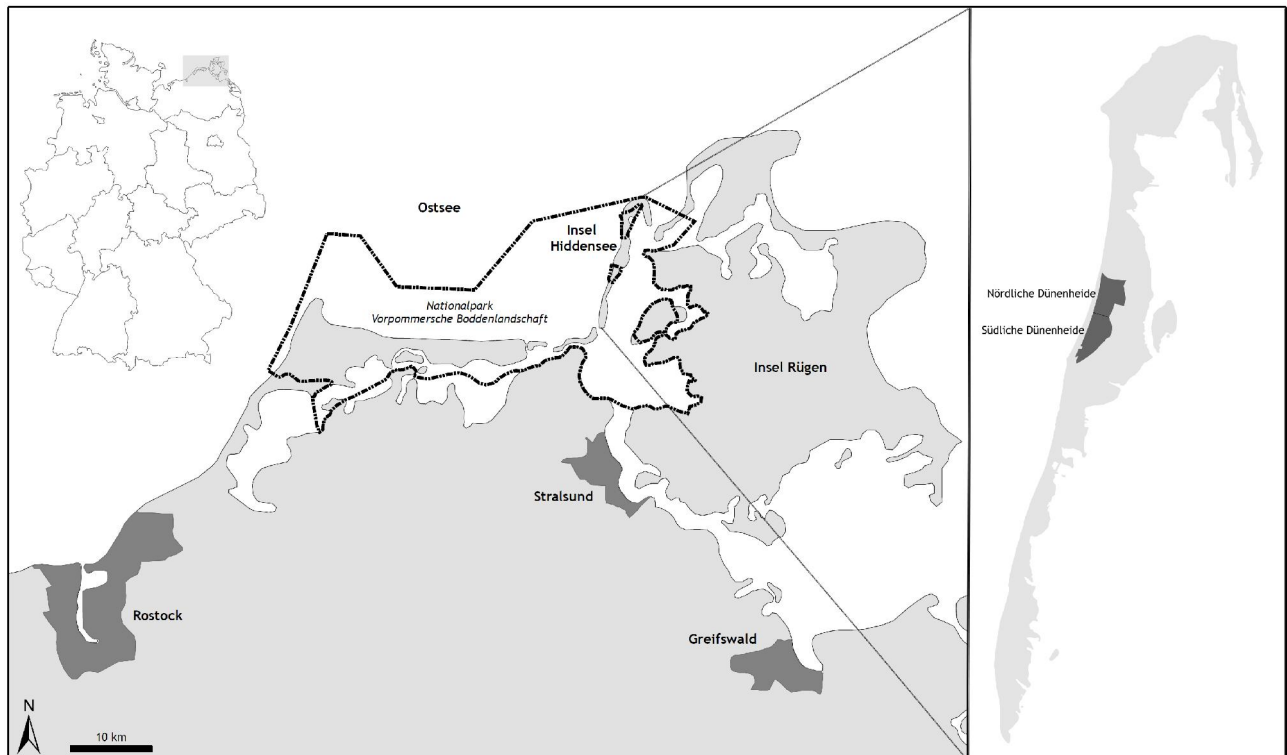


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes *Dünenheide* auf der deutschen Ostseeinsel Hiddensee.

Die Insel Hiddensee (ca. 16 km²) erstreckt sich über eine Länge von etwa 17 km und eine maximale Breite von 3,7 km in der südlichen Ostsee im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft (Mecklenburg-Vorpommern) (MÖBUS 2000; Abb. 1). Das westliche Küstenklima der Ostsee zeichnet sich im Vergleich zum Binnenlandklima durch eine relativ niedrige mittlere Jahrestemperatur von 8 °C (1951–1980) mit einer geringeren jahreszeitlichen Amplitude, eine höhere Luftfeuchtigkeit sowie eine stärkere Windexposition aus (MEYNEN et al. 1965, UM MV 2003b). Die Niederschläge liegen im langjährigen Mittel bei 507 mm im Jahr (Station Vitte/Hiddensee, 1961–1990; DEUTSCHER WETTERDIENST 2006). Geomorphologisch lässt sich Hiddensee in ein pleistozän geformtes Hochland im Norden (Dornbusch; bis 72,5 m üNN) und in einen aus holozänen Ablagerungen bestehenden, flachen und lang gestreckten Südteil einteilen (MÖBUS 2000). Die Küstendünenheiden Hiddensees befinden sich im zentralen und südlichen Teil der Insel. Die Untersuchungen wurden im Frühjahr und Sommer 2009 in der in der Inselmitte gelegenen Dünenheide durchgeführt (Abb. 1). Während der Nordteil dieses anthropo-zoogenen Heidegebietes seit 1964 als Naturschutzgebiet ausgewiesen ist, ist die südliche Dünenheide seit 1990 dem Nationalpark zugeordnet (UM MV 2003a). Auf einer Gesamtfläche von ca. 250 ha findet sich ein kleinräumiges Mosaik aus offenen, verschiedenartig strukturierten Pionierstadien der Graudünen und strukturell sehr homogenen Zwergstrauchbeständen (*Callu-*

na vulgaris, *Empetrum nigrum*, *Salix repens*), die stellenweise von einer zunehmenden Vergrasung oder Verbuschung betroffen sind. Um das Gebiet weiterhin offenzuhalten, finden in unregelmäßigen Abständen Pflegemaßnahmen wie Entkusselung, Mahd, Schopern und Abplaggen sowie seit 2004 eine alljährliche Schafbeweidung statt (SCHIRMEL et al. 2010b).

Material und Methoden

Probeflächen

Als potentielle Eiablage- und Larvalhabitate der untersuchten Arten wurden vier verschiedene Vegetationstypen ausgewählt: (1) initiale Silbergrasflur (rohbodenreich), (2) gereifte Silbergrasflur mit *Campylopus introflexus* (3) gereifte, flechtenreiche Silbergrasflur und (4) Zwergstrauchheiden. Für jeden Vegetationstyp wurden zehn Probeflächen (PF) mit einer homogenen Vegetationsstruktur (SÄNGER 1977), ohne bzw. mit einer südlichen (S, SW, SO) Exposition sowie einer Flächengröße von 25 m² (5 × 5 m) ausgewählt (Tab. 1).

Tab. 1: Charakteristika der vier untersuchten Vegetationstypen. Angegeben ist der Median und die Spannweite (Klammern). Durch Überlagerung der verschiedenen Vegetationsschichten kann die Gesamtdeckung der Vegetation > 100% betragen. Bestimmung der Gefäßpflanzen nach OBERDORFER (2001) und der Kryptogamen nach WIRTH & DÜLL (2000). Reihenfolge der dominierenden Pflanzenarten (mit Kryptogamen) richtet sich nach deren Häufigkeit.

| Vegetationstyp | (1) initiale Silbergrasflur | (2) gereifte Silbergrasflur mit <i>Campylopus introflexus</i> | (3) gereifte, flechtenreiche Silbergrasflur | (4) Zwergstrauchheide |
|---|--|--|--|--|
| Vegetation gesamt: Deckung [%] | 29 (20–43) | 95 (85–97) | 97 (92–100) | 100 |
| Strauchschicht: Deckung [%] | 0 | 0 | 0 | 81 (70–95) |
| Krautschicht: Deckung [%]/Höhe [cm] | 23 (10–38)/8 (6–11) | 19 (10–30)/11 (8–16) | 20 (15–25)/14 (12–24) | 1 (0–8)/9 (0–26) |
| Flechtschicht: Deckung [%]/Höhe [cm] | 2 (0–15)/1 (0–1) | 7 (3–20)/1 (1–2) | 78 (65–85)/4 (2–7) | 0 (0–5)/0 (0–2) |
| Moosschicht: Deckung [%]/Höhe [cm] | 1 (0–15)/0,3 (0–1) | 78 (65–93)/2 (1–3) | 4 (0–15)/1 (0–3) | 39 (5–70)/3 (2–5) |
| offene Bodenstellen: Deckung [%] | 71 (58–80) | 5 (3–15) | 3 (0–8) | 0 |
| dominierende Pflanzenarten (mit Kryptogamen) | <i>Corynephorus canescens</i> , <i>Carex arenaria</i> , <i>Cladonia</i> spp., <i>Ceratodon purpureus</i> | <i>Campylopus introflexus</i> , <i>Corynephorus canescens</i> , <i>Carex arenaria</i> , <i>Spergula morisonii</i> , <i>Cladonia</i> spp. | <i>Cladonia</i> spp., <i>Corynephorus canescens</i> , <i>Carex arenaria</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Deschampsia flexuosa</i> , <i>Hieracium pilosella</i> , <i>Hypochaeris radicata</i> , <i>Jasione montana</i> , <i>Rumex acetosella</i> , <i>Spergula morisonii</i> , <i>Campylopus introflexus</i> , <i>Dicranum scoparium</i> | <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Erica tetralix</i> , <i>Salix repens</i> , <i>Carex arenaria</i> , <i>Dicranum scoparium</i> , <i>Hypnum cupressiforme</i> , <i>Pleurozium schreberi</i> |

