

Larvalökologie des Grünen Heupferds *Tettigonia viridissima* (Orthoptera: Tettigoniidae)

Jens Schirmel & Thomas Fartmann

Abstract

In the agricultural landscape around Angermünde in north-eastern Brandenburg, a study of the larval ecology of *Tettigonia viridissima* was conducted on 47 sampling sites, chosen from 17 study patches. The sampling sites were divided into five homogeneous structure types according to the characteristics of their vegetation. Based on findings concerning occurrence and frequency, the preference of the young larvae (L1–L3) for herbaceous mesohabitats with medium plant density was demonstrated. The examination of 74 microhabitat relevés and 49 zero-samples indicated that most young larvae remain in dense vertical structures. On those sampling sites where young larvae had been detected before, older larvae (L5–L7) were caught with an open quadrat. Thus, it seems that they preferred higher and denser vegetation structures. With a maximum of 0.17 ind./m², the density of older larvae was low.

Zusammenfassung

In der Agrarlandschaft um Angermünde im Nordosten Brandenburgs wurden auf 17 Untersuchungsflächen mit insgesamt 47 Probeflächen Studien zur Larvalökologie des Grünen Heupferds (*Tettigonia viridissima*) durchgeführt. Die Probeflächen wurden hinsichtlich ihrer Vegetationsmerkmale in fünf gleichartige Strukturtypen eingeteilt. Anhand des Vorkommens und ihrer Häufigkeit zeigte sich eine eindeutige Bevorzugung der jungen Larven (L1–L3) für mittelwüchsige, nicht zu dichte und zumeist krautreiche Mesohabitate. Durch die Untersuchung von 74 Mikrohabitaten und 49 Nullproben konnte nachgewiesen werden, dass junge Larven innerhalb dieser Bestände vornehmlich dichte Vertikalstrukturen aufsuchen. Auf den Probeflächen mit Vorkommen junger Larven wurden später die älteren Larvenstadien (L5–L7) mit dem Isolationsquadrat untersucht. Hierbei deutete sich eine Bevorzugung für dichtere und höherwüchsige Vegetationsstrukturen an. Die Dichten der älteren Larven waren mit maximal 0,17 Ind./m² erwartungsgemäß gering.

Einleitung

Neben den Faktoren Klima und Boden hat die Vegetation eine entscheidende Bedeutung für das Vorkommen und die Biotopbindung von Heuschrecken. Viele Arten sind durch morphologische und verhaltensbiologische Anpassungen auf bestimmte Vegetationstypen spezialisiert (INGRISCH & KÖHLER 1998). Für die Habitatbindung gelten insbesondere Raumstruktur und Mikroklima als sich gegenseitig beeinflussende Schlüsselfaktoren für die an bestimmte Temperatur-

und Feuchteverhältnisse angepassten Saltatoria (SÄNGER 1977, INGRISCH 1978, WALLASCHEK 1995, Zusammenfassung bei INGRISCH & KÖHLER 1998). Dabei gibt es neben den artspezifischen Unterschieden auch verschiedene Habitatpräferenzen während der einzelnen Entwicklungsphasen (INGRISCH & KÖHLER 1998). Insbesondere für das Grüne Heupferd (Abb. 1) wurde die Bindung von Larven und Imagines an unterschiedliche Habitate (Stratenwechsel) u.a. von BROCKSIEPER (1976), SÄNGER (1977), KÖHLER (1987) und FARTMANN (1997) beschrieben. Um weitere Erkenntnisse über die Habitatnutzung der einzelnen Larvenstadien von *Tettigonia viridissima* zu erlangen, wurden sowohl Untersuchungen an jungen Larven als auch bei älteren Stadien durchgeführt. Zusätzlich sind im Frühjahr, zur Zeit des Auftretens der frühen Larvenstadien, die Vegetationsstrukturen erfasst worden. Anhand dieser Daten konnten verschiedene Strukturtypen mit einer jeweils charakteristischen Höhe, Schichtung und Dichte klassifiziert werden (vgl. Vorgehen bei FARTMANN 1997, BEHRENS & FARTMANN 2004, PONIATOWSKI & FARTMANN 2005).

Folgende Fragestellungen standen im Vordergrund:

- In welchen Biotop- und Vegetationstypen kommen junge Larven (L1 bis L3) vor (= Mesohabitate)?
- Wie ist deren kleinräumige Nutzung in diesen Beständen (= Mikrohabitate)?
- In welchen Dichten kommen ältere Larven (L5 bis L7) vor?
- Bevorzugen sie andere Strukturen als die frühen Stadien?



Abb. 1:

Männchen von *Tettigonia viridissima* im 2. Larvenstadium (Bild: Jens Schirmel, 17.05.2006).

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet (UG) befindet sich im Nordosten Deutschlands im Bundesland Brandenburg, nahe der deutsch-polnischen Grenze (Abb. 2). Das Zentrum bildet die Agrarlandschaft um Angermünde. Gelegen im Bereich des norddeutschen Jungmoränengebiets (BRAMER 1991, LIEDTKE & MARCINEK 2002) gehört das UG naturräumlich, mit Ausnahme der begrenzenden Unteren Oderaltaliederung im Osten sowie den dazugehörigen Sandterrassen, zum Uckermärkischen Hügelland (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1961 bzw. SCHOLZ 1962). Diese kuppige und nacheiszeitlich nur gering überformte Grundmoränenlandschaft

(SEMMELE 1996) ist gekennzeichnet durch zahlreiche Glazialformen (z.B. Kames, Sölle, Oser), Hügelgebiete (bis zu 125 m ü.NN), flachwellige Landschaften sowie durch zahlreiche Gewässer und Wälder (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1961, SEMMELE 1996). Es dominieren lehmige bis sandig-lehmige Böden. Als Bodentyp herrschen Parabraunerden und Braunerden vor (SCHULTZE 1955, MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1961, SCHOLZ 1962, SCHERF & VIEHRIG 1995, SCHMIDT 2002). Durch die Reliefunterschiede kommt es zu einer kleinräumig sehr differenzierten Verteilung der Böden: Auf Kuppen und Rücken überwiegen geringmächtige und bodentrockene Lehme, während Mulden und Senken häufig mit Sandschichten überdeckt sind (SCHMIDT 2002). Bedingt durch die relativ fruchtbaren, lehmigen Grundmoränenböden ist die dominierende Flächennutzung der Ackerbau (SCHERF & VIEHRIG 1995, FLADE et al. 2003). Die Landschaft ist besonders durch ihre jungeszeitliche Genese strukturell reich gegliedert und daher durch ein Vorkommen vieler wertvoller Biotope charakterisiert (FLADE et al. 2003).

Das UG befindet sich im Übergangsbereich vom durch Nord- und Ostsee atlantisch geprägten Klima zum eurasiatischen Kontinentalklima (MÜLLER 2002). Nach BÖER (1965) gehört es zum "stärker kontinental beeinflussten Binnentiefland" mit relativ hohen Niederschlägen im Frühjahr bzw. Frühsommer und trocken-heißen Sommern (Januarmittel: -0,9 °C; Augustmittel: 19,0 °C; Jahresniederschlag: 536 mm). Damit zählt das UG zu einem der Trockengebiete Deutschlands. Der Witterungsverlauf im Untersuchungsjahr 2006 ist SCHIRMEL & FARTMANN (2007b) in diesem Band zu entnehmen.

Methodik

Untersuchungsflächen

Im UG wurden 17 Untersuchungsflächen (UF) abgegrenzt (Abb. 2). Dabei handelt es sich um Brachflächen, Stilllegungen, Saumbiotop und Wiesen in verschiedenen Ausprägungen. Auf den UF wurden insgesamt 47 Probeflächen (PF, Größe ca. 500 m²) ausgewählt, die jeweils hinsichtlich ihrer Vegetationsdeckung, -höhe und -schichtung homogen sind (vgl. SÄNGER 1977).

