galathea 25/4 • Berichte des Kreis Nürnberger Entomologen • 2009 • S. 139 - 171

Zur Ökologie und Habitatwahl der Heuschreckenarten *Sphingonotus caerulans* und *Oedipoda caerulescens* im NSG Tennenlohe, Erlangen[1].

MIRIAM SCHÖNLE & JÜRGEN SCHMIDL

Abstract: This contribution summarizes the results of the bachelor work of Schönle, M. (2009): Ecology and habitat selection of the Caelifera Sphingonotus caerulans and Oedipoda caerulescens in Nature Reserve Tennenlohe, Erlangen, Middle Franconia

1. Einleitung

Offene Sandflächen wurden im Regnitzgebiet (Gebietsabgrenzung und -informationen siehe www.sandachse.de und GATTERER & NEZADAL 2003) in großem Umfang durch (nach-) eiszeitliche Sandablagerungen gebildet. Hohe, vom Wind aufgewehte Sanddünen im Osten Nürnbergs und ausgedehnte Sandterrassen entlang der damals unregulierten Flüsse wie der Regnitz zeugen von einer durch Sand geprägten Entstehung und Geologie unseres Naturraumes. In der „modernen" Kulturlandschaft sind offene Sandflächen inzwischen jedoch rar, allerorten sind diese Flächen landwirtschaftlich durch Pflanzendecken gebunden, die Flüsse sind weitgehend kanalisiert und ohne nennenswerte Sandfracht. Da Sandbiotope -abhängig vom Nährstoffeintrag- einer relativ schnellen Sukzession ihres Pflanzenkleides unterliegen und die Bodenoberfläche nach wenigen Jahrzehnten meist verschattet wird, finden sich offene Sande heute meist nur noch dort, wo der Mensch diese Vegetationsentwicklung durch seine vielfältigen Aktivitäten mechanisch stört, durch landwirtschaftliche Nutzung (im weiteren Sinne) unterbindet oder hemmt, oder die geologischen Sandschichten infolge Rohstoffabbau freilegt.

Doch viele historische, nachhaltige Nutzungsformen der Sandflächen wie extensive Landwirtschaft oder Beweidung gehen heute, ganz aktuell, aus Rentabilitätsgründen verloren, während gleichzeitig zahlreiche wertvolle Sandlebensräume durch Bebauung, Intensivierung der Landwirtschaft oder nicht standortgerechte Aufforstung nachhaltig zerstört werden.

Die wenigen verbliebenen naturnahen offenen Sandflächen der Region sind deshalb nur noch durch aktives Naturschutzmanagement, Flächensicherung und Pflege als Lebensräume für spezialisierte Tier- und Pflanzenarten langfristig im notwendigen Umfang zu erhalten. Projekte wie die „SandAchse Franken" wurden hierfür mit erheblichem öffentlichen Mitteleinsatz

[1] SCHÖNLE, M. (2009): Bestands- und Habitaterfassung ausgewählter psammobionter Heuschreckenarten im NSG Tennenloher Forst. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Department für Biologie, Lehrstuhl für Entwicklungsbiologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

implementiert. Zu den Instrumentarien des speziellen Flächenmanagements, auch innerhalb von Naturschutzgebieten, gehört die Verhinderung einer Sukzession der offenen Sandflächen, was eine regelmäßige Störung der Bodenoberfläche erfordert (siehe hierzu JENTSCH et al 2002). Diese Maßnahme ist ohne Alternative, da die frühen Sukzessionsstadien der Sandvegetation und ihre zoologischen Artengemeinschaften zu den stark gefährdeten Habitattypen gehören (Rote Liste 2) (RIECKEN et al. 1994, RIECKEN et al. 2006), ohne Bodenstörung aber schnell verschwinden. Durch Lebensraumverlust wurden inzwischen viele psammobionte und psammophile Pflanzen- und Tierarten in Deutschland als bedroht eingestuft. Hierzu gehören auch einige Insektenarten, wie die in dieser Arbeit untersuchten Heuschreckenarten *Sphingonotus caerulans* (Blauflügelige Sandschrecke) und *Oedipoda caerulescens* (Blauflügelige Ödlandschrecke). *Sphingonotus caerulans* gilt in Bayern als vom Aussterben bedroht (Rote Liste 1), in Schleswig-Holstein bereits als „ausgestorben oder verschollen" (Rote Liste 0, WINKLER 2000) und deutschlandweit als stark gefährdet. *Oedipoda caerulescens* wird in Bayern als stark gefährdet (Rote Liste 2) und deutschlandweit als gefährdet eingestuft (HEUSINGER 2003, MAAS, DETZEL & STAUDT 2002).

Eine bedeutende menschliche „Aktivität" mit prägendem Einfluss auf die Offenheit der Bodenoberfläche stellt die militärische Nutzung dar. Der ehemalige Truppenübungsplatz Tennenlohe Erlangens wurde nach dem Abzug der US-Armee 1994 als Naturschutzgebiet ausgewiesen mit der expliziten Nennung des Schutzgutes Sandlebensräume. Bestandsaufnahmen der Blauflügeligen Sandschrecke sind daher auch hier naturschutzfachlich von sehr hohem Interesse. Anfang der 1990er Jahre war diese Leitart der Sandgebiete des Regnitzgebietes noch mit einer individuenreichen Population im NSG Tennenloher Forst vertreten, welches durch eine jahrzehntelange militärische Nutzung viele offene Sandflächen aufwies. Nach dem Militärabzug wurde durch Schafbeweidung eine Sukzession der Freiflächen bis zu einem gewissen Grad verhindert. Dennoch konnten 2001 nur noch einzelne *Sphingonotus caerulans* in einem kleinen Areal verzeichnet werden (BOLZ & MAISS 2002). Aufgrund dieser Entwicklung kam einer erneuten Bestandsaufnahme besonderes Interesse zu, was im August 2009 im Rahmen einer Bachelorarbeit (SCHÖNLE 2009) an der Universität Erlangen in Zusammenarbeit mit der Gebietsbetreuung des NSG und der Unteren Naturschutzbehörde des Landratsamtes Erlangen-Höchstadt durch die Erstautorin (unter fachlicher Betreuung des Zweitautors) durchgeführt wurde.