Quantitative Erfassung

Zur Bestimmung von Individuendichten der Larven in den vier Vegetationstypen wurden Fänge mit einem stoffbespannten, nach oben und unten offenen Isolationsquadrat (IQ) (BEHRENS & FARTMANN 2004, GARDINER et al. 2005) mit einer Grundfläche von 0,5 m² durchgeführt. Die quantitative Erhebung erfolgte für die jungen Larven vom 29.04.–02.05.2009 und für die alten Larven vom 01.07.–03.07.2009 mit jeweils fünf Würfeln (Gesamtfläche = 2,5 m²) auf jeder der 40 PF. Das IQ wurde dabei stets gegen die Sonne aufgesetzt, die eingefangenen Heuschrecken eingesammelt, nach Art und Larvalstadium bestimmt und wieder in die Freiheit entlassen.

Als junge Larven werden in dieser Studie die ersten beiden Entwicklungsstadien (L1–L2) von *M. maculatus* sowie die ersten drei Entwicklungsstadien (L1–L3) von *P. albopunctata* bezeichnet. Dementsprechend wird für die späteren Stadien (L3–L4 bei der Keulenschrecke, L4–L7 bei der Laubheuschrecke) der Begriff alte Larven verwendet.

Charakterisierung der Mikrohabitate

Die Erfassung der Mikrohabitate erfolgte für die frühen Larvalstadien der beiden Heuschreckenarten vom 19.04.–21.05.2009 und für die späten Stadien vom 02.06.–24.06.2009. Das beim Absuchen der PF verwendete Raster ist in Abb. 2 dargestellt. Je nach Präsenz oder Absenz einer Larve konnte eine Mikrohabitataufnahme (MHA) oder, an einer zufällig ausgewählten Stelle des Rasterquadrates, eine Nullprobe (NP) angefertigt werden (Tab. 2). Auf einer Fläche von 60 × 60 cm um den Fundort wurden folgende Parameter aufgenommen: Art und Larvalstadium des Heuschreckenindividuum, Exposition, Deckungsgrade [%] der Horizontalstruktur (Gesamtvegetation, Strauch-, Feld-, Streu-, Flechten- und Moosschicht, Anteil offener Bodenstellen), die mittlere Höhe der jeweiligen Schicht [cm] sowie die bestandsbildenden Pflanzen bzw. Kryptogamen. Die Schätzung der horizontalen Vegetationsdichte [%] in den Höhen 0–10, 10–20 und 20–30 cm erfolgte durch Aufsetzen eines Holzrahmens (30 cm hoch, 40 cm breit, 30 cm tief) (SUNDERMEIER 1998). Die Bestimmung der Heuschreckenarten und des jeweiligen Larvalstadiums erfolgten mit OSCHMANN (1969) und INGRISCH (1977). Die Nomenklatur richtet sich nach CORAY & LEHMANN (1998).

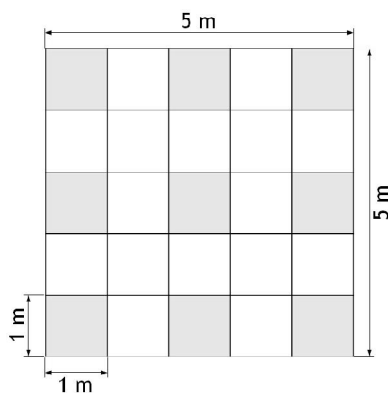


Abb. 2: Untersuchungs raster zur Erfassung der Heuschreckenlarven auf den Probeflächen. Die Suche erfolgte nur auf den neun grauen Teilflächen.

Tab. 2: Anzahl der je nach Vegetationstyp (siehe Tab. 1), Art und Entwicklungsstadium angefertigten Mikrohabitataufnahmen bzw. Nullproben.

| | Vegetationstyp | | | | Summe |
|------------------------------|----------------|-----|-----|-----|-------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | |
| <i>M. maculatus</i> L1-L2 | 55 | 50 | 32 | 7 | 144 |
| <i>M. maculatus</i> L3-L4 | 19 | 41 | 46 | 20 | 126 |
| <i>P. albopunctata</i> L1-L3 | 16 | 11 | 9 | 0 | 36 |
| <i>P. albopunctata</i> L4-L7 | 1 | 0 | 6 | 3 | 10 |
| Nullproben (früh) | 17 | 24 | 53 | 80 | 174 |
| Nullproben (spät) | 43 | 17 | 28 | 68 | 156 |

Statistische Auswertung

Da bei den Daten keine Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test) vorlag, kamen nichtparametrische Testverfahren zum Einsatz. Der Vergleich der Individuendichten zwischen den Vegetationstypen erfolgte mit dem Kruskal-Wallis-H-Test und nachgeschalteten Mann-Whitney-U-Tests (Korrektur des Signifikanzniveaus nach Benjamini und Yekutieli [B-Y; NARUM 2006]). Unterschiede in der Vegetationsstruktur zwischen besiedelten und unbesiedelten Mikrohabitaten (bezogen auf alle vier Vegetationstypen) wurden mit dem Mann-Whitney-U-Test abgefragt. Die geringe Zahl der MHA für *P. albopunctata* machte die Ermittlung einer Zufallsstichprobe aus den Nullproben (Verhältnis 1 : 3) erforderlich. Alle Analysen wurden mit dem Programm SPSS 17.0 durchgeführt.

Ergebnisse

Individuendichten der jungen und alten Larven

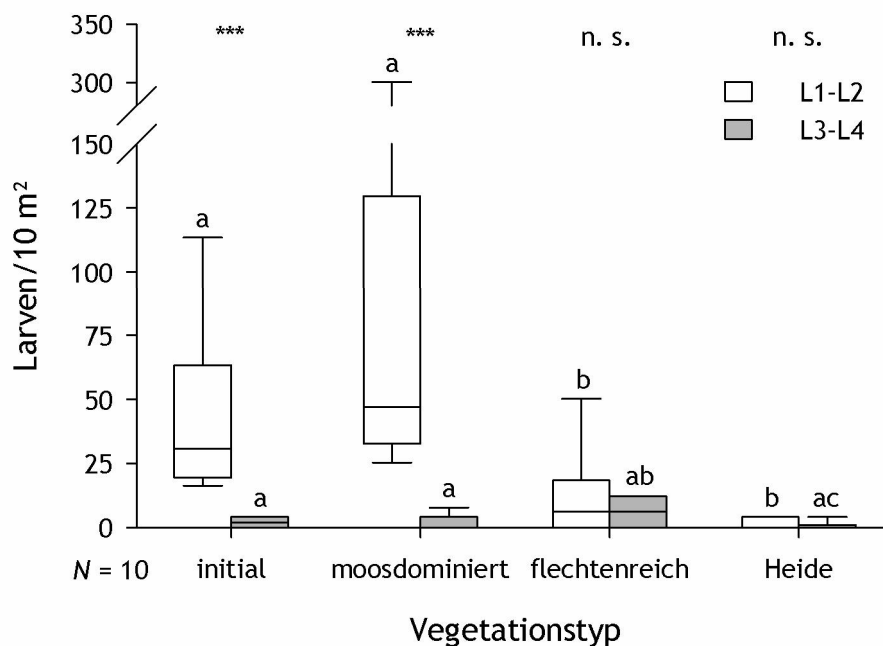


Abb. 3:

Dichten der frühen (L1–L2) sowie späten (L3–L4) Larvalstadien von *Myrmeleotettix maculatus* und ihre Verteilung auf die Vegetationstypen (initial = initiale Silbergrasflur, moosdominiert = gereifte Silbergrasflur mit *Campylopus introflexus*, flechtenreich = gereifte, flechtenreiche Silbergrasflur, Heide = Zwergstrauchheide). Unterschiede zwischen den Larvalstadien innerhalb eines Vegetationstyps (Sternsymbolik) nach MWU-Test ($\alpha = 0,05$). Test auf Signifikanz für junge ($\chi^2 = 26,720$; $FG = 3$; $P \leq 0,001$) und alte Larven ($\chi^2 = 8,733$; $FG = 3$; $P = 0,029$) mit KWH-Test und nachgeschalteten MWU-Test-Vergleichen (B-Y-korrigiert auf $\alpha = 0,02041$). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n. s. = nicht signifikante Werte. Ausreißer sowie Extremwerte sind nicht dargestellt. Weitere Erläuterungen im Text.