Vegetation

Die Aufnahmen fanden zwischen dem 17.05. und 26.05. 2006 an jeweils repräsentativen Stellen innerhalb der PF statt. Dafür wurden Parameter zur Horizontal- und zur Vertikalstruktur aufgenommen (vgl. dazu SUNDERMEIER 1998). Zur Beschreibung der *Horizontalstruktur*, der Deckung der einzelnen Vegetationsschichten, wurden folgende Parameter geschätzt (in %):

- Gesamtdeckung der Vegetation,
- Deckungsgrade der Kryptogamen-, Streu-, Feldschicht (vgl. DIERSCHKE 1994),
- Anteil der offenen Bodenstellen.

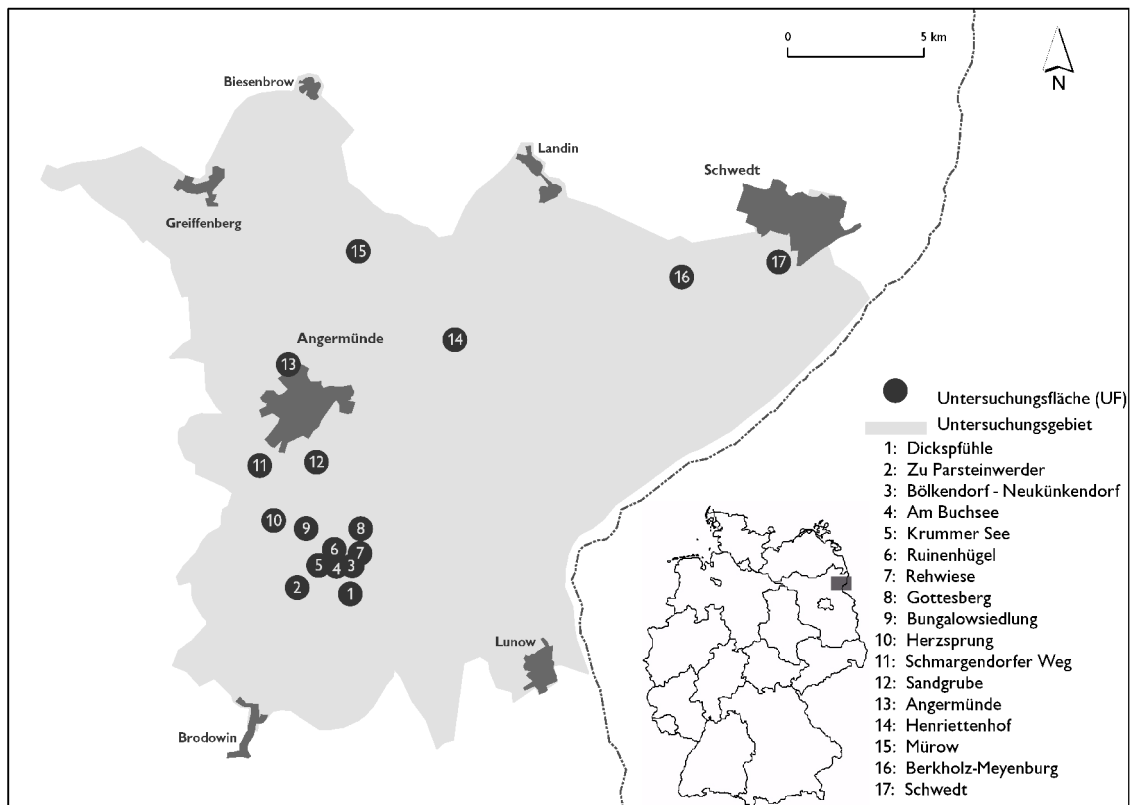


Abb. 2: Lage des Untersuchungsgebiets (UG) in Deutschland und der 17 Untersuchungsflächen (UF).

Als Hilfsmittel dienten auf DIN A4 vergrößerte und laminierte Schätztafeln (aus AG BODEN 1994 und DIERSCHKE 1994). Zur Charakterisierung der *Vertikalstruktur* wurden in den PF für jede Vegetationsschicht die durchschnittliche obere Höhe ermittelt. Gemessen wurde mit einem Zollstock und einer Genauigkeit von ca. 2 cm. Zudem wurden für die Vegetationshöhen von 0–10, 10–30 und 30–50 cm die jeweilige horizontale Vegetationsdichte (vgl. SUNDERMEIER 1998) geschätzt. Dabei kam im Gelände eine nach MÜHLENBERG (1993) veränderte Vegetationshürde zum Einsatz. Dahinter wurde in einem Abstand von 30 cm ein weißes Laken gespannt (vgl. ZEHM 1997). Zur weiteren Charakterisierung wurden die bestandsbildenden Pflanzenarten aufgenommen. Berücksichtigung fanden Arten mit einem Deckungsanteil von über 10%. Als Bestimmungsschlüssel dienten die Werke von SENGHAS & SEYBOLD (2000) und OBERDORFER (2001) sowie KLAPP & OPITZ VON BOBERFELD (2004). Zudem wurden einmalig für jede PF Inklination und Exposition (Kompass mit Neigungsmesser) erfasst.

Larvenerfassung

Während der Larvalzeit wurden in den PF zwei unterschiedliche Erfassungsmethoden angewandt:

a) Kescherfänge mit Mikrohabitat-Aufnahmen (frühe Larvenstadien)

Zwischen dem 01.05. und 01.06. 2006 wurden in den Probeflächen Mikrohabitate von jungen Larven untersucht. Unter einer Mikrohabitat-Aufnahme (MHA) wird die kleinräumige Erfassung von bestimmten Parametern um die jeweilige Fundstelle herum verstanden (FARTMANN 2004). Die Untersuchungen fanden an insgesamt 17 Tagen bei trockener Witterung zwischen 10:00 und 17:00 Uhr (MESZ)

statt. Jede Probestfläche wurde flächendeckend abgesehen. Dabei wurden stets nur so viele Kescherschläge (i.d.R. zwei bis vier) bis zur Kontrolle des Inhalts gemacht, dass ein Larvenfund einem klar abgegrenzten Bereich zugeordnet werden konnte. Bei einem Fund einer L1-, L2- oder L3-Larve bzw. einer geklumpten Larvengruppe wurden auf einer Fläche von 50 × 50 cm um den Fundort folgende Angaben gemacht (vgl. auch Vorgehen zur Beschreibung der Vegetation):

- Exposition und Inklination [°],
- Deckungsgrade [%] der Horizontalstruktur (Gesamtvegetation, Feld-, Streu- und Kryptogamenschicht),
- Mittlere Höhe der jeweiligen Schicht [cm],
- Vegetationsdichte [%] in den Höhen 0–10, 10–30 und 30–50 cm,
- bestandsbildende Pflanzen mit Deckungsanteil von über 10 %.

Zur späteren statistischen Auswertung wurden in den PF an zufällig ausgewählten Standorten Nullproben angefertigt. Bei einer Nullprobe handelte es sich um eine MHA an einer Stelle ohne Larvenvorkommen. Das Verhältnis von Nullproben zu MHA betrug für jede PF mindestens 1 zu 2.