Um die Habitatpräferenzen von *Sphingonotus caerulans* vergleichen zu können, wurde zusätzlich die ebenfalls naturschutzfachlich relevante Blauflügelige Ödlandschrecke *Oedipoda caerulescens* bezüglich Bestand und Habitat untersucht. Zur Aufnahme der Bestände beider

Arten wurde die sogenannte Transekt-Erfassung genutzt. Zur Habitaterfassung wurden als Umweltdaten die Gesamtdeckung der Vegetation, der Deckungsgrad der Kryptogamen und der Phanerogamen und die maximale Vegetationshöhe bestimmt. Zur genaueren Auflösung der Habitatpräferenzen wurden die Funde gemäß ihres Fundorts und der Flächeneinheit notiert. Ziel der Studie war es, auf der Grundlage der Daten eine Aussage bezüglich zukünftiger Schutzmaßnahmen besonders in Bezug auf die stark gefährdete Blauflügelige Sandschrecke *S. caerulans* zu treffen.

2. Das NSG Tennenloher Forst: Geschichte und natürliche Ausstattung

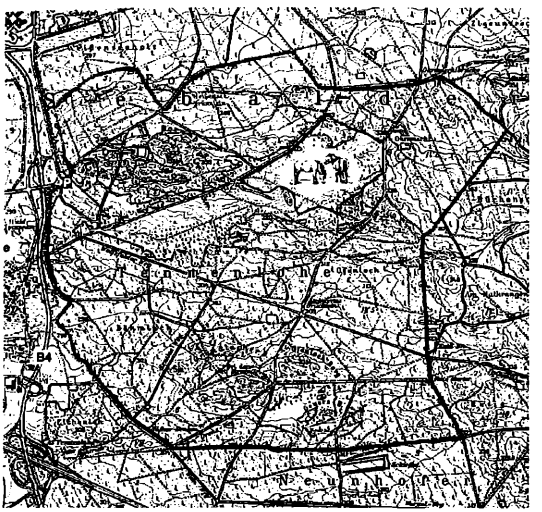


Abb. 1: Übersichtskarte des NSG Tennenloher Forst (orangefarbener Rahmen) mit Freifläche und Gehege (roter Rahmen; Quelle: www.wildpferde-tennenlohe.de. 2009. verändert).

Am 14. Dezember 1994 wurden 934 Hektar im Gebiet des Nürnberger Reichswaldes östlich Erlangen-Tennenlohe zum Naturschutzgebiet erklärt (Abb. 1). Damit ging eine sechzigjährige militärische Nutzung dieses Gebietes zu Ende. 1935 rodete die Reichswehr 195 Hektar Wald und begann das Gebiet für militärische Übungen mit Panzern und Artillerie zu nutzen. 1945 wurde das Gebiet von der US-Armee beschlagnahmt und diente bis 1993 als Standortübungsplatz. Neben den Schießübungen diente es auch für Fahrübungen mit schwerem Gerät. Durch diese militärischen Nutzungen entstanden weite Offenflächen, die letztlich dazu führten, dass das Gebiet nach Rückgabe der Fläche an die Bundesrepublik Deutschland 1994 zum Naturschutzgebiet „Tennenloher Forst" erklärt wurde (JONSCHER 2009, www.wildpferde-tennenlohe.de).

Damit entstand eines der größten bayerischen Naturschutzgebiete und eines der letzten großen Offenland- und Wald-Sandökosysteme in der Region. Über 1800 Tier- und Pflanzenarten finden hier einen Lebensraum, davon gelten mehr als 330 Arten als stark gefährdet oder vom Aussterben bedroht (www.wildpferde-tennenlohe.de). Dieses Gebiet besitzt somit auch einen

bedeutenden Stellenwert innerhalb der „SandAchse Franken" zwischen Weißenburg und Bamberg (siehe www.sandachse.de).

Sandlebensräume wie Sandmagerrasen oder Binnendünen gelten nach Artikel 13d1 des Bayerischen Naturschutzgesetzes als besonders geschützte Vegetationseinheiten. Um diese im Tennenloher Forst auch nach Beendigung der militärischen Nutzung zu erhalten, wurde 2002 nach neuen Möglichkeiten zur Freihaltung der etwa 110 Hektar großen Freifläche gesucht, da gebräuchliche Maßnahmen für ein solch großes Gebiet unrentabel waren. Dies führte zum Bau des bekannten Przewalski-Pferde-Geheges, das etwa 50 Hektar der ökologisch hochwertigen Fläche einschließt. Die Przewalski-Wildpferde sollen ihr Semireservat naturnah vor Verbuschung und Wiederbewaldung schützen. Die westlich davon gelegene große Freifläche wird weiterhin überwiegend durch Beweidung mit Schafen und einem geringen Teil Ziegen freigehalten (BOLZ & MAISS 2002), aber in Kürze entsteht auch dort ein weiteres Pferdegehege (V. FRÖHLICH, mdl. Mitt. 2009).