Die Dichten junger Larven von *M. maculatus* waren in den initialen Silbergrasfluren und in den moosbedeckten Silbergrasfluren signifikant höher als die älterer Larven (Abb. 3, Sternsymbolik). Die gereiften, flechtenreichen Silbergrasfluren und die Zwergstrauchheiden wiesen hingegen in beiden Durchgängen ähnlich geringe Larvenzahlen auf. Von den frühen Larvalstadien von *M. maculatus* wurden die Initial- und Moosflächen bevorzugt aufgesucht (Abb. 3, weiße Säulen mit Kleinbuchstaben). Die Abundanz der späten Larvalstadien ist auf den flechtenreichen PF signifikant höher als auf den Heideflächen, unterscheidet sich allerdings nicht von den anderen beiden Vegetationstypen (Abb. 3, graue Säulen mit Kleinbuchstaben).

Für die jungen Larven von *P. albopunctata* wurden die maximalen Dichten in den moosbedeckten Silbergrasfluren sowie minimale Dichten in der Zwergstrauchheide nachgewiesen (Abb. 4, Kleinbuchstaben).

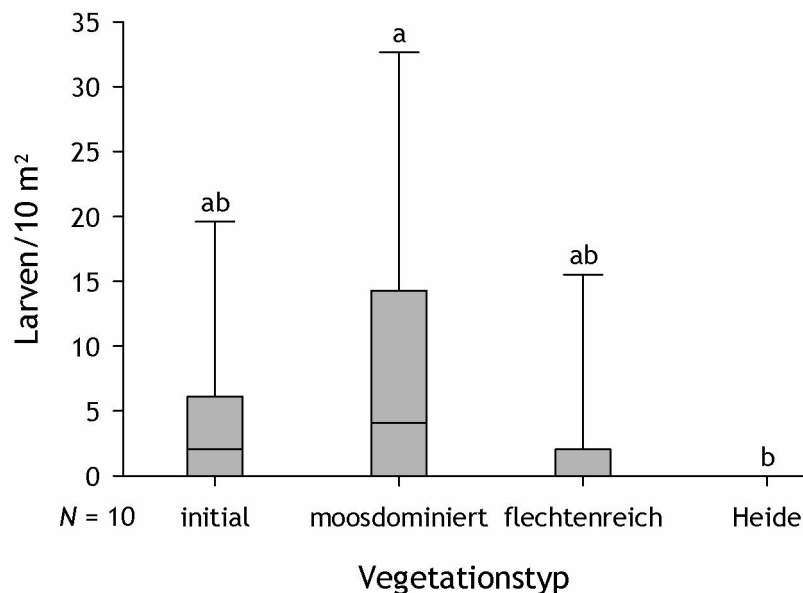


Abb. 4:

Dichten gefangener junger Larven (L1–L2) von *Platycleis albopunctata* und ihre Verteilung auf die Vegetationstypen (initial = initiale Silbergrasflur, moosdominiert = gereifte Silbergrasflur mit *Campylopus introflexus*, flechtenreich = gereifte, flechtenreiche Silbergrasflur, Heide = Zwergstrauchheide).. Test auf Signifikanz mit KWH-Test ($\chi^2 = 9,293$; $FG = 3$; $P = 0,021$). Unterschiede zwischen den Gruppen wurden anhand von multiplen MWU-Test-Vergleichen durchgeführt (B-Y-korrigiert auf $\alpha = 0,02041$). Ausreißer sowie Extremwerte sind nicht dargestellt.

Mikrohabitate junger und alter Larven der Gefleckten Keulenschrecke

Die Horizontalstruktur der von den frühen Larvalstadien besiedelten Mikrohabitate zeichnet sich im Vergleich zu den unbesiedelten Flächen durch einige höchst signifikante Parameter aus (Abb. 5 a): ein höherer Rohbodenanteil bei gleichzeitig geringerer Vegetationsbedeckung, eine geringe Streuauflage und ein Fehlen der Strauchschicht. Die Feldschichtdeckung ist dagegen höher in Lebensräumen der jungen Larven. Die Anteile an Flechten und Moosen sind gering und unterscheiden sich nicht von den Nullproben. Der Vergleich der Vertikalstruktur zeigt

eine signifikante Präferenz der Junglarven für Standorte mit einer geringen horizontalen Vegetationsdichte in allen gemessenen Höhen (Abb. 6 a). Zudem wiesen die Mikrohabitate eine niedrigere Mooschicht auf als die Nullproben (Abb. 7 a).

Auch die Mikrohabitate der späten Larvalstadien haben eine signifikant höhere Deckung der Feldschicht gegenüber den Nullproben. Zudem ist der Anteil an Moosen, Flechten und des Rohbodens höher in den Mikrohabitaten. Demgegenüber zeichnen sich die Mikrohabitate durch eine geringere Strauch-, Streuschicht und Gesamtvegetationsbedeckung aus (Abb. 5 b). Die horizontale Vegetationsdichte in Bodennähe ist im Vergleich zu den NP signifikant geringer (Abb. 6 b). Die Höhe der Strauchschicht tendiert gegen null, wohingegen die zunehmende Höhe der Flechtenpolster einen höchst signifikanten, positiven Einfluss auf das Vorkommen der alten Larven ausübt (Abb. 7 b).

Die Habitate der Altlarven weisen bei der Gegenüberstellung mit den frühen Stadien eine signifikant höhere Gesamtbedeckung der Vegetation mit höheren Deckungsgraden der Flechten-, Streu- und Strauchschicht sowie insgesamt eine höhere und dichtere Vegetationsstruktur auf.