Im Untersuchungsgebiet kommen neben dem Grünen Heupferd (Abb. 1) auch die Zwitscherschrecke *Tettigonia cantans* und das Östliche Heupferd *Tettigonia caudata* vor. Da es bislang keinen Bestimmungsschlüssel zur Unterscheidung der Larven aller drei *Tettigonia*-Arten gibt, war bei den jungen Larven zunächst keine Artbestimmung möglich. Die bei den MHA gefundenen Tiere wurden im Nachhinein, soweit möglich, durch spätere Untersuchungen zugeordnet. Eine Aufnahme konnte einer Art zugewiesen werden, wenn nur diese bei nachfolgenden Erfassungen (vgl. SCHIRMEL & FARTMANN 2007b i. d. Bd.) in einer PF (bzw. in unmittelbarer Nähe) nachgewiesen wurde. Kamen sowohl Individuen von *Tettigonia caudata* als auch von *T. viridissima* vor, so konnten die MHA aus dieser Fläche nicht sicher zugeordnet werden. Ein Vorkommen der Zwitscherschrecke *Tettigonia cantans* konnte auf Grund der feucht-kühleren Habitatansprüche der Art bereits im Voraus ausgeschlossen werden. Ebenfalls konnten später diejenigen Larven zugeordnet werden, die bei einigen MHA zu Zuchtversuchen gefangen wurden (vgl. SCHIRMEL & FARTMANN 2007b i. d. Bd.).

b) Fänge mit dem Isolationsquadrat (späte Larvenstadien)

Vom 18.06. bis 22.06. 2006 wurde eine Fangserie mit einem Isolationsquadrat (IQ) durchgeführt. Das IQ ist ein nach oben und unten offener quadratischer Fangkäfig (siehe z.B. INGRISCH & KÖHLER 1998, GARDINER et al. 2005). Es hat eine Grundfläche von 2 m² und wurde in jeder Probestfläche 15 Mal aufgestellt. Dabei wurde es stets gegen die Sonne aufgeworfen, um eine Flucht der Tiere durch Schattenwurf zu vermeiden. Für jede PF sind anhand dieser Fänge Dichteangaben für eine Fläche von 30 m² möglich. Gefangen wurde in allen PF, in denen ein Vorkommen von Larven bei den MHA nachgewiesen werden konnte sowie in den daran angrenzenden PF (auch ohne vorherige Larvennachweise). Trotz Larvennachweisen nicht beprobt wurden Probestflächen die zuvor gemäht wurden (letzte Maiwoche). Insgesamt wurden somit 22 PF befangen, jeweils bei trockenem Wetter zwischen 9:00 und 18:00 Uhr (MESZ).

Auswertung

Die Klassifikation der PF in Strukturtypen fand mit dem Statistikprogramm SPSS 11.5 statt. Dazu wurde eine hierarchische Clusteranalyse nach der Methode von Ward durchgeführt (BACHER 1994, JONGMAN et al. 1995). Als Abstandsmaß diente die quadrierte Euklidische Distanz (DEICHSEL & TRAMPISCH 1985, BACHER 1994). Zur Analyse wurden 11 Strukturvariablen verwendet: Deckung von Gesamtvegetation, Kryptogamen-, Streu- und Feldschicht sowie die jeweilige Höhe, Anteil an offenen Bodenstellen und die horizontale Vegetationsdichte in den Höhen 0–10, 10–30 und 30–50 cm. Aufgrund der unterschiedlichen Skalierungen der Variablen wurden sie zuvor z-transformiert (BACHER 1994). Die Tests auf Normalverteilung erfolgten mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test. Bei den nicht normalverteilten Daten wurde der U-Test nach Mann und Whitney angewandt. Bei mehreren Mittelwertvergleichen mit sowohl normal- als auch nicht normalverteilten Stichproben wurde ebenfalls der U-Test benutzt. Die logistische Regression wurde schrittweise vorwärts (konditional) durchgeführt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit lag bei allen Tests bei $\alpha < 5\%$ (BÄRLOCHER 1999, BÜHL & ZÖFEL 2002, KÖHLER et al. 2002).

Ergebnisse

Vegetation

Für das Frühjahr (Mai) konnten fünf Strukturtypen (= F-Typen) gebildet werden. Jeder Strukturtyp beinhaltet mehrere PF (2 bis 19). Da die Aufnahmen zu Beginn der Vegetationsperiode stattfanden, handelte es sich um frisch austreibende Vegetation. Eine (sichtbare) Bewirtschaftung fand zu diesem Zeitpunkt noch nicht statt und spielte daher für die Klassifikation keine Rolle. Die F-Typen unterscheiden sich z.T. sehr deutlich in ihrer Horizontal- und Vertikalstruktur. Dabei ist eine Abnahme der Vegetationshöhe und -dichte von F-Typ 1 zu F-Typ 5 zu erkennen. Anhand aller Strukturdaten werden die F-Typen im Folgenden kurz charakterisiert (Tab. 1).

F-Typ 1: Sehr dichte, stark verfilzte und hochwüchsige Bestände

Bestandsbildner (die Reihenfolge entspricht dem Deckungsanteil):

Obergräser (Anteil an Gesamtvegetation > 95%): *Arrhenatherum elatius*, *Elymus repens*, *Dactylis glomerata*, z.T. *Alopecurus pratensis*. Vereinzelt auftretende Hochstauden: *Tanacetum vulgare*, *Urtica dioica*, *Artemisia vulgare*.

Dieser F-Strukturtyp ist charakterisiert durch sehr dichte und hochwüchsige Bestände mit einer Gesamtdeckung von 100% (Median). Die Streubedeckung ist mit 85 bis 98% (Median: 90%) sehr hoch und erreicht Höhen zwischen 15 und 25 cm (Median: 15 cm). Stellenweise befinden sich unter der Streuschicht dichte Moospolster. Die von Obergräsern dominierte Feldschicht erreicht Mitte Mai bereits Höhen um zumeist 60 bis 70 cm (Median: 60 cm).

F-Typ 2: Dichte, verfilzte und hochwüchsige Bestände

Bestandsbildner:

Obergräser und Mittelgräser (Anteil an Gesamtvegetation > 90%): *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Elymus repens*,

Bromus sterilis. Aufkommende Hochstauden und Kräuter: *Urtica dioica*, *Tanacetum vulgare*, *Anthriscus sylvestris*, *Galium spec.*

In F-Typ 2 sind Vegetationsbestände mit einer hohen Gesamt-, Feld- und Streuschichtdeckung vereint. Offene Bodenstellen sind nahezu nicht vorhanden (Median: 2%). Die Bestände ähneln denen des F-Typs 1. Sie sind aber aufgrund des z.T. sandigen Bodensubstrats und der starken Hangneigung insgesamt weniger dicht und vor allem verfilzt. Der Median der Streuschichthöhe beträgt 5 cm.

Tab. 1: Strukturparameter der Strukturtypen (F-Typen). Angegeben sind der Median und der Mittelwert (kursiv) [bei nur einem angegebenen Wert sind beide identisch] sowie darunter das Minimum und Maximum (in Klammern).

	F-Typ				
	1	2	3	4	5
Anzahl PF	[9]	[13]	[19]	[4]	[2]
Horizontalstruktur					
Deckung [%]					
Vegetation gesamt	100 / 99,2 (95–100)	100 / 98,3 (95–100)	90 / 89,4 (75–100)	90 (85–95)	32,5 (10–55)
Feldschicht	85 / 87,2 (80–95)	90 / 87,3 (75–90)	70 / 66,3 (30–90)	42,5 / 43,8 (30–60)	5 (0–10)
Streuschicht	90 / 91,8 (85–98)	85 / 81,5 (55–95)	55 / 56,8 (10–95)	20 / 24,3 (2–55)	30 (10–50)
Kryptogamenschicht	3 / 16,9 (0–85)	0 / 1,9 (0–5)	2 / 4,1 (0–25)	72,5 (65–80)	0
Offene Bodenstellen	0 / 1 (0–5)	2 / 2,5 (0–5)	10 / 10,9 (1–25)	10 (5–15)	67,5 (45–90)
Vertikalstruktur					
Höhe [cm]					
Feldschicht	60 / 67 (48–110)	55 / 53,6 (45–60)	40 / 39,1 (20–55)	42,5 / 46,3 (40–60)	7,5 (0–15)
Streuschicht	15 / 17,2 (15–25)	5 / 6,5 (1–15)	2 / 4,0 (0–12)	1 / 2,3 (1–6)	2
Kryptogamenschicht	1 (0–2)	1 / 0,5 (0–1)	1 / 0,6 (0–1,5)	1,5 / 1,9 (1–3,5)	0
Vegetationsdichte [%]					
0–10 cm	100	100 / 98,8 (95–100)	90 / 90,3 (70–100)	37,5 / 33,8 (15–45)	7,5 (5–10)
10–30 cm	90 / 86,7 (70–100)	70 / 66,5 (35–90)	40 / 37,4 (15–85)	10 / 10,3 (1–20)	2,5 (0–5)
30–50 cm	45 (20–85)	20 / 21,5 (5–60)	5 / 5,8 (0–30)	1 (0–2)	0

F-Typ 3: Mäßig dichte und mittelwüchsige Bestände

Bestandsbildner:

Gräser (Anteil an Gesamtvegetation > 75%): *Arrhenatherum elatius*, *Elymus repens* (z.T. Dominanz), *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Bromus sterilis*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*. Kräuter: *Medicago sativa*, *Trifolium repens*, *Tanacetum vulgare*, *Taraxacum officinale*, *Senecio vernalis*.