Das NSG gehört zum Landkreis Erlangen-Höchstadt. Es umfasst Höhenlagen von 305 m im Bereich der ehemaligen Abschussrampen im Westen, bis zu 335 m im Osten im Bereich des Ohrwaschl-Berges. Das Gebiet liegt im Bereich des trocken-warmen Klimas des Nürnberger Beckens (Naturräumliche Untereinheit 113.5). Kennzeichnend hierfür sind hohe Sommertemperaturen und vergleichsweise geringer Niederschlag (650-700 mm p.a.) (BayFORKLIM 1996). Da im Winter dennoch die für diese Breitengrade typischen tiefen Temperaturen herrschen, ergibt sich über das Jahr gesehen eine hohe Schwankungsbreite, weshalb das Klima als gemäßigt kontinental eingestuft wird. Im Jahresmittel werden Temperaturen von über 8° C erreicht (SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003).

Die folgenden Informationen sind, wenn nicht anders angegeben, aus BOLZ & MAISS' Machbarkeitsstudie über alternative Beweidungssysteme für das Projektgebiet NSG „Tennenloher Forst" (2002) und beziehen sich nur auf den gerodeten Teil des Gebiets. Im westlichen Teilbereich ist die Freifläche geprägt von flächigen quartären Flugsanden, südlich wird das Gebiet von Längsdünen, die sich von Westen nach Osten erstrecken, durchzogen. Unterhalb der Flugsande stehen Lettenschichten (dünne Tonlinsen und -schichten) an (siehe auch SCHMIDL 1997). Im Osten, dem Bereich des Przewalski-Pferdegeheges, kommen anstehender mittlerer und oberer Burgsandstein mit breiten und reliefierten Rücken vor. Der zur Zeit der Nutzung durch die US-Armee aufgeschüttete Kugelfangwall und die am Beginn der *range 6* liegenden Erhebungen mit betonierten Rampen bestehen aus Bauschutt und stellen somit Sonderstandorte dar.

Die Böden des Gebiets sind vielfältig, aber überwiegend sauer und nährstoffarm. Auf militärisch unbelasteten Flächen kommen sandige Braunerde-Regosolen und Podsole, auf militärisch genutzten Flächen dagegen verfestigte schwach entwickelte Braunerden und stark verdichtete Depo-Braunerden vor. Im Bereich der Bauschuttablagerungen überwiegen verdichtete Phyrosole aus technogenen Ablagerungsmaterialien. Über sandig-tonigen Stauzonen kommt es außerdem zur Bildung von Anmoor-Pseudogleyen (BOLZ 1995).

3. Die Untersuchungsflächen im NSG Tennenloher Forst

Die Untersuchungsflächen unserer Studie liegen alle auf der gerodeten Freifläche innerhalb des NSG Tennenloher Forst und orientieren sich an geschlossenen Einheiten der Pflege oder Wegabgrenzung.

Fläche I (siehe Abb. 2) umfasst etwa 28 Hektar und wurde daher in neun kleinere Parzellen (I a bis I i) unterteilt, als Grenzen hierzu dienten meist die im Gebiet verteilten Schießhügel oder Wege. Sie ist zudem die einzige Teilfläche mit gemulchten Bereichen. Im Osten des Gebiets und im Areal I f befinden sich kleine, weitestgehend vegetationslose Sanddünen.

Abb. 2: Untersuchungsfläche I mit Einteilung in die kleineren Areale a bis i und Untersuchungsfläche V. Gemulchte Flächen grün, Sanddünen blau (Quelle Luftbild: Google Earth, 2009).

Die Flächen II und III liegen südwestlich unterhalb des Kugelfangwalls. Fläche II weist mit *Cytisus scoparius* (Besenginster) und Fichtenaufwuchs vor allem im westlichen Bereich dichte Vegetation auf. Innerhalb der Fläche befinden sich allerdings auch zwei Sanddünen mit geringer Vegetation (Abb. 3).

Download unter www.biologiezentrum.at

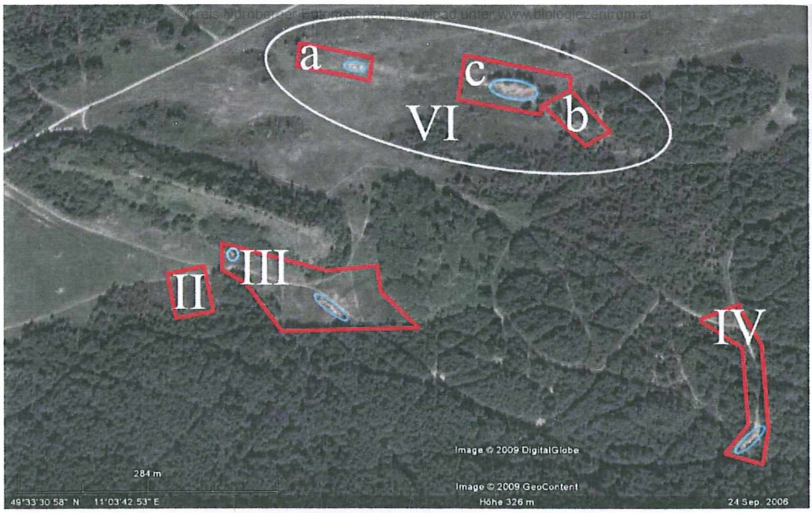


Abb. 3: Untersuchungsflächen II, III, IV und VI mit Sanddünen bzw. in VI Wälzfläche (blau) (Quelle Luftbild: Google Earth, 2009).