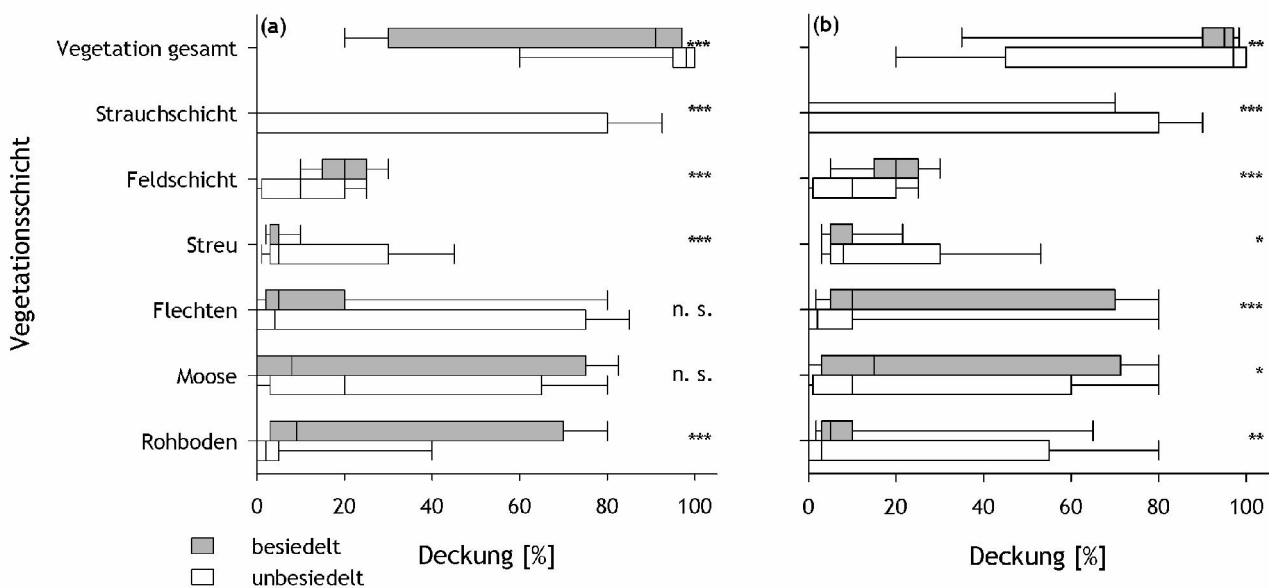


Abb. 5: Vergleich der Horizontalstruktur der Mikrohabitate (MHA) der Larven von *Myrmeleotettix maculatus* mit den Nullproben (NP). **(a)** Junge Larven (L1–L2). MHA: $N = 144$; NP: $N = 174$. **(b)** Alte Larven (L3–L4). MHA: $N = 126$; NP: $N = 156$. Tests auf Unterschiede erfolgten mit MWU-Test ($\alpha = 0,05$). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n. s. = nicht signifikante Werte. Ausreißer sowie Extremwerte sind nicht dargestellt.

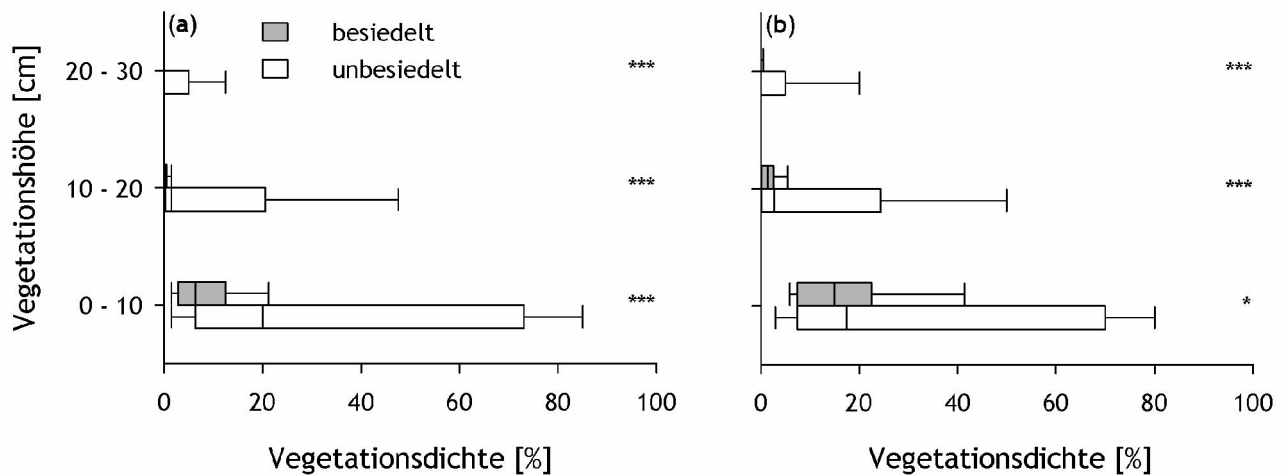


Abb. 6: Vergleich der horizontalen Vegetationsdichte der Mikrohabitate (MHA) der Larven von *Myrmeleotettix maculatus* mit den Nullproben (NP). **(a)** Junge Larven (L1–L2). MHA: $N = 144$; NP: $N = 174$. **(b)** Alte Larven (L3–L4). MHA: $N = 126$; NP: $N = 156$. Tests auf Unterschiede erfolgten mit MWU-Test ($\alpha = 0,05$). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n. s. = nicht signifikante Werte. Ausreißer sowie Extremwerte sind nicht dargestellt.

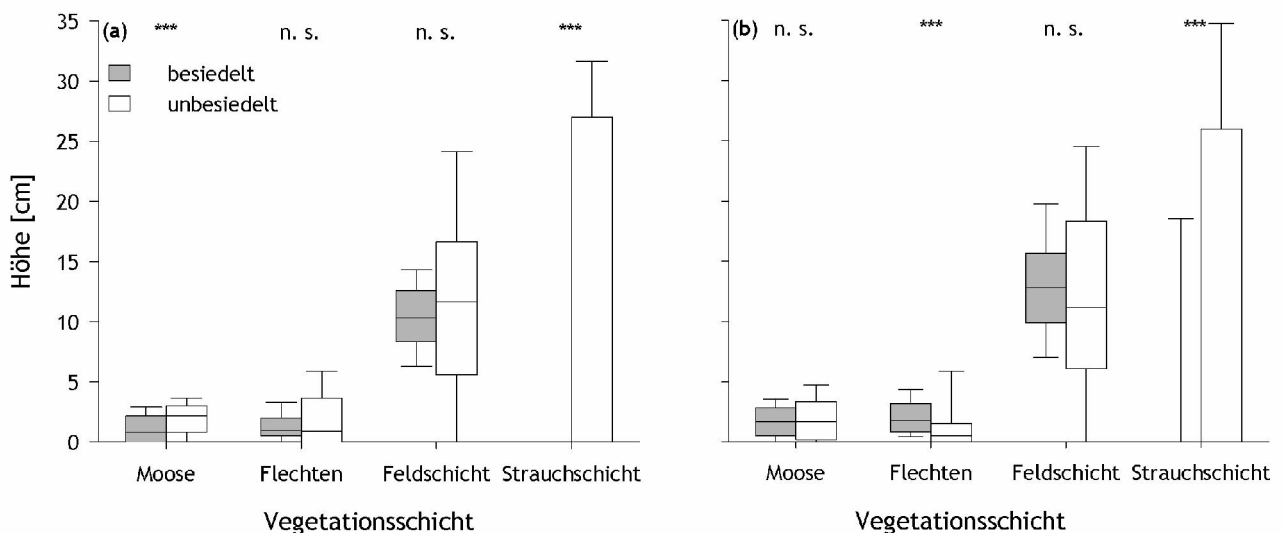


Abb. 7: Höhe der Vegetation in den von den Larven von *Myrmeleotettix maculatus* besiedelten (MHA) und unbesiedelten (NP) Mikrohabitaten. **(a)** Junge Larven (L1–L2). MHA: $N = 144$; NP: $N = 174$. **(b)** Alte Larven (L3–L4). MHA: $N = 126$; NP: $N = 156$. Tests auf Unterschiede erfolgten mit MWU-Test ($\alpha = 0,05$). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n. s. = nicht signifikante Werte. Ausreißer sowie Extremwerte sind nicht dargestellt.

Mikrohabitate junger und alter Larven der Westlichen Beißschrecke

Beim Vergleich der MHA mit den Nullproben zeigt sich für die jungen Beißschreckenlarven eine Bevorzugung rohbodenreicher Standorte mit einer höchst signifikant geringeren Vegetationsbedeckung und Mooschicht (und ohne Strauchschicht). Demgegenüber ist der Deckungsgrad der Feldschicht signifikant höher als auf den unbesiedelten Flächen (Abb. 8 a). Moose waren bei den MHA niedriger als in den Nullproben (Abb. 9 a).