Kennzeichnend für diesen Typ ist eine nicht mehr gänzlich geschlossene Grasnarbe. Die Gesamtdeckung liegt um 90% (Median), der Anteil an offenen Bodenstellen schwankt zwischen 1 und 25% (Median: 10%). Es handelt sich um mäßig dichte Grasbestände und Ansaaten mit oft hohem Krautanteil (*Medicago sativa* und *Trifolium repens* als Ansaaten sowie *Tanacetum vulgare*). Die Höhe der Feldschicht schwankt zwischen 20 und 55 cm (Median 40 cm), der Median der Deckung liegt bei 70%. Dem F-Typ 3 sind mit 19 PF die meisten zugehörig.

F-Typ 4: Lockere, kryptogamenreiche und mittelwüchsige Bestände

Bestandsbildner:

Gräser (Anteil an Gesamtvegetation < 50%): *Arrhenatherum elatius*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*. Kräuter und Kryptogamen (Anteil an Gesamtvegetation > 50%): *Taraxacum officinale*, *Plantago lanceolata*.

Dieser F-Typ ist charakterisiert durch eine lockere Deckung der Feld- (Median: 42,5%) und Streuschicht (Median: 20%). Auffällig ist der sehr hohe Anteil an Kryptogamen: Der Median liegt hier bei 72,5% und ist damit deutlich höher als in den anderen F-Typen. Die Flächen sind als Halbtrockenrasen anzusprechen und befinden sich häufig in Kuppenlage. Die lockeren Grasbestände erreichen ähnliche Feldschichthöhen wie in F-Typ 3.

F-Typ 5: Vegetationsarme und rohbodenreiche Bestände

Bestandsbildner:

Kräuter (Anteil an Gesamtvegetation = 100%): *Cirsium arvense*

In diesem F-Typ sind nur zwei PF zusammengefasst. Es handelt sich um Flächen einer jungen Stilllegung, die zum Zeitpunkt der Aufnahme nur sehr geringen (ausschließlich *Cirsium arvense*) bzw. gar keinen Bewuchs aufwiesen. Der Deckungsanteil der Streu liegt bei 50 bzw. 10%. Der Anteil an Rohboden beträgt in der vegetationsarmen Fläche 45% und in der vegetationslosen 90%. Kryptogamenbewuchs ist nicht vorhanden.

Larvalökologie

Verteilung der jungen Larven in PF und F-Typen (= Mesohabitate)

Anhand der Verteilung in den PF bzw. den F-Typen kann die Frage beantwortet werden, welche Vegetations- bzw. Strukturtypen überhaupt von den Larven besiedelt werden. Anhand der Präferenz für bestimmte Biotoptypen können so die wichtigsten Struktureigenschaften dieser Mesohabitate der Larven erläutert werden.

Bei den Kescherfängen wurden in 18 der 47 Probeflächen 117 Larven (L1 bis L3) von *Tettigonia viridissima* erfasst. Da in den jeweiligen F-Typen unterschiedlich viele Probeflächen zusammengefasst sind, erfolgte eine Umrechnung auf die

Anzahl der Larven je m² für jeden F-Typ (Abb. 3). Zu beachten ist, dass nicht alle PF exakt gleich groß sind (etwa 500 m²). Die angegebenen Werte sind daher keine exakten und realen Dichteangaben, sondern Annäherungs- bzw. Vergleichswerte. Die höchsten Larvendichten wurden in den mittelwüchsigen, mäßig dichten und zumeist krautreichen Beständen des F-Typs 3 erreicht. In den lockerwüchsigen Vegetationsbeständen des F-Typs 4 fanden sich deutlich weniger Larven, ebenso in den dichteren und höherwüchsigen Strukturen des F-Typs 2. Kaum bzw. nicht besiedelt wurden der sehr dichtwüchsige F-Typ 1 sowie die vegetationsarmen Flächen des F-Typs 5 (zu den Struktureigenschaften der F-Typen vgl. Tab. 1).

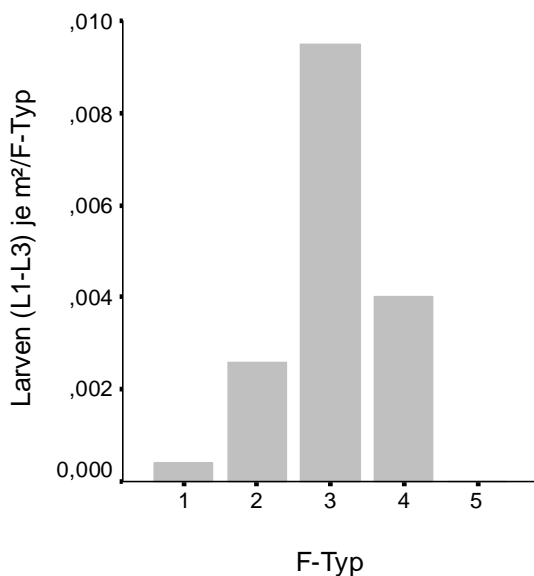


Abb. 3:

Anzahl junger Larven (L1 bis L3) je m²/F-Typ von *Tettigonia viridissima* (n = 117).

Mikrohabitate (junge Larven)

Während die vorangegangenen Ergebnisse die Verteilung und Präferenz der jungen Larven auf Ebene der Mesohabitate darstellten, zeigen die MHA die kleinräumige Nutzung innerhalb dieser. Neben 74 angefertigten MHA wurden 49 Nullproben durchgeführt. 36 MHA liegt ein Einzelfund zugrunde, bei 31 MHA wurden zwei Larven entdeckt und bei sieben MHA hielten sich drei (oder mehr) Individuen am Fundort auf.

Die *Horizontalstruktur* der Mikrohabitate (Tab. 2) ist gekennzeichnet durch eine hohe Gesamtdeckung der Vegetation (95%). Die Deckung der Feldschicht schwankt zwischen 20 und 99%, der Median liegt bei 67,5%. Bei der Deckung der Streuschicht liegt der Median bei 65%, die weite Spannweite reicht von 10 bis 95%. Ebenfalls eine sehr große Spannweite weist die Deckung der Kryptogamenschicht mit Deckungswerten von 0 bis 95% auf (Median: 0%, Mittelwert: 8,7%). Die offenen Bodenstellen haben einen Anteil von 9% (Median). Bei der *Vertikalstruktur* (Tab. 2) zeigt sich ein Vorkommen der Larven in verschiedenen Feldschichthöhen: Genutzt werden Höhen zwischen 18 und 90 cm (Median: 38 cm). Die Höhe der Streuschicht schwankt zwischen 0 und 20 cm mit einem Median im untersten Bereich bei 2 cm. Die Kryptogamen weisen in den Mikrohabitaten Höhen von 0 bis 4 cm auf (Median: 0 cm; Mittelwert 0,4 cm). Die Vegetationsdichten in den Höhen 0–10, 10–30 und 30–50 cm nehmen naturgemäß mit

zunehmender Höhe ab und betragen 95, 40 und 2% (Mediane). Die Spannweiten sind dabei sehr groß.

Tab. 2: Horizontal- und Vertikalstruktur der Mikrohabitate von *Tettigonia viridissima* (n = 74).