Fläche IV erstreckt sich als relativ schmaler Streifen südlich des Pferde-Geheges, der südlichste Teil von IV stellt als Südhang eine vegetationslose Sandfläche dar (Abb. 3).

Fläche V liegt südlich der Fläche I, auch hier findet sich eine schwach entwickelte Sanddüne (Abb. 3).

Die Flächen VI a, b und c liegen innerhalb des Geheges. VI a stellt dabei die Wälzfläche der Przewalski-Pferde, VI b und c stellen Bereiche einer gut ausgebildeten Sanddüne dar (Abb. 3).

Tabelle 1 zeigt die Vegetationstypen und Aspekte (August 2009) der einzelnen Probeflächen:

Fläche	**Vegetationstypen**	
I a bis e, g bis i	Sandglöckchenrasen mit *Potentilla verna*, *Thymus pulegoides* und geringem Vorkommen an *Corynephorus canescens*. Außerdem *Calamagrostis epigejos*-Herden, Moos- und Flechten-Schichten.	

I f	Sandmagerrasen ohne vitale Vorkommen an *Corynephorus canescens* mit *Calamagrostis epigejos*-Herde, *Cytisus scoparius,* Kiefernaufwuchs, Moos- und Flechtenschicht.	
II	Calluna-Heide aus *Calluna vulgaris* mit Moos- und Flechtenschicht.	
III	Sandmagerrasen mit *Calamagrostis epigejos*-Herden, *Cytisus scoparius,* Kiefernaufwuchs, Moos- und Flechtenschicht, nur sehr geringer Anteil an Sandglöckchen und *Corynephorus canescens.*	
IV	Sandmagerrasen mit *Potentilla verna, Calluna vulgaris* und *Calamagrostis epigejos,* ohne vitale Vorkommen an *Corynephorus canescens.*	
V	Sandmagerrasen mit *Calluna vulgaris, Calamagrostis epigejos,* ohne vitale Vorkommen an *Corynephorus canescens.* Calluna-Heide aus *Calluna vulgaris* mit Moos- und Flechtenschicht.	

©Kreis Nürnberger Entomologen; download unter www.biologiezentrum.at

VI a & c	Silbergrasfluren Sandglöckchenrasen mit Moos- und Flechtenschicht.	
VI b	Calluna-Heide aus *Calluna vulgaris* mit Moos- und Flechtenschicht. Sandglöckchenrasen.	

Tab. 1: Vegetationstypen der Untersuchungsflächen. Fotos M. Schönle; VI: V. Fröhlich

Einige der Untersuchungsflächen sind bezüglich ihres Vegetationstyps uneinheitlich, meist aufgrund eines als Calluna-Heide vorliegenden Teilabschnitts. Auch bei den Deckungsgraden der Vegetation weisen die Flächen, wie auf den Fotos in Tab. 1 zu erkennen ist, sehr inhomogene Werte auf. Sie schwanken zwischen annähernd 0 % und 100%.

4. Datenerhebung

Die Erhebungen erfolgten vom 2.-16. August 2009 um die Mittagszeit (11.00-16.00 max.) bei sonnigem bis leicht bewölktem Wetter. Die ausgewählten Untersuchungsflächen wurden in Transekten (= Linien) mit etwa zehn Meter Abstand zur Erhebung der Bestände an *Sphingonotus caerulans* und *Oedipoda caerulescens* abgegangen, dabei wurde immer ein Handkescher mitgeführt. Die Zahl an gefundenen und determinierten Individuen der Zielarten wurde in ein zuvor erstelltes Formular eingetragen. Dabei fand eine Unterscheidung zwischen den Flächeneinheiten „Weg", „hohe, dichte Vegetation" und „niedrige, geringe Vegetation bis vegetationslos", und auch zwischen gemulchten und nicht-gemulchten Flächen statt. Zur Bestimmung der Bestandsdichte in Individuen pro Meter wurden die Längen der Transekte bestimmt. Um auch einen Wert für die Bestandsdichten in den erfassten Flächeneinheiten berechnen zu können, wurde innerhalb der Transekte ebenfalls eine Aufteilung in die Flächeneinheiten vollzogen.

Parallel zur Bestandserhebung wurden verschiedene Umweltdaten erfasst, unter anderem der Gesamtdeckungsgrad der Vegetation, der Deckungsgrad der Phanerogamen (alle höheren Pflanzen) und der Kryptogamen (Moose, Flechten und Farne). Für die Erhebung dieser Daten wurden die während einer Begehung gesichteten Deckungsgrade am Ende des Transekts ge-

mittelt. Zusätzlich zu den verschiedenen Deckungsgraden wurde für jeden Transekt die maximale Höhe der Vegetation durch Abmessen mit einem Zollstock bestimmt.

Die Bestimmung der Heuschreckenarten erfolgte nach BELLMANN (1993). Zur Unterscheidung von *Oedipoda caerulescens* und *Sphingonotus caerulans* diente vor allem die Stufe an der Oberseite der Sprungbeine und die dunkle Querbinde der Alae (Unterflügel) von *Oedipoda caerulescens*, so konnten auch aufgeschreckte Tiere im Flug sicher bestimmt werden. Die längeren Flügel, der schlankere Habitus und das tiefer liegende Halsschild der Blauflügeligen Sandschrecke dienten als zusätzliche Erkennungsmerkmale.