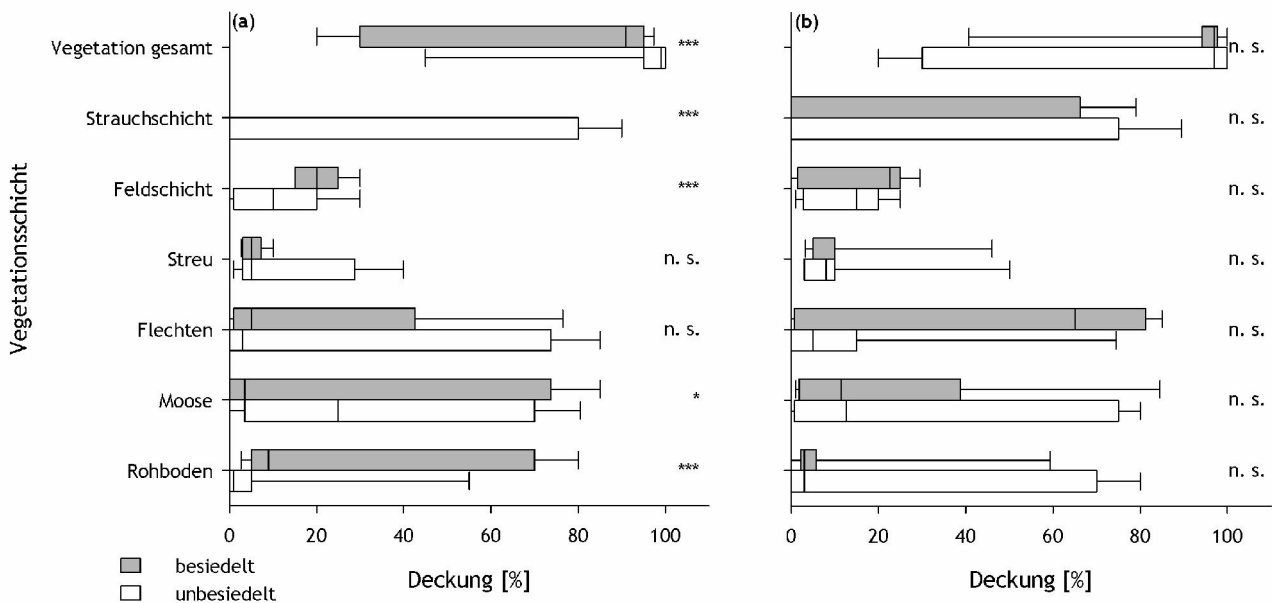


Abb. 8: Vergleich der Horizontalstruktur der Mikrohabitate (MHA) der Larven von *Platycleis albopunctata* mit den Nullproben (NP). **(a)** Junge Larven (L1–L3). MHA: $N = 36$; NP: $N = 108$. **(b)** Alte Larven (L4–L7). MHA: $N = 10$; NP: $N = 30$. Tests auf Unterschiede erfolgten mit MWU-Test ($\alpha = 0,05$). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n. s. = nicht signifikante Werte. Ausreißer sowie Extremwerte sind nicht dargestellt.

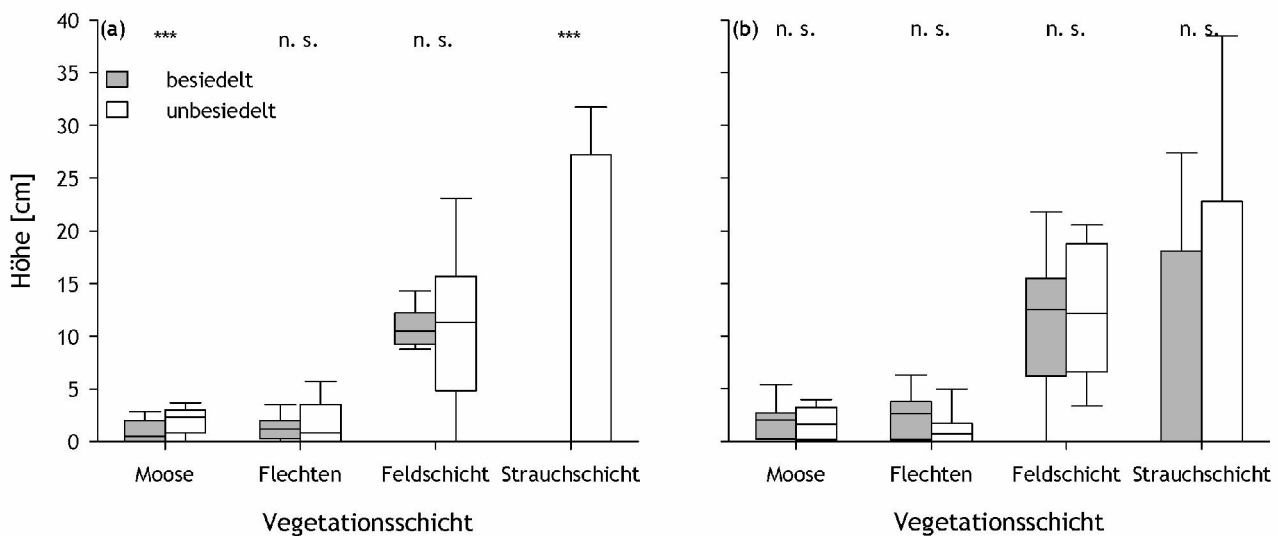


Abb. 9: Höhe der Vegetation in den von den Larven von *Platycleis albopunctata* besiedelten (MHA) und unbesiedelten (NP) Mikrohabitaten. **(a)** Junge Larven (L1–L3). MHA: $N = 36$; NP: $N = 108$. **(b)** Alte Larven (L4–L7). MHA: $N = 10$; NP: $N = 30$. Tests auf Unterschiede erfolgten mit MWU-Test ($\alpha = 0,05$). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n. s. = nicht signifikante Werte. Ausreißer sowie Extremwerte sind nicht dargestellt.

Die horizontale Vegetationsdichte in den Höhen 0–10, 10–20 und 20–30 cm ist in den Mikrohabitaten der Junglarven signifikant geringer als an den Stellen ohne Larvenvorkommen (Abb. 10 a). Bei den späten Larvalstadien ergeben sich hinsichtlich der Horizontalstruktur, der Vegetationshöhen sowie der horizontalen

Vegetationsdichte keine signifikanten Unterschiede. Es lässt sich eine Verschiebung der Habitatansprüche hin zu höheren Deckungsgraden von Moosen, Flechten und Zwergsträuchern mit höherem Wuchs erkennen (Abb. 8 b, Abb. 9 b). Die Vegetationsdichte in den bodennahen Schichten ist demzufolge an den Standorten der alten Larven erkennbar höher und übertrifft in den Höhen von 0–10 und 10–20 cm diejenige der unbesiedelten Stellen (Abb. 10 b).

Im Vergleich zu den frühen Entwicklungsstadien halten sich die Altlarven von *P. albopunctata* auf Flächen mit einer signifikant höheren Vegetations- sowie Strauchschichtdeckung und, damit einhergehend, einer höheren horizontalen Vegetationsdichte auf.

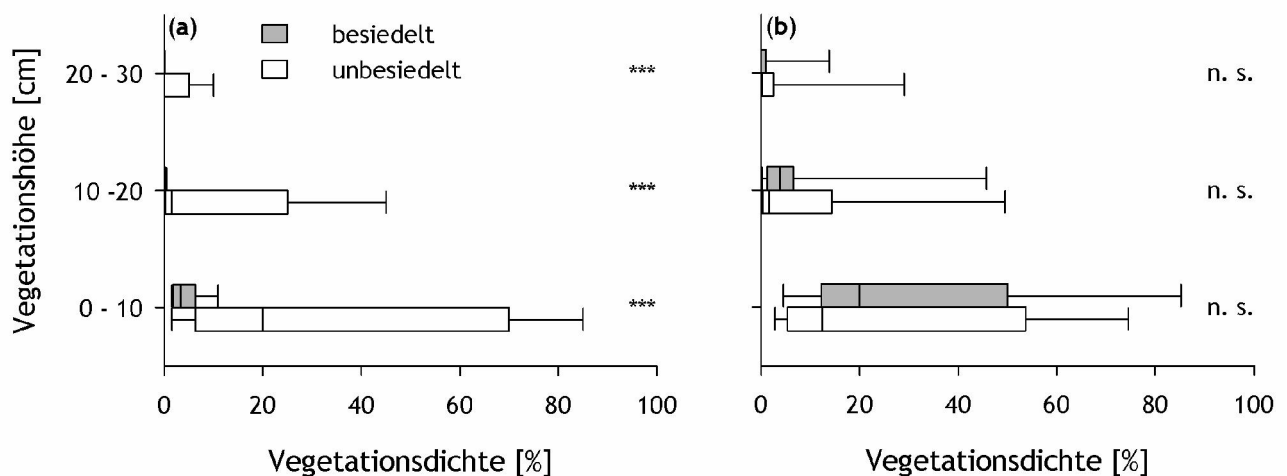


Abb. 10:

Vergleich der horizontalen Vegetationsdichte der Mikrohabitate (MHA) der Larven von *Platycleis albopunctata* mit den Nullproben (NP). **(a)** Junge Larven (L1–L3). MHA: $N = 36$; NP: $N = 108$. **(b)** Alte Larven (L4–L7). MHA: $N = 10$; NP: $N = 30$. Tests auf Unterschiede erfolgten mit MWU-Test ($\alpha = 0,05$). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n. s. = nicht signifikante Werte. Ausreißer sowie Extremwerte sind nicht dargestellt.