	Median	Mittelwert	Spannweite
Horizontalstruktur			
Deckung [%]			
Vegetation gesamt	95	91,3	55–100
Feldschicht	67,5	66,1	20–99
Streuschicht	65	59,6	10–95
Kryptogamenschicht	0	8,7	0–95
Offene Bodenstellen	9	10,0	0–45
Vertikalstruktur			
Höhe [cm]			
Feldschicht	38	38,5	18–90
Streuschicht	2	3,3	0–20
Kryptogamenschicht	0	0,4	0–4
Vegetationsdichte [%]			
0–10 cm	95	88,3	40–100
10–30 cm	40	40,5	8–90
30–50 cm	2	7,9	0–55

Die meisten Larven hielten sich in gemischten Beständen mit Gräsern und Kräutern auf (69% der MHA). Bei 27% der MHA handelte es sich um reine Gras-, bei den übrigen 4% um reine Kräuterbestände. Häufigste Gräser sind die Obergräser *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata* und *Elymus repens* sowie als Mittelgräser *Poa trivialis* und *Poa pratensis*. Bei den Kräutern sind *Medicago sativa*, *Tanacetum vulgare* und *Taraxacum officinale* die häufigsten Arten.

Beim Vergleich der MHA von *Tettigonia viridissima* und den Nullproben zeigen sich bei der Horizontalstruktur keine signifikanten Unterschiede. Lediglich bei der Feldschicht lässt sich eine Tendenz für die Bevorzugung höherer Deckungsgrade erkennen: Der Median der MHA liegt bei 67,5% gegenüber 55% in den Nullproben (Abb. 4). Demgegenüber zeigt der Vergleich der Vertikalstruktur hoch signifikante Unterschiede bei der Höhe der Streuschicht ($p \leq 0,01$) und bei der Vegetationsdichte in den Höhen 0–10 und 10–30 cm ($p \leq 0,01$ und $p \leq 0,01$). Dabei bevorzugen die Larven jeweils dichtere Vegetation im Vergleich zu den

Nullproben (Abb. 5 und 6). Das Ergebnis der logistischen Regression zeigt, dass der entscheidende Faktor für das Vorkommen der Larven eine hohe Vegetationsdichte in der Höhe von 0–10 cm ist ($p \leq 0,001$, zu 68,3% richtige Klassifikation) (Tab. 3).

Hinsichtlich der Inklination und Exposition sind bei den Larven keine Präferenzen erkennbar. Der Großteil der Mikrohabitate der Larven ($n = 61$) hatte keine oder nur eine minimale Hangneigung. Signifikante Unterschiede gegenüber den Nullproben konnten nicht ermittelt werden.

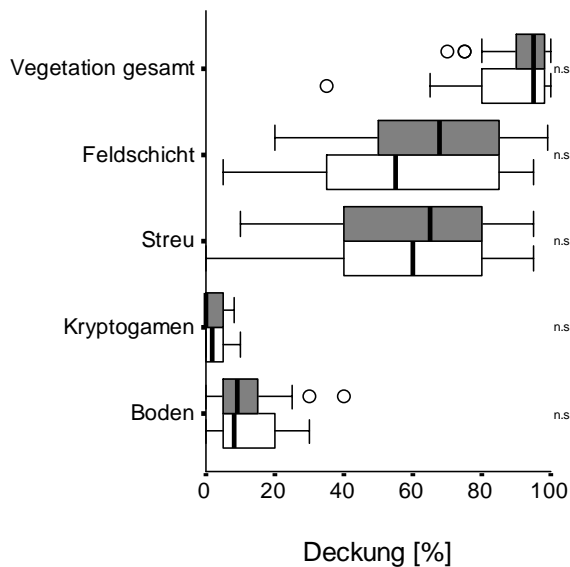


Abb. 4:

Vergleich der Horizontalstruktur von den Mikrohabitaten junger Larven (L1–L3) von *T. viridissima* (graue Balken, $n = 74$) und den Nullproben (weiß, $n = 49$). Dargestellt sind die Deckungsgrade [%] von Gesamtvegetation (Veg. ges.), Feld-, Streu- und Kryptogamenschicht (Kryptog.) sowie der Anteil an offenen Bodenstellen. Test auf Signifikanz mit U-Test.

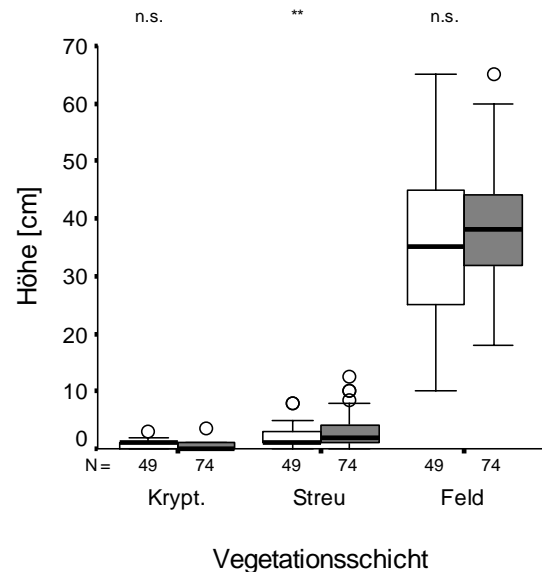


Abb. 5:

Vergleich der Höhe von Kryptogamen-, Streu- und Feldschicht der Mikrohabitate junger Larven (L1–L3) von *T. viridissima* (graue Balken, $n = 74$) und der Nullproben (weiße Balken, $n = 49$). Test auf Signifikanz mit U-Test.

Isolationsquadratfänge älterer Larven

In 10 der 22 PF konnten insgesamt 29 Larven des 5. bis 7. Stadiums entdeckt werden. Die Anzahl gefangener Larven für die jeweils beprobte Fläche von 30 m^2 lag zwischen 1 und 5: Das entspricht Dichten von 0,03 bis 0,17 Individuen pro m^2 . Bezogen auf die Anzahl von Larven pro m^2 für jeden F-Typ kommt der Großteil der Larven von *T. viridissima* im sehr dichten und hochwüchsigen F-Typ 1 vor (Abb. 7). Dahinter werden mit etwa gleicher Anzahl die ebenfalls dichten und hochwüchsigen Bestände des F-Typs 2, die weniger dichten und mittelwüchsigen Strukturen im F-Typ 3 und die im Juni bereits höherwüchsigen und von Disteln dominierten Flächen des F-Typs 5 besiedelt. Die wenigsten Individuen konnten in den lockeren Vegetationsstrukturen des F-Typs 4 gefangen werden.

Tab. 3: Vergleich der Larvalhabitate (L1 bis L3) von *Tettigonia viridissima* (n = 74) und den Nullproben (n = 49) mit einer schrittweise vorwärts (konditional) gerichteten logistischen Regression. Nicht signifikante Variablen: Deckung [%] von Gesamtvegetation, Streu-, Kryptogamen-, Feldschicht, offenen Bodenstellen; Höhe [cm] von Streu-, Kryptogamen-, Feldschicht; Vegetationsdichte in den Höhen 10–30 und 30–50 cm. B = Regressionskoeffizient, S.E. = Standardfehler, Wald = Wald-Statistik, Sig. = Signifikanz und Exp(B) = geschätztes Quotenverhältnis, FG = Freiheitsgrad.

	B	S.E.	Wald	Sig.	Exp(B)
Vegetationsdichte 0–10 cm	0,03	0,009	11,162	0,001	0,971
Konstante	2,03	0,764	7,074	0,008	7,623

Chi² = 13,085, FG = 1, Richtige Klassifikation: 68,3 %.