Die Berechnung der Individuendichte in Ind./ m wurde durch Eintrag der abgegangenen Transekte in Kartenmaterial mit Maßstab-Angabe und anschließender Ermittlung der Transekt-Länge mittels Abmessen und Umrechnung auf Meter mit Hilfe des Maßstabs auf den Karten vorgenommen. Die Berechnung der Bestandsdichte(n) erfolgte für jeden Transekt mit der Formel:

$$\text{Bestandsdichte (Ind./ m)} = \frac{\text{Zahl der gefundenen Individuen}}{\text{Transektlänge (m)}}$$

Zur Ermittlung der Individuendichte für die erfassten Flächeneinheiten wurden zunächst die Transekte in die jeweiligen Flächeneinheiten aufgeteilt und die anteiligen Meter berechnet. Durch Addition der ermittelten Meter für jede Flächeneinheit und mit der Angabe der Zahl an Individuen pro Flächeneinheit ließ sich mit folgender Formel die Dichte an Ind./ m bezogen auf die Flächeneinheiten berechnen:

$$\text{Bestandsdichte pro Flächeneinheit (Ind./ m)} = \frac{\text{Individuen-Zahl pro Flächeneinheit}}{\text{Abgegangene Meter pro Flächeneinheit}}$$

5. Zur Biologie und Ökologie von *Sphingonotus caerulans* und *Oedipoda caerulescens*

Aufgrund ihrer guten Mobilität (BELLMANN 1993, MAAS ET AL. 2002) und stenöken Lebensart eignen sich *Sphingonotus caerulans* und *Oedipoda caerulescens* als repräsentative Arten für ihren Lebensraum. *S. caerulans* gilt zudem als Pionier- und Leitart für Sandoffenflächen und junge Silbergrasfluren (SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003). Somit kann sie im NSG Tennenlohe als Anzeiger für weitere psammobionte Arten und Lebensgemeinschaften herangezogen werden. Beide Arten gehören zur Familie Acrididae, Unterfamilie Oedipodinae. Es taucht zwar auch immer wieder die von HARZ (1975) aufgestellte Bezeichnung Locustinae für die Unterfamilie der Ödlandschrecken auf, diese ist aber ungültig (MARSHALL & HAES 1988). Somit wird die frühere Benennung Oedipodinae beibehalten (DETZEL 1998)

5.1 *Sphingonotus caerulans* (Blauflügelige Sandschrecke)

www.biologiezentrum.at

Die Blauflügelige Sandschrecke weist in Größe, Färbung und Lebensweise hohe Ähnlichkeiten zu den *Oedipoda*-Arten, insbesondere der Blauflügeligen Ödlandschrecke *Oedipoda caerulescens,* auf.

Abb. 4: *Sphingonotus caerulans* (♀) auf einer Freifläche in I e (Foto: M. Schönle).

Abb. 5: *S. caerulans* (♂) mit gut erkennbaren, türkisfarbenen Tibien (Foto: M. Schönle).

Sphingonotus caerulans besitzt eine Körperlänge von 14 bis 26 mm (♂) bzw. 20 bis 31 mm (♀), die Färbung ist, ähnlich zu *Oedipoda,* sehr variabel, da sie im Laufe der Entwicklung durch Pigmente dem Untergrund angepasst wird. So sind Braun- und Grautöne wie auch sehr helle und sehr dunkle, fast schwarze Färbungen möglich. Die Deckflügel weisen meist zwei bis drei dunkle Querbinden auf oder sind gleichmäßig fein gefleckt (BELLMANN 1993), die Elytren des Weibchens in Abb. 4 besitzen zwei dunkle Querbinden und im hinteren Bereich feinere Flecken.

Unterscheiden lässt sich die Art von den *Oedipoda*-Arten durch einen schlankeren Habitus und deutlich längere Flügel. Sie sind fast so lang wie das ausgestreckte Sprungbein. Desweiteren weisen die Alae von *Sphingonotus caerulans caerulans* eine einfarbig hellblaue Färbung auf (ohne schwarze Querbinde), die nördliche und sehr seltene Unterart *S. c. cyanopterus* (CHARP.) besitzt meist eine angedeutete verdunkelte Binde (HARZ 1957a). Die Tibien sind ebenfalls hellblau bis türkis gefärbt (Abb. 5). Außerdem fehlt die für *Oedipoda*-Arten charakteristische Stufe an der Oberseite der Hinterschenkel (siehe Abb. 7). Eine weitere Unterscheidungshilfe ist das tiefer liegende Halsschild, die Seitenansicht der Abb. 4 zeigt deutlich wie es durch den Kopf überragt wird (BELLMANN 1993, DETZEL 1998, SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003).

Sphingonotus caerulans ist europäisch-nordafrikanisch-westasiatisch verbreitet, in Deutschland gelten Funde in Köln (KÜCHENHOFF 1996), Hagen (DREES 2003) und Hamm (SCZEPANSKI 2005) bisher wohl zu den am nördlichsten nachgewiesenen Vorkommen. In Schleswig-Holstein gilt die Art bereits als ausgestorben oder verschollen (WINKLER 2000). In Bayern kommt die Blauflügelige Sandschrecke mit etwa 45 % aller Funde im Mittelfränkischen Becken zwischen Bamberg und Pleinfeld vor. Weitere Fundorte sind im Oberpfälzischen Hügelland (~ 35 %) und im Unterbayerischen Hügelland (~ 10 %) registriert.