Diskussion

Myrmeleotettix maculatus war bei der quantitativen als auch in der qualitativen Bestandsaufnahme die klar dominierende Art gegenüber *Platycleis albopunctata*. *M. maculatus* ist eine Kennart der Silbergrasfluren und findet in den offenen Graudünen optimale Habitate vor (RABELER 1955, KÖHLER & REINHARDT 2002, FARTMANN 1997, SCHIRMEL et al. 2010b). Als Pionierart besiedelt sie auch geeignete Lebensräume von nur sehr geringer Größe in isolierter Lage oder an gestörten Stellen, wie entlang von Wegen (DETZEL 1998, SCHIRMEL et al. 2010b).

Die Eier werden bevorzugt an wärmebegünstigten Rohbodenstellen abgelegt (WALOFF 1950, LENSINK 1963), die im Untersuchungsgebiet insbesondere in den vegetationsarmen Stadien der initialen Silbergrasfluren zu finden sind. Dass die Aufenthaltsorte junger Larven als Indikator für den Eiablageplatz gelten (OSCHMANN 1973, CHERRILL & BROWN 1992), kann mit der vorliegenden Untersuchung teilweise bestätigt werden. Die hohen Individuendichten wie auch die große Anzahl an MHA für die jungen Larven der Gefleckten Keulenschrecke in den Initial-

dünen, sprechen für diese Tatsache. Wie unsere Ergebnisse zeigen, halten sich die jungen Feldheuschreckenlarven bevorzugt an rohbodenreichen Stellen mit einer spärlichen Vegetationsbedeckung auf. Für die Larvalentwicklung der kleinen Tiere ist die hohe Umgebungstemperatur dieser Bereiche förderlich (WILLOTT & HASSALL 1998). Der Aufenthalt in oder in unmittelbarer Nähe zu Silbergrashorsten bietet den Larven Schutz und Nahrung (WALLASCHEK 1995). Dies könnte auch den relativ hohen Deckungsgrad der Feldschicht in den Mikrohabitaten erklären. Ein Großteil der jungen Larven wurde demgegenüber qualitativ sowie mehr noch quantitativ auf den Kaktusmoosflächen nachgewiesen. Wie Eiablagebeobachtungen in einer Laborstudie vermuten lassen (eigene Daten) nutzen die Weibchen von *M. maculatus* wahrscheinlich die Moospolster als Eiablage-substrat. Diese Vermutung wird durch die hohen festgestellten Individuendichten unterstützt.

Da die Vegetationstypen in der Dünenheide kleinräumig miteinander verzahnt sind, könnte die Besiedelung auch Ausdruck eines gerichteten Habitatwechsels der Larven nach dem Schlupf aufgrund besserer Lebensbedingungen sein. Die frühen Larvalstadien, insbesondere von Feldheuschrecken, zeigen oftmals ein sehr aktives Mobilitätsverhalten (HARZ 1957, eig. Beob.), wengleich die geringe Individuengröße und die Flugunfähigkeit eine Ausbreitung zunächst in Grenzen hält. Die Zerstreuung über ein größeres Areal, tageszeitliche bzw. witterungsbedingte Ortsveränderungen oder gar saisonale Wanderungen der verschiedenen Entwicklungsstadien zwischen Schlupf-, Nahrungs- und Eiablageorten sind für Orthopteren bereits von verschiedenen Autoren beschrieben worden (HARZ 1957, OSCHMANN 1973, SÄNGER 1977, CHERRILL & BROWN 1990, INGRISCH & KÖHLER 1998, SCHUHMACHER & FARTMANN 2003), u.a. auch für die Gefleckte Keulenschrecke (LENSINK 1963). Das Vorkommen der Art in moosreichen Lebensräumen mit kurzem Rasen hebt DETZEL (1998) hervor. Die monotonen Kaktusmoosteppiche verfügen über eine zwar etwas höhere, jedoch geringer ausgeprägte, artenarme Feldschicht. Die Nutzung von *Corynephorus canescens* als Fraßpflanze konnte, anders als von RABELER (1947), von LENSINK (1963) und ZEHM (1997) für *M. maculatus* nicht nachgewiesen werden, wohl aber der Fraß an anderen Gräsern, wie *Carex arenaria*, und an Moos. Im Gegensatz zu *Campylopus introflexus* beeinflussen dichte Bestände an Rentierflechten oder Zwergsträuchern das Auftreten der jungen Keulenschreckenlarven negativ. Der hohe Deckungsgrad der Vegetation hindert eine erfolgreiche Reproduktion (WILLOTT & HASSALL 1998).

Für die während der Geländearbeit erfassten jungen Individuen ist eine Einwanderung aus geeigneteren Eiablagehabitaten wahrscheinlich. Die flechtenreichen Silbergrasfluren weisen mitunter kleine Störstellen mit offenem Boden auf und bieten durch ihre artenreiche Kraut- und Grasschicht ein attraktives Nahrungsangebot neben strukturbedingten, sehr guten Versteckmöglichkeiten. Der Aufenthalt der Larven in der Heide beschränkt sich zumeist auf gestörte Stellen mit abgestorbenen *Calluna*- oder *Empetrum*-Pflanzen (eig. Beob.). Mit zunehmendem Alter und zunehmender Größe suchen die Larven der Keulenschrecke vermehrt die Bereiche dichter Vegetation auf (vgl. LENSINK 1963). Höhere Feldschichtdeckungen dürften im Laufe der Vegetationsperiode eine größere Bedeutung für

die Larven gewinnen, jedoch nehmen auch die Anteile an Flechten und Moosen einen größeren Stellenwert im Lebensraum der alten Larven ein. Innerhalb der Vegetationstypen zeigt sich eine Präferenzverschiebung von den initialen zu den flechtenreichen Silbergrasfluren. Die Besiedelung der Moosflächen ist nach wie vor ausgeprägt und die Zwergstrauchheiden werden etwas stärker besiedelt. Abgesehen von der Nahrung und dem Schutz vor Prädatoren dienen die dichteren Bestände den Tieren, gerade in den strahlungsintensiven Sommermonaten, aufgrund ihres kühleren Mikroklimas als Rückzugsraum bei extrem hohen Temperaturen (LENSINK 1963). Auch bei kräftigem Wind und starken Niederschlägen wird die schützende Vegetation aufgesucht (LENSINK 1963, OSCHMANN 1973).

Dennoch sind die Individuendichten der alten Larven insgesamt weitaus geringer. Naturgemäß stirbt ein Teil der Orthopterenlarven während der Entwicklung (INGRISCH & KÖHLER 1998). Andererseits offenbart sich eventuell ein methodisches Problem. Die Erfassung erfolgte auf strukturell homogenen PF. Den eigenen Beobachtungen bzw. LENSINK (1963) folgend, hielten sich die noch zahlreichen Individuen von *M. maculatus* bevorzugt in Bereichen heterogener Struktur, wie entlang von Wegen, an gestörten Stellen oder in Randbereichen verschiedener Vegetationstypen, auf. Das Auftreten der späten Larvalstadien, und vermutlich auch das der Imagines, wird wahrscheinlich durch ein kleinräumiges Nebeneinander von Rohbodenstellen und dichter Vegetation bestimmt, das das Aufsuchen des je nach Tageszeit oder Witterung günstigsten Mikroklimas ermöglicht (LENSINK 1963). Zur Eiablage suchen die adulten Weibchen wiederum die lückigen Silbergrasbestände auf (LENSINK 1963) und schließen somit den arteigenen Lebenszyklus ab.