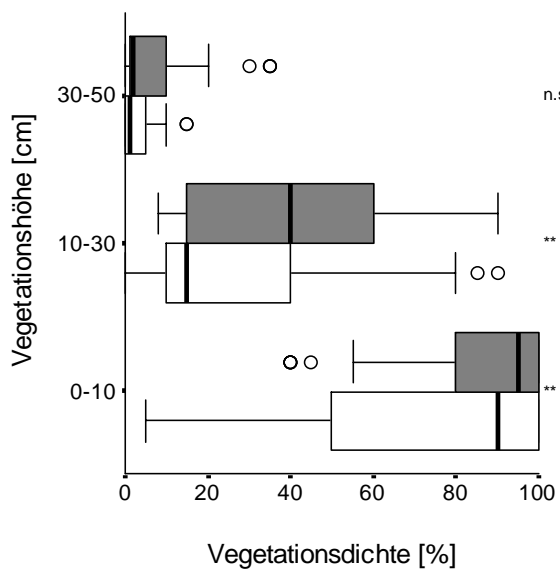


Abb. 6:

Vegetationsdichte [%] in den Höhen 0–10, 10–30 und 30–50 cm der Mikrohabitate von jungen Larven (L1 bis L3) von *Tettigonia viridissima* (graue Balken, n = 74) und der Nullproben (weiße Balken, n = 49). Test auf Signifikanz mit U-Test.

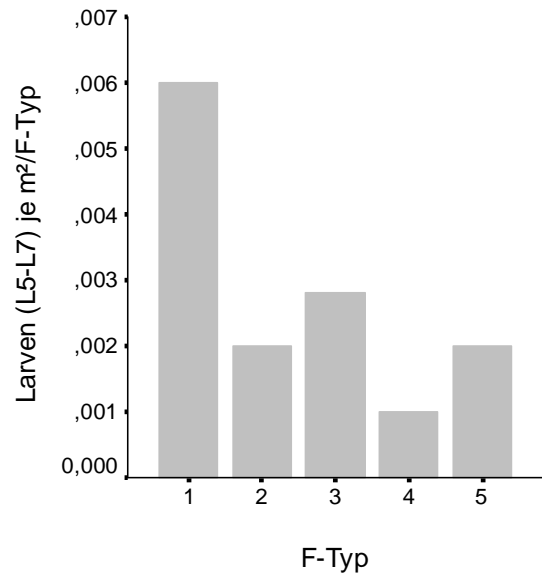


Abb. 7:

Anzahl älterer Larven (L5–L7) je m²/F-Typ von *Tettigonia viridissima* (n = 29).

Diskussion

Die besiedelten Mesohabitate junger Larven des Grünen Heupferds reichen von sehr stark verfilzten und hochwüchsigen Beständen (Brachen) bis hin zu lockeren und offeneren Strukturen (Halbtrockenrasen). Nur nahezu vegetationslose Flächen bleiben unbesiedelt. Daraus wird zum einen ersichtlich, dass ein weites Habitatspektrum des als euryök geltenden Grünen Heupferds genutzt wird (vgl. z.B. DETZEL 1998). Zum anderen wird deutlich, dass weniger dichte, mittelwüchsige und krautreiche Vegetationsbestände (F-Typ 3) bevorzugt werden. Diese zeichnen sich besonders durch folgende Eigenschaften aus:

- Nicht gänzlich geschlossene Vegetationsbedeckung mit einem Anteil an offenen Bodenstellen von ca. 10% (Median),
- ausreichende Höhe der Feldschicht (Median 40 cm),
- hohe Vegetationsdichte in der Höhe 0–10 cm, mäßige in 10–30 cm und geringe in 30–50 cm,
- oft hoher Krautanteil.

Die präferierten Flächen liegen zumeist in unmittelbarer Nähe zu höherwüchsigen, teils verbrachten und hochstaudenreichen Beständen (Abb. 8a).

Auf Ebene der Mikrohabitate zeigt sich, dass die Larven innerhalb der besiedelten Habitate in den besonders dichten und hohen Bereichen vorkommen. Vor allem Strukturen mit einer hohen horizontalen Vegetationsdichte in Bodennähe (Abb. 8b), wie z.B. Grashorste oder hoch- und dichtwüchsige Kräuter (*Medicago sativa*), wurden von den Larven bevorzugt aufgesucht.

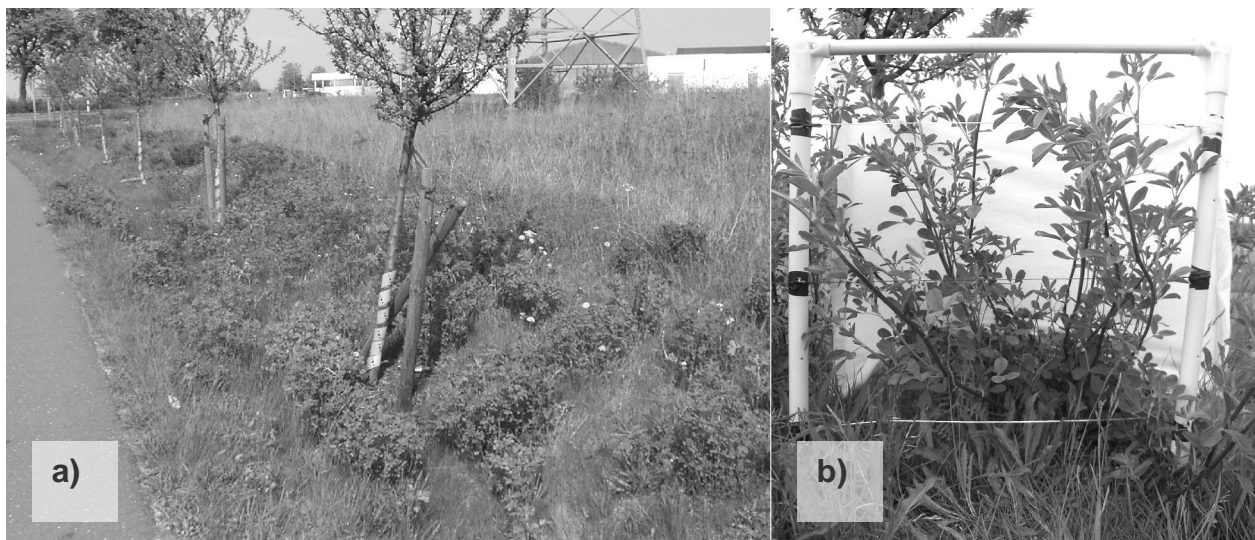


Abb. 8: a) Typisches Mesohabitat der jungen Larven von *Tettigonia viridissima*: mittelwüchsige, krautreiche Bestände mit vereinzelt offenen Bodenstellen in der Nähe zu höherwüchsigen und dichteren Vegetation (Aufnahme: Jens Schirmel, 08.05. 2006); b) Typisches Mikrohabitat der jungen Larven von *T. viridissima* (Aufnahme: Jens Schirmel, 17.05. 2006).

Bestätigt wird dies durch die logistische Regression, die hohe Vegetationsdichten in der Höhe von 0–10 cm als entscheidenden Faktor für das Vorkommen von jungen Larven ermittelte. Dies erlaubt die Schlussfolgerung, dass die jungen Larven heterogene Strukturen bevorzugen, die ihnen offenbar besonders günstige Lebensbedingungen bieten. Die dichteren und höheren Pflanzen bieten den Larven Deckung und Schutz, in den offenen und strahlungsreichen Bereichen sind sie dagegen schnell in der Lage ihren Körper aufzuwärmen. Darüber hinaus stellen Kräuter wie *Medicago sativa* und *Taraxacum officinale* eine optimale Nahrungsquelle dar: Die Blätter sind sehr zart und erleichtern so den Fraß für junge Larven. Zudem haben sie einen sehr hohen Nährwert (Futterwert 9 bzw. 7, vgl. DIERSCHKE & BRIEMLE 2002), der sich positiv auf die Entwicklungsgeschwindigkeit auswirken kann (DETZEL 1998). Auch scheint das Angebot an tierischer Kost, z.B. Blattläuse, auf Kräutern (*Urtica dioica*) deutlich größer zu sein als auf Gräsern (eig. Beob.). Bei Fraßversuchen von Larven aus der Zucht wurden Kräuter den Gräsern vorgezogen. Dennoch sind Larven auch in reinen Grasbeständen (z.B. *Elymus repens*) noch zahlreich zu finden. Ein vermehrtes Vorkommen von jungen Larven des Grünen Heupferds in Wiesen konnte SÄNGER (1977) feststellen. Nach FARTMANN (1997) hielten sich L1- und L2-Larven bei Untersuchungen in der Märkischen Schweiz vornehmlich in Bodennähe in Silbergrasfluren auf. DETZEL (1998) gibt allgemein Grünland als Larvalhabitat junger Stadien an.