Sphingonotus caerulans besiedelt vegetationsarme, trockene Sand- und Kiesflächen wie Binnendünen, Grasheiden, Schotterbänke und Sandfluren. Immer häufiger gehören auch Sekundärstandorte wie (ehemalige) Militärübungsgebiete, Bahnanlagen, Industriebrachen, Sand- und Kiesgruben dazu (BELLMANN 1993, DETZEL 1998, BREUER 2007). So gelangen beispielsweise in den Münchener Bahnanlagen in den Jahren 1997, 1998 und 2000 neue Nachweise. Dagegen sind seit langem bekannte Fundorte bei Würzburg und auf Kiesbänken des Lechs bei Mering und Gersthofen vermutlich inzwischen erloschen (SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003). Genauso erging es wohl einer individuenreichen Population auf den Rezat-Brombach-Sanden, durch Flutung des Brombachsees wurden die Sande größtenteils zerstört. Es blieben nur kleine Reliktstandorte zurück, ungenügend zur Ausbildung einer stabilen Population und so konnte MESSLINGER 2001 kein einziges Exemplar mehr feststellen. A. NIEDLING (mdl. Mitt. 2010) teilt aus dem Naturraum und aus Oberfranken mehrere weitere Nachweise mit, darunter einige Bahhnhofs-Gleisanlagen (z.B. Nürnberg, siehe auch PANKRATIUS 2004).

Die Art benötigt zur Besiedelung entsprechender Flächen meist eine zusammenhängende Fläche von etwa 200 m^2 (MERKEL 1980). Diese Minimalangaben erlauben aber sehr wahrscheinlich keine dauerhafte Ansiedelung und den Aufbau überlebensfähiger Populationen. Nach RÖBER 1951 neigen xerothermophile Arten wie *S. caerulans* zu starken Populationsschwankungen, weswegen besonders große Lebensraumverbünde benötigt werden, da ansonsten in klimatisch ungünstigen Jahren die Bestände so individuenarm werden können, dass ein Fortbestand nicht mehr gewährleistet ist (REMMERT 1979, DETZEL 1998). Bei Untersuchungen auf frühen Sukzessionsstadien auf ehemaligen Truppenübungsplätzen in Brandenburg ermittelten KLATT & SCHILITZ (1997) mehr als einen Hektar als erforderliche Größe zur Ausbildung einer stabilen Population, dagegen spricht ALTMOOS (2000) von etwa 0,3 ha als Richtwert für die Mindestgröße geeigneter Habitate. Übereinstimmend damit schätzen QUINGER & MEYER (1995) die benötigte Größe auf 0,5 ha. Es reichen dabei allerdings entsprechend viele kleinere,

offene Sandflächen die über vegetationsarme Verbindungsstrukturen miteinander verknüpft sind (DETZEL 1998, SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003).

Neben der ausreichenden Habitatgröße stellt die Art vor allem an den Deckungsgrad hohe Anforderungen, dieser wird meist mit wenigen Prozent beziffert. So geben FARTMANN et al. (2001) einen Deckungsgrad von 5 bis maximal 35 % an, JAUN-HOLDEREGGER & ZETTEL (2008) konnten bereits ab einer Gesamtdeckung von 25 % keine Funde mehr verzeichnen und legten die bevorzugten Werte für die Pflanzendeckung mit 0-10 % fest. Dem Deckungsgrad einer Fläche und damit ihrer Beschattung kommt bei der postembryonalen Entwicklung beinahe aller Heuschreckenarten besondere Bedeutung zu, da sich hierbei hohe Temperaturen und geringe Feuchtigkeit fördernd auswirken (HELFERT & SÄNGER 1975, INGRISCH & KÖHLER 1998).

Der Reiz zur Paarung erfolgt über eine optische Anlockung durch die im Flug auffallend blau gefärbten Flügel. Ein größeres Balzritual und dabei produzierte Stridulation (Lautäußerungen) sind nicht bekannt. Allerdings kommt es unter mehreren Männchen häufig zu recht leisen „zarten, melodischen" Lautäußerungen „ohne schabende oder kratzende Mitgeräusche" (FABER 1936, SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003). Die Eier werden vom Weibchen schnurartig aneinanderhängend in den vegetationslosen, bevorzugt feinkörnigen Boden (DETZEL 1998) oder auch oberirdisch abgelegt (BORNHALM 1991). Die Larven schlüpfen Anfang Juni, die weitere Entwicklung verläuft hemimetabol. Das Imaginalstadium wird nach vier bis fünf Häutungen erreicht (BAUR & ROESTI 2006). Imagines erscheinen in Bayern ab Anfang Juli und sind bis zu den ersten Frösten zu finden (SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003).

JAUN-HOLDEREGGER & ZETTEL (2008) konnten durch Kotanalysen nachweisen, dass *S. caerulans* bei geringer Verfügbarkeit an pflanzlicher Nahrung den Bedarf mit tierischer Nahrung in Form von toten Arthropoden deckt. Bei Vorhandensein werden in Bezug auf pflanzliche Nahrung vor allem Moose (dabei nimmt *Tortella inclinata* einen wesentlichen Anteil ein) und Kräuter genommen. Gräser werden nur von Imagines gefressen, dies hängt wahrscheinlich mit dem hohen Silikatgehalt in den xeromorphen Wuchsformen zusammen, wodurch sie hart werden und abrasiv wirken (BERNAYS & CHAPMAN 1970).