Die Westliche Beißschrecke zeigt in der Dünenheide ein frequentes Auftreten. Der Nachweis der Larven gelang auf den PF jedoch nur in geringem Maße. Laubheuschrecken kommen in geeigneten Lebensräumen in weitaus geringeren Populationsdichten als Feldheuschrecken vor (INGRISCH & KÖHLER 1998). Die sehr heterogene Verteilung erschwert eine Erfassung, insbesondere mit dem IQ (GOTTSCHALK et al. 1999). Darüber hinaus beeinträchtigt das ausgeprägte Fluchtverhalten, v.a. der älteren Larven von *P. albopunctata*, den Fangerfolg (WALTER 1994). Da die Eiablage der Beißschrecke vorzugsweise in vegetationsarmen Bereichen erfolgt (GOTTSCHALK 1998), sind die frühen Larvalstadien vergleichsweise gut zu erfassen. Sie meiden die Zwergstrauchheiden und besiedeln die offenen Graudünenbereiche. In Übereinstimmung mit den Eiablageplätzen, hielten sich die jungen Larven häufig in den Initialdünen auf. Das warme Mikroklima der Rohbodenstellen (JAKOVLEV 1959, LENSINK 1963, OSCHMANN 1973) begünstigt die Embryonal- wie auch die Larvalentwicklung der xerothermen Heuschreckenart (INGRISCH 1978, GOTTSCHALK et al. 2003). Die noch geringe Größe reduziert das Prädationsrisiko. Ein Großteil der Eier wird jedoch auch in Moospolstern, ein kleinerer in den Rentierflechten abgesetzt (GOTTSCHALK 1998, eigene Daten). Folglich konnten die jungen Larven in den entsprechenden Vegetationstypen, die mit einer höheren Deckungs- sowie Nahrungsverfügbarkeit aufwarten (s.o.), in nennenswerter Zahl erfasst werden. Demgegenüber zeigt die Auswertung der MHA die Bindung der Tiere an rohbodenreiche, gut durchdringbare Standorte mit geringen Moos- sowie Flechtenanteilen.

Eine gewisse Deckung durch Gräser bzw. Kräuter muss jedoch gegeben sein. Um dem Wärmeanspruch der Larven gerecht zu werden, ist eine gezielte Besiedelung lückiger Standorte innerhalb der homogenen PF vorstellbar, die über freigelegte Bodenstellen verfügen und sich in direkter Nachbarschaft zu Futterpflanzen, wie *Spergula morisonii* (eig. Beob.), befinden. Moose sind als Nahrungsquelle für die Art bisher nicht bekannt (GOTTSCHALK 1998). Die alten Larven von *P. albopunctata* zeigen, ähnlich wie dieselben Stadien der Keulenschrecke, einen Habitatwechsel. Die Initial- und Moosflächen werden von ihnen nicht oder kaum besiedelt. Dafür halten sie sich vermehrt in den flechtenreichen Silbergrasfluren und Zwergstrauchheiden auf, die ihnen Nahrung und Deckung vor Feinden sowie Schutz vor extremen Witterungsbedingungen bieten (GOTTSCHALK 1998). Das Vorkommen in der Heide beschränkt sich dabei meist auf die Ränder in der Nähe zu offenen Graudünenbereichen (HEIN et al. 2007, SCHIRMEL et al. 2010b). Als Nahrungs- und potentiell Eiablagehabitat der späten Larvalstadien bzw. Imagines kommt den von Flechten bewachsenen Flächen eine besondere Bedeutung zu. Die Eiablage findet jedoch bevorzugt an Rohbodenstellen statt, die die Weibchen im Schutze der Dunkelheit aufsuchen (GOTTSCHALK 1998).

Danksagung

Wir danken dem *Nationalparkamt Vorpommern* und dem *Staatlichen Amt für Umwelt und Natur Stralsund* für die Erteilung der Betretungs- und Untersuchungsgenehmigung für die Feldarbeit in der *Dünenheide*. Die Untersuchung wurde finanziell durch die Bauer-Hollmann-Stiftung unterstützt und ist Teil des Forschungsprojektes *Biodiversity, Ecology and Management of Coastal Habitats of the Baltic Sea*.

Verfasser:

Yvonne Wunsch

Diepenbrockstr. 40

48145 Münster

E-Mail: yvonne_wuensch@gmx.de

Jens Schirmel

Biologische Station Hiddensee

Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

Biologenweg 15

18565 Kloster/Insel Hiddensee

E-Mail: jens_schirmel@web.de

PD Dr. Thomas Fartmann

AG Biozönologie, Institut für Landschaftsökologie

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Robert-Koch-Str. 26

48149 Münster

E-Mail: fartmann@uni-muenster.de

Literatur

- BEHRENS, M. & FARTMANN, T. (2004): Die Heuschreckengemeinschaften isolierter Schieferkuppen der Medebacher Bucht (Südwestfalen/Nordhessen). – *Tuexenia* 24: 303–327.
- BROCKSIEPER, R. (1978): Der Einfluss des Mikroklimas auf die Verbreitung der Laubheuschrecken, Grillen und Feldheuschrecken im Siebengebirge und auf dem Rodderberg bei Bonn (Orthoptera: Saltatoria). – *Decheniana Beihefte* 21: 1–141.
- CHERRILL, A.J. & BROWN, V.K. (1990): The habitat requirements of adults of the Wart-biter *Decticus verrucivorus* (L.) (Orthoptera: Tettigoniidae) in Southern England. – *Biological Conservation* 53: 145–157.
- CHERRILL, A.J. & BROWN, V.K. (1992): Ontogenetic changes in the micro-habitat preferences of *Decticus verrucivorus* (Orthoptera: Tettigoniidae) at the edge of its range. – *Ecography* 15: 37–44.
- CORAY, A. & LEHMANN, A.W. (1998): Taxonomie der Heuschrecken Deutschlands (Orthoptera): Formale Aspekte der wissenschaftlichen Namen. – *Articulata, Beiheft* 7: 63–152.
- DETZEL, P. (1998): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. (Ulmer), Stuttgart (Hohenheim); 580 S.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2006): Klimadaten Deutschland. Mittelwerte des Niederschlags für den Zeitraum 1961–1990. – <http://www.dwd.de>. Abgerufen am 19.01.2010.
- FARTMANN, T. (1997): Biozöologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna auf Magerasen im Naturpark Märkische Schweiz (Ostbrandenburg). – In: MATTES, H. (Hrsg.): Ökologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna in Brandenburg und Westfalen. – *Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie* 3: 1–62.
- GARDINER, T., HILL, J. & CHESMORE, D. (2005): Review of the methods frequently used to estimate the abundance of Orthoptera in grassland ecosystems. – *Journal of Insect Conservation* 9: 151–173.
- GOTTSCHALK, E. (1998): Habitatbindung und Populationsökologie der Westlichen Beißschrecke (*Platycleis albopunctata*, GOEZE 1778) (Orthoptera: Tettigoniidae): Eine Grundlage für den Schutz der Art. (Cuvillier), Göttingen; 91 S.
- GOTTSCHALK, E., GRIEBELER, E.M., WALTERT, M. & MÜHLENBERG, M. (2003): Population dynamics in the Grey Bush Cricket *Platycleis albopunctata* (Orthoptera: Tettigoniidae) – What causes interpopulation differences? – *Journal of Insect Conservation* 7: 45–58.
- GOTTSCHALK, E., SCHMELLER, D. & HEIDENREICH, A. (1999): PVA-Fallbeispiel 3: Analyse der Gefährdungsursachen von Tiergruppen mittlerer Mobilität am Beispiel der Westlichen Beißschrecke (*Platycleis albopunctata*). – In: AMLER, K., BAHL, A., HENLE, K., KAULE, G., POSCHLOD, P. & SETTELE, J. (Hrsg): Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis. Isolation, Flächenbedarf und Biotopansprüche von Pflanzen und Tieren. (Ulmer), Stuttgart (Hohenheim); 336 S.: 172–179.
- HARZ, K. (1957): Die Geradflügler Mitteleuropas. (Gustav Fischer), Jena; 495 S.
- HEIN, S., VOSS, J., POETHKE, H.-J. & SCHRÖDER, B. (2007): Habitat suitability models for the conservation of thermophilic grasshoppers and bush crickets – simple or complex? – *Journal of Insect Conservation* 11: 221–240.
- INGRISCH, S. (1977): Beitrag zur Kenntnis der Larvenstadien mitteleuropäischer Laubheuschrecken (Orthoptera: Tettigoniidae). – *Zeitschrift für angewandte Zoologie* 64 (4): 459–501.
- INGRISCH, S. (1978): Zum Verhalten mitteleuropäischer Laubheuschrecken in Temperatur- und Feuchtegradienten sowie gegenüber visuellen Reizen (Orthoptera: Tettigoniidae). – *Deutsche Entomologische Zeitschrift, N. F.* 25 (4/5): 349–360.