Die Habitate, die von jungen Larven besiedelt werden scheinen noch weitgehend mit den Eiablagehabitaten deckungsgleich zu sein. In einem Laborversuch wählte ein Weibchen von *Tettigonia viridissima* unter den acht angebotenen Bechern mit Bodenmaterial, den mit der hochwüchsigsten Vegetation (35 cm) bei einer Vegetationsdeckung von 60% zur Eiablage (SCHIRMEL 2007). INGRISCH & BOEKHOLT (1982) konnten ebenfalls eine Präferenz bei der Eiablage für Gefäße mit einer 20–40 cm hohen Vegetation feststellen. Wie eigene Freilandbeobachtungen zeigen, werden aber auch lückigere und niedrigwüchsige Stellen für die Eiablage genutzt (jeweils eine Eiablage in lückiger Ruderalvegetation [Naturpark Märkische Schweiz, Ostbrandenburg] und in einem lückigen sowie niedrigwüchsigen *Gentiano-Koelerietum cladonietosum* [Diemetal, Nordhessen]).

Anhand der Fänge mit dem Isolationsquadrat konnte nachgewiesen werden, dass die älteren Larven (L5 bis L7) bereits vermehrt in Habitaten mit dichteren Vegetationsstrukturen vorkommen (vgl. auch SÄNGER 1977). In diesen Beständen finden die bereits großen Tiere besseren Schutz (BRUCKHAUS 1988). Mit zunehmender Größe veränderte sich auch das Lokomotionsverhalten der Larven: Während sich die jungen Stadien vornehmlich hüpfend fortbewegten, zeigten die älteren Stadien das auch für Imagines typische Klettern und Schreiten in dichter Vegetation (eig. Beob.). Einen Unterschied in der Bewegungsaktivität von Larven und Imagines konnte z.B. MARTI (1989) bei *Oedipoda caerulescens* zeigen.

Bei einigen PF mit lockeren Grasbeständen wurde eine Migration in umliegende Flächen mit dichter und hochstaudenreicher Vegetation festgestellt. Besonders deutlich konnte dies am Beispiel einer UF nachvollzogen werden, die sich durch das mosaikartige Nebeneinander von Quecken- und Distelbeständen auszeichnete. Die jungen Larven hielten sich dort ausschließlich in den Gräsern auf. Zu diesem Zeitpunkt waren die Disteln kaum entwickelt. Larven ab dem 4. bzw. 5.

Stadium fanden sich dann fast ausschließlich in den *Cirsium arvense*-Beständen, die ab Mitte Juni deutlich höhere und dichtere Strukturen aufwiesen. Als Folge des sehr trocken-heißen Junis (zum Witterungsverlauf vgl. SCHIRMEL & FARTMANN 2007b i. d. Bd.), war ein Großteil der Gräser bereits vertrocknet. Die damit einhergehende offenere und weniger dichte Raumstruktur dürfte ein Abwandern in noch grüne, frische und krautreiche Habitate gefördert haben (vgl. auch INGRISCH & KÖHLER 1998). In PF mit besonders dichter und hochstaudenreicher Vegetation (F-Typ 1) vollziehen die Larven hingegen keinen Stratenwechsel. Zwar sind die Bedingungen für junge Larven nicht optimal, wie die geringen Zahlen in den F-Typen 1 und 2 belegen, wohl aber für die älteren Stadien und die Imagines. Zudem wurden diese Flächen meist nicht oder erst später im Jahr gemäht, so dass dadurch verursachte Verluste vermieden wurden. Anders verhielt es sich auf den PF mit den höchsten Individuenzahlen junger Larven: Hier fand Ende Mai die erste Mahd statt. Dies führte zu einem Totalverlust aller *Tettigonia*-Larven (L2 bis L4) auf diesen Flächen. Neben dem Tod durch das eigentliche Mahdereignis, dürfte der Verlust hauptsächlich durch Prädation bedingt sein. An den Tagen der Mahd konnten zahlreiche Dohlen und Stare auf diesen Flächen beobachtet werden. Ein Abwandern der noch wenig mobilen Larven in umliegende und ungemähte Bereiche konnte nach deren ausgiebiger Kontrolle ausgeschlossen werden. Kleinere Caelifera-Larven waren demgegenüber deutlich weniger von der Mahd betroffen und fanden sich noch zahlreich auf den Flächen.

Auffälligerweise sind die PF mit der höchsten Anzahl junger Larven diejenigen, die, bedingt durch zeitige Mahd oder früh im Jahr vertrocknende Kräuter (z.B. *Medicago sativa*), für ältere Larven und Imagines sehr ungeeignete Vegetationsstrukturen aufweisen. Optimale Larvalhabitate zeichnen sich folglich zum einen durch krautreiche und nicht zu dichte Vegetationsstrukturen für die jungen Larven und zum anderen durch die Nähe und Erreichbarkeit ausreichend hoher Strukturen für die älteren Larven bzw. Imagines aus. Nach DETZEL (1998) werden als optimales (Gesamt-)Habitat "leicht verbuschte Flächen mit gut ausgebildeter Krautschicht angesehen".

In den PF kommen die älteren Heupferdlarven in geringen Dichten von 0,03 bis 0,17 Ind./m² vor. Diese Angaben liegen im Bereich der von STEINHOFF (1982) ermittelten Werte für Imagines, die Dichten von 0,08 bis 0,16 Ind./m² angibt. Die Werte bestätigen die bei größeren Laubheuschrecken erwartungsgemäß geringen Populationsdichten (INGRISCH & KÖHLER 1998). Dabei sei an dieser Stelle auf die Grenzen der Erfassbarkeit mit dem Isolationsquadrat in sehr dichten und hochstaudenreichen Beständen mit hoher Streuauflage hingewiesen. Durch das typische Fluchtverhalten der Heupferde in tiefere Vegetationsbereiche (BRUCKHAUS 1988, INGRISCH & KÖHLER 1998) ist ein Entkommen bzw. Übersehen der Tiere in Bodennähe nicht vollständig auszuschließen. Die oben genannten ermittelten Werte sind daher als Minimalwerte anzusehen. Die Dichten der jungen Larven sind kleinräumig nach eigenen Beobachtungen deutlich höher. LAUSSMANN (1999) gibt als maximale Individuendichte für Larven im Mai (= junge Larven) 0,55 Ind./ m² an.

Danksagung

Für die sehr hilfreiche Unterstützung bei der Auswahl der Probeflächen und der Freilandarbeit danken wir Dr. Jochen Bellebaum (Neu Broderstorf) recht herzlich. Dominik Poniatowski (Münster) verdanken wir hilfreiche Anmerkungen zum Manuskript.

Verfasser:
Jens Schirmel
Dipl. Landschaftsökologe
Emdener Str. 13
D-48155 Münster
E-Mail: jens_schirmel@web.de

PD Dr. Thomas Fartmann
AG Biozönologie
Institut für Landschaftsökologie
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Robert-Koch-Straße 26
D-48149 Münster
E-Mail: fartmann@uni-muenster.de

Literatur

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland (AG Boden) (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl. – Hannover; 392 S.
- BACHER, J. (1994): Clusteranalyse – Anwendungsorientierte Einführung. – Oldenbourg, München u.a.; 424 S.
- BÄRLOCHER, F. (1999): Biostatistik. Praktische Einführung in Konzepte und Methoden. – Thieme, Stuttgart u.a.; 206 S.
- BEHRENS, M. & T. FARTMANN (2004): Habitatpräferenzen und Phänologie der Heidegrashüpfer *Stenobothrus lineatus*, *Stenobothrus nigromaculatus* und *Stenobothrus stigmaticus* in der Medebacher Bucht (Südwestfalen/Nordhessen). – *Articulata* 19 (2): 141–165.
- BÖER, W. (1965): Vorschlag einer Einteilung des Territoriums der Deutschen Demokratischen Republik in Gebiete mit einheitlichem Großklima. – *Zeitschrift für Meteorologie*, 17, 9–12: 267–275.
- BRAMER, H. (1991): Physische Geographie. Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. – Haack, Gotha; 627 S.
- BROCKSIEPER, R. (1976): Die Springschrecken (Saltatoria) des Naturparks Siebengebirge und des Naturschutzgebietes Rodderberg bei Bonn. – *Decheniana* 129: 85–91.
- BRUCKHAUS, A. (1988): Ökologische Untersuchungen zum Springschreckenvorkommen im Raume Oberwinter (Mittelrhein). – *Decheniana Beiheft* 21: 1–141.
- BÜHL, A. & P. ZÖFEL (2002): SPSS 11. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 8. Aufl. – Pearson Studium, München; 757 S.
- DEICHSEL, G. & H. J. TRAMPISCH (1985): Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse. – Fischer, Stuttgart u.a.; 135 S.