Als Pionierart wird vor allem eine hohe Wanderbereitschaft vorausgesetzt, so liegen gemessene Aktionsradien zwischen 30 und 500 m (JAUN-HOLDEREGGER & ZETTEL 2008, HEß 2001, ALTMOOS 2000). Dabei muss allerdings eine entsprechend große Population vorhanden sein, da immer nur ein geringer Teil an Individuen die Fähigkeit zur Fernausbreitung besitzen und bei einer Abwanderung dieser Tiere kein Defizit in der vorhandenen Population entstehen lassen dürfen (KLATT & SCHILITZ 1997, SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003).

5.2 *Oedipoda caerulescens* (Blauflügelige Ödlandschrecke)

ologiezentrum.at

Oedipoda caerulescens erreicht eine Körperlänge von 15 bis 21 mm (♂) bzw. 22 bis 28 mm (♀) (BELLMANN 1993). Die Färbung ist sehr variabel und reicht von rotbraun über alle möglichen Grautöne bis zu fast schwarzen Tieren. Die Deckflügel und Sprungbeine weisen zwei bis drei dunkle Querbinden auf, die jedoch bei sehr hellen oder dunklen Tieren auch undeutlich sein können (DETZEL 1998, BELLMANN 1993). Die Tibien können bläulich bis türkis gefärbt sein, besitzen dabei aber an den Enden dunkle und helle Querbinden.

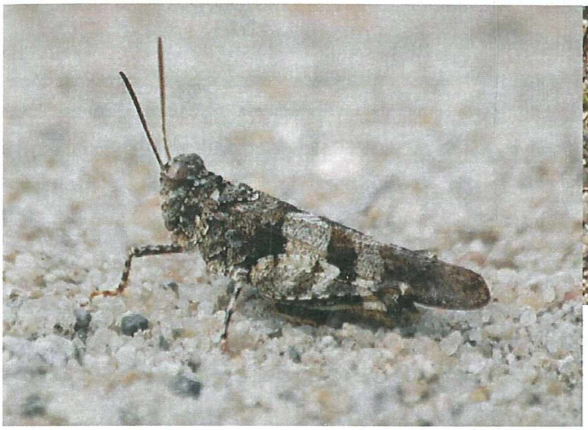


Abb. 6: *Oedipoda caerulescens* (♂) auf dem Sandweg zwischen I e und I f (Foto: M. Schönle).

Abb. 7, oben: *O. caerulescens* (♀), der Pfeil zeigt die Stufe am Sprungbein (Foto: M. Schönle); unten: Linker Hinterfemur von *O. caerulescens* (Quelle: BELLMANN 1993)

Zur Abgrenzung der Art von *Sphingonotus caerulans* dient vor allem die für alle *Oedipoda*-Arten typische Stufe im Oberrand der Hinterschenkel (Abb. 7), weiterhin sind die Alae zwar auch blau gefärbt, besitzen aber eine gebogene schwarzbraune Querbinde. Außerdem sind diese kürzer, sie reichen maximal bis zur Hälfte der Tibien bei ausgestreckten Hinterbeinen. Die Tiere erscheinen dadurch und durch einen kräftigen Thorax auch kompakter als die Blauflügelige Sandschrecke. Das Halsschild und der Rückenkiel bilden in Seitenansicht fast eine gerade Linie. Typisch ist außerdem die sogenannte Hakenlandung nach einem Flug, um Fressfeinden zu entgehen (BELLMANN 1993, DETZEL 1998).

Die Art ist holopaläarktisch verbreitet und auf Deutschland bezogen im Norden vergleichsweise selten, im Süden noch häufiger (DETZEL 1998). In Bayern liegt eine besonders hohe Funddichte innerhalb des Mittelfränkischen Beckens, die am dichtbesiedelsten Regionen lie-

gen somit bei einer Höhenlage von 300 bis 500 m über NN (SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003). Fundorte der Art in Bayern sind allerdings im Bereich von 100 bis 1410 m über NN bekannt. Schon anhand der Verbreitung zeigt sich, dass *O. caerulescens* deutlich geringere Anforderungen an ihre Umwelt zu haben scheint als die nahe Verwandte *S. caerulans*. Mehrere Untersuchungen zu den Habitatpräferenzen untermauern dies. Zwar ist die Art sehr trockenheitsliebend, besiedelt aber auch Flächen mit deutlich höherer Pflanzendeckung. FARTMANN et al. (2001) sprechen von 5 bis 75 %, wobei die Zahl der Funde zwischen 5 und 35 % noch relativ gering sind, JAUN-HOLDEREGGER & ZETTEL (2008) geben für bevorzugte Habitate eine Pflanzendeckung von 30 bis 80 % an. Die mittlere Wuchshöhe sollte dabei 50 cm nicht überschreiten und der Raumwiderstand gering sein (FARTMANN 1997). Dazu passende Habitate sind Binnendünen, lichte Kiefernwälder, Trocken- und Halbtrockenrasen, Sandgrasheiden und entsprechende Sekundärstandorte wie Bahnanlagen und ehemalige Militär-Übungsplätze. Die Art besiedelt dabei bereits relativ kleine Gebiete ab 40 m^2 (MERKEL 1980), die minimale Habitatgröße wird jedoch auf 500 bis 600 m^2 geschätzt (APPELT 1996). HESS & RITSCHEL-KANDEL (1992) konnten feststellen, dass sich die Tiere auch auf Störstellen wie Wege oder Abbaustellen niederlassen, wenn anliegende Trockenrasen nicht mehr genügend Freiflächen bieten.