- INGRISCH, S. (1979): Experimentell-ökologische Freilanduntersuchungen zur Monotopbindung der Laubheuschrecken (Orthoptera: Tettigoniidae) im Vogelsberg. – Beiträge zur Naturkunde in Osthessen 15: 33–95.
- INGRISCH, S. & BOEKHOLT, I. (1983): Zur Wahl des Eiablageplatzes durch mitteleuropäische *Salatoria*. – Zoologische Beiträge, N.F. 28: 33–46.
- INGRISCH, S. & KÖHLER, G. (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. – Die neue Brehm-Bücherei, Bd. 629. (Westarp Wissenschaften), Magdeburg; 460 S.
- JAKOVLEV, V. (1959): Mikroklimatische Untersuchungen in einigen Acrididenbiotopen. – Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere 48: 89–101.
- KETNER-OOSTRA, R. & SÝKORA, K.V. (2004): Decline of lichen-diversity in calcium-poor coastal dune vegetation since the 1970s, related to grass and moss encroachment. – *Phytocoenologia* 34 (4): 521–549.
- KÖHLER, G. & REINHARDT, K. (2002): Zur Heuschreckenfauna der Insel Hiddensee (Mecklenburg-Vorpommern) (Insecta: Ensifera et Caelifera). – Faunistische Abhandlungen, Staatliches Museum für Tierkunde Dresden 22: 229–248.
- KRATOCHWIL, A. & SCHWABE, A. (2001): Ökologie der Lebensgemeinschaften: Biozönologie. (Ulmer), Stuttgart (Hohenheim); 756 S.
- LENSINK, B.M. (1963): Distributional ecology of some Acrididae (Orthoptera) in the dunes of Voorne, Netherlands. – *Tijdschrift voor Entomologie* 106: 357–443.
- MARCHAND, H. (1953): Die Bedeutung der Heuschrecken und Schnabelkerfe als Indikatoren verschiedener Graslandtypen. – Beiträge zur Entomologie 3 (1/2): 116–162.
- MEYNEN, E., SCHMITHÜSEN, J., GELLERT, J.F., NEEF, E., MÜLLER-MINY, H. & SCHULTZE, J.H. (Hrsg.) (1965): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands, 7. Lieferung, Bd. 2. – Veröffentlichungen des Instituts für Landeskunde und des deutschen Instituts für Länderkunde. (Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung), Bad Godesberg; S. 884–1090.
- MÖBUS, G. (2000): Geologie der Insel Hiddensee (südliche Ostsee) in Vergangenheit und Gegenwart – eine Monographie. – Greifswalder geowissenschaftliche Beiträge 8: 1–130.
- NARUM, S.R. (2006): Beyond Bonferroni: Less conservative analyses for conservation genetics. – *Conservation Genetics* 7: 783–787.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. – (Ulmer), 8., stark überarb. und erg. Aufl., Stuttgart (Hohenheim); 1051 S.
- OSCHMANN, M. (1969): Bestimmungstabellen für die Larven mitteleuropäischer Orthopteren. – Deutsche entomologische Zeitschrift, N.F. 16 (1/3): 277–291.
- OSCHMANN, M. (1973): Untersuchungen zur Biotopbindung der Orthopteren. – Faunistische Abhandlungen, Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden 4 (21): 177–206.
- RABELER, W. (1947): Die Tiergesellschaft der trockenen Callunaheiden in Nordwestdeutschland. – Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover 94–98: 357–375.
- RABELER, W. (1955): Zur Ökologie und Systematik von Heuschreckenbeständen nordwestdeutscher Pflanzengesellschaften. – Mitteilungen der floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft 5: 184–192.
- REMKE, E., BROUWER, E., KOOIJMAN, A., BLINDOW, I., ESSELINK, H. & ROELOFS, J.G.M. (2009): Even low to medium nitrogen deposition impacts vegetation of dry, coastal dunes around the Baltic Sea. – *Environmental Pollution* 157 (3): 792–800.

- SÄNGER, K. (1977): Über die Beziehungen zwischen Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) und der Raumstruktur ihrer Habitate. – Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tiere 104: 433–488.
- SCHIRMEL, J., BUCHHOLZ, S. & FARTMANN, T. (2010a): Is pitfall trapping a valuable sampling method for grassland Orthoptera? – Journal of Insect Conservation: 14: 289–296.
- SCHIRMEL, J., BLINDOW, I. & FARTMANN, T. (2010b): The importance of habitat mosaics for Orthoptera (Caelifera and Ensifera) in dry heathlands. – European Journal of Entomology 107: 129–132.
- SCHIRMEL, J., TIMLER, L. & BUCHHOLZ, S. (2010): Impact of the invasive moss *Campylopus introflexus* on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) in acidic coastal dunes at the southern Baltic Sea. – Biological Invasions.
- SCHLUMPRECHT, H. & WAEBER, G. (Bearb.) (2003): Heuschrecken in Bayern. – Stuttgart (Ulmer), 515 S.
- SCHUHMACHER, O. & FARTMANN, T. (2003): Offene Bodenstellen und eine heterogene Raumstruktur – Schlüsselrequisiten im Lebensraum des Warzenbeißers (*Decticus verrucivorus*). – Articulata 18 (1): 71–93.
- SSYMANK, A., HAUKE, U., RÜCKRIEM, C. & SCHRÖDER, E. (1998): Das europäische Schutzgebietssystem NATURA 2000 – BfN-Handbuch zur Umsetzung der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie und der Vogelschutz-Richtlinie. – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 53: 1–560.
- SUNDERMEIER, A. (1998): Methoden zur Analyse der Vegetationsstruktur. – In: TRAXLER, A. (Hrsg.): Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings. Teil A: Methoden. Umweltbundesamt Wien: 123–158.
- UM MV (Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern) (Hrsg.) (2003a): Die Naturschutzgebiete in Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin; 713 S.
- UM MV (Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern) (Hrsg.) (2003b): Gutachtliches Landschaftsprogramm Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin; 280 S. http://databases.euccd.de/files/documents/00000106_Landschaftsprogramm_M_V.pdf. Abgerufen am 19.01.2010.
- WALLASCHEK, M. (1995): Untersuchungen zur Zooökologie und Zönotopbindung von Heuschrecken (Saltatoria) im Naturraum "Östliches Harzvorland". – Articulata, Beiheft 5: 1–153.
- WALOFF, N. (1950): The egg pods of British short-horned grasshoppers (Acrididae). – Proceedings of the Royal entomological Society of London (A) 25: 115–126.
- WALTER, R. (1994): Zur Mobilität und zum Habitat von *Platycleis albopunctata* (GOEZE 1778). – Articulata 9 (1): 1–23.
- WILLOTT, S.J. & HASSALL, M. (1998): Life-history responses of British grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) to temperature change. – Functional Ecology 12: 232–241.
- WIRTH, V. & DÜLL, R. (2000): Farbatlas Flechten und Moose. – Stuttgart (Ulmer), 320 S.
- WRANIK, W., MEITZNER, V. & MARTSCHEI, T. (Bearb.) (2008): Verbreitungsatlas der Heuschrecken Mecklenburg-Vorpommerns. – Beiträge zur floristischen und faunistischen Erforschung des Landes Mecklenburg-Vorpommern, LUNGM-V, 273 S.
- WRANIK, W., RÖBBELEN, F. & KÖNIGSTEDT, D.G.W. (Bearb.) (1996): Rote Liste der gefährdeten Heuschrecken Mecklenburg-Vorpommerns. Ministerium für Landwirtschaft und Naturschutz des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin; 64 S.
- ZEHM, A. (1997): Untersuchungen zur Nahrungswahl von Heuschrecken (Orthoptera) in zwei Sand-Pioniergeellschaften der nördlichen Oberrheinebene. – Articulata 12 (2): 131–140.