- DETZEL, P. (1998): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. – Ulmer, Stuttgart; 580 S.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. – Ulmer, Stuttgart; 683 S.
- DIERSCHKE, H. & G. BRIEMLE (2002): Kulturgrasland: Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. – Ulmer, Stuttgart; 239 S.
- 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.
- FARTMANN, T. (2004): Die Schmetterlingsgemeinschaften der Halbtrockenrasen-Komplexe des Diemeltals. Biozöologie von Tagfaltern und Widderchen in einer alten Hudelandchaft. – Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde 66 (1): 1–256.
- FLADE, M., PLACHTER, H., HENNE, E. & K. ANDERS (2003): Naturschutz in der Agrarlandschaft. Ergebnisse des Schorfheide-Chorin-Forschungsprojekts. Wiebelsheim. – Quelle & Meyer, Wiebelsheim; 388 S.
- INGRISCH, S. (1978): Zum Verhalten mitteleuropäischer Laubheuschrecken (Orthoptera: Tettigoniidae) in Temperatur- und Feuchtegradienten sowie gegenüber visuellen Reizen. – Dtsch. Ent. Z. 25: 349–360.
- INGRISCH, S. & I. BOEKHOLT (1982): Zur Wahl des Eiablageplatzes durch mitteleuropäische Saltatoria. – Zool. Beitr. N.F. 28: 33–46.
- INGRISCH, S. & G. KÖHLER (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. – Westarp Wissenschaften, Magdeburg; 460 S.
- JONGMANN, R. H., TER BRAAK, C.F.R. & O.F.R. VAN TONGEREN (1995): Data analysis in community and landscape ecology. 2. Aufl. – Cambridge University Press, Cambridge; 300 S.
- KLAPP, E. & W. OPITZ VON BOBERFELD (2004): Gräserbestimmungsschlüssel für die häufigsten Grünland- und Rasengräser. 5. Aufl. – Ulmer, Stuttgart; 84 S.
- KÖHLER, G. (1987): Die Verbreitung der Heuschrecken (Saltatoria) im Mittleren Saaletal um Jena (Thüringen) – Bestandsaufnahme und Faunenveränderung in den letzten 50 Jahren. – Wiss. Zeitschr. FSU Jena, Naturwiss. R. 36: 391–435.
- KÖHLER, W., SCHACHTEL, G. A. & P. VOLESKE (2002): Biostatistik. Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler. 3. Aufl. – Springer, Berlin u.a.; 301 S.
- LAUSSMANN, H. (1998): Die mitteleuropäische Agrarlandschaft als Lebensraum für Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria). – Verlag Agrarökologie, Bern u.a.; 215 S.
- LIEDTKE, H. & J. MARCINEK (2002): Physische Geographie Deutschlands. 3. Aufl. – Klett-Perthes, Gotha u.a.; 782 S.
- MARTI, T. (1989): Heuschrecken und Landschaft. Ein exemplarischer Einblick in Theorie und Praxis goetheanistischer Naturwissenschaft. – Haupt, Bern, Stuttgart; 206 S.
- MEYNEN, E. & J. SCHMITHÜSEN (1961): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. 7. Lieferung. – Bad Godesberg.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. 3. Aufl. – Quelle & Meyer, Heidelberg u.a.; 512 S.
- MÜLLER, J. (2002): Klima. – In: GRÄNITZ, F. & L. GRUNDMANN (Hrsg.): Um Eberswalde, Chorin und den Werbellinsee. Eine landeskundliche Bestandsaufnahme im Raum Eberswalde, Hohenfinow und Joachimsthal. – Böhlau, Köln u.a.; 390 S.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. 8. Aufl. – Ulmer, Stuttgart; 1051 S.

- PONIATOWSKI, D. & FARTMANN, T. (2005): Die Ökologie von Roesels Beißschrecke (*Metrioptera roeselii*) im Feuchtgrünland der Medebacher Bucht (Südwestfalen). – *Articulata* 20 (2): 85–111.
- SÄNGER, K. (1977): Über die Beziehungen zwischen Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) und der Raumstruktur ihrer Habitate. – *Zool. Jb. Syst.* 104: 433–488.
- SCHERF, K. & H. VIEHRIG (Hrsg.) (1995): Berlin und Brandenburg auf dem Weg in die gemeinsame Zukunft. – Perthes, Gotha; 479 S.
- SCHIRMEL, J. (2007): Gleiche Habitatnutzung der Heupferde? Phänologie, Larvalökologie und Habitatbindung von *Tettigonia caudata* und *Tettigonia viridissima* (Orthoptera: Tettigoniidae) im Nordosten Brandenburgs. – Diplomarbeit am Institut für Landschaftsökologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- SCHIRMEL, J. & T. FARTMANN (2007b): Gibt es Unterschiede in der tages- und jahreszeitlichen Aktivität von *Tettigonia caudata* und *T. viridissima* (Orthoptera: Tettigoniidae)? – *Articulata* 22 (2): 191–203.
- SCHMIDT, R. (2002): Böden. – In: GRÄNITZ, F. & L. GRUNDMANN (Hrsg.): Um Eberswalde, Chorin und den Werbellinsee. Eine landeskundliche Bestandsaufnahme im Raum Eberswalde, Hohenfinow und Joachimsthal. – Böhlau, Köln u.a.; 390 S.
- SCHOLZ, E. (1962): Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs. – Pädagogisches Bezirkskabinett, Potsdam; 93 S.
- SCHULTZE, J.H. (1955): Die naturbedingten Landschaften der Deutschen Demokratischen Republik. – Geograph.-Kartograph. Anstalt, Gotha; 329 S.
- SEMMELE, A. (1996): Geomorphologie der Bundesrepublik Deutschlands. Grundzüge, Forschungsstand, aktuelle Fragen, erörtert an ausgewählten Landschaften. 5. Auflage. – Steiner, Stuttgart; 199 S.
- SENGHAS, K. & S. SEYBOLD (2000): Schmeil-Fitschen, Flora von Deutschland und angrenzender Länder. 91. Aufl. – Quelle & Meyer, Wiebelsheim; 864 S.
- STEINHOFF, G. (1982): Ökologische Freilanduntersuchungen an Geradflüglern (Orthopteroidae) des Bansenberges in der Eifel. – *Decheniana Beiheft* 27: 100–173.
- SUNDERMEIER, A. (1998): Methoden zur Analyse der Vegetationsstruktur. In: TRAXLER, A. (Hrsg.): Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings. Teil A: Methoden. – Umweltbundesamt Wien: 123–158.
- WALLASCHEK, M. (1995): Untersuchungen zur Zoozönologie und Zönotopbindung von Heuschrecken (Saltatoria) im Naturraum "Östliches Harzvorland". – *Articulata Beiheft* 5, 153 S. + Anhang.
- ZEHM, A. (1997): Zur Koinzidenz von Sandvegetation, ihrer Struktur und Heuschrecken-Zönosen (Orthoptera) in der hessischen Oberrheinebene. – *Tuexenia* 17: 193–222.