Imagines treten ab Ende Juni auf, zur Paarung sucht das Männchen aktiv den Boden nach Weibchen ab, es kommt zu keinem Balzverhalten oder Werbegesang, nur unmittelbar vor der Paarung erzeugt das Männchen manchmal ganz kurze leise Töne (BELLMANN 1993). Zur Paarung hüpft das Männchen seitlich auf das Weibchen auf, dabei kommt es oft zu mehreren Fehlversuchen aufgrund paarungsunwilliger Weibchen. Zudem ist die Erkennung eines Weibchens dabei recht ungenau, da auch Aststückchen und ähnliches besprungen werden (HARZ 1957). Die Eier werden vom Weibchen, mit Schaum umgeben, in den Boden abgelegt (BAUR & ROESTI 2006), überraschenderweise besitzen sie allerdings nur eine geringe Trocken- und Hitzeresistenz (INGRISCH 1983, KÖHLER 1996). Nach der Überwinterung kommt es Mitte Mai zum Schlupf der Larven. Bei jeder der folgenden fünf Häutungen bis zum Adultstadium (SCHÄDLER & WITSACK 1999) wird durch physiologischen Farbwechsel die Grundfärbung der Larve an die Färbung des Untergrunds angepasst (Homochromie; ERGENE 1953). Aber auch als Imago ist *O. caerulescens* noch zu Farbwechsel befähigt, so gleichen sich hell gefärbte Tiere unter Lichteinfluss innerhalb von zwei Tagen an einen schwarzen Untergrund an, dieser Vorgang ist allerdings irreversibel (ERGENE 1954). Das Maximum an adulten Individuen wird in Bayern in der zweiten Augusthälfte erreicht, die Larvenzeit dauert bis Anfang September,

es treten also meist mehrere Entwicklungsstadien nebeneinander auf (SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003).

Die Nahrungszusammensetzung ist je nach Verfügbarkeit unterschiedlich, bevorzugt werden allerdings Pflanzen aus der Familie der Fabaceae. Tierische Nahrung in Form toter Insekten wird in geringerem Umfang ebenfalls genommen (JAUN-HOLDEREGGER & ZETTEL 2008). Bei reiner Fütterung mit Gras tritt nach wenigen Tagen der Tod des Tieres ein (HELFERT & SÄNGER 1975, KAUFMANN 1965).

Zur Wanderbereitschaft von *O. caerulescens* gibt es sehr unterschiedliche Angaben. So ergaben Untersuchungen von DETZEL (1998) und JAUN-HOLDEREGGER & ZETTEL (2008), dass Strecken über 100 m nur selten und wenn dann nur von einzelnen Individuen zurückgelegt werden. Sie bescheinigten der Art nur eine geringe Wanderbereitschaft. Allerdings ermittelte KÖHLER (1999) einen maximalen Aktionsradius von 800 m (!) (bezüglich männlicher Individuen), ALTMOOS (2000) von 430 m und einen Median von 25 m. Demnach ist die Wanderbereitschaft der Blauflügeligen Ödlandschrecke durchschnittlich zwar geringer als die von *S. caerulans*, dafür können höhere Maximalwerte erreicht werden.

6. Ergebnisse

Heuschrecken-Vorkommen der Teilflächen

Die Bestandsaufnahme liefert bezüglich der Individuendichte von *Sphingonotus caerulans* im Vergleich zu *Oedipoda caerulescens* ein deutliches Ergebnis: Die Dichte an *S. caerulans* ist wesentlich geringer. Im Untersuchungszeitraum konnten insgesamt 654 Funde an *Oedipoda caerulescens* verzeichnet werden, diese entsprechen einem Wert von durchschnittlich 0,064 *O. caerulescens* pro Meter (654 Funde auf 10193,337 m). Dagegen konnten im selben Zeitraum insgesamt nur 17 *S. caerulans* festgestellt werden (entspricht 0,002 Ind./ m bei 17 Individuen auf 10193,3 m). Die Mehrzahl der Funde (13) lagen dabei im Bereich des bereits 2001 als letzter Fundort der Art beschriebenen Areals innerhalb des NSG Tennenloher Forst (BOLZ & MAISS 2002). Zwei weitere Funde konnten in etwa 200 m Entfernung davon verzeichnet werden, die verbliebenen zwei Funde lagen etwa 400 m von der Hauptfundstelle entfernt. Außerhalb der Fläche I konnten keine Individuen der Blauflügeligen Sandschrecke gefunden werden. Aufgrund der sehr geringen Datenmenge für *S. caerulans* sind die Auswertungen für diese Art nicht unbedingt aussagekräftig, daher wurde auch von einer statistischen Auswertung abgesehen.

Oedipoda caerulescens kommt dagegen auf allen Untersuchungsflächen vor. Die Bestandsdichten schwanken dabei zwischen 0,012 Ind./ m auf Transekt I d (entspricht 14 Individuen

auf 1180,65 m) und 0,240 Ind./ m auf Transekt I f (entspricht im Durchschnitt 92 Funden auf 381,18 m). Um die Unterschiede in den Bestandsdichten zwischen den zwei untersuchten Arten deutlich darzustellen wird der Datensatz in einer Grafik (Abb. 8) veranschaulicht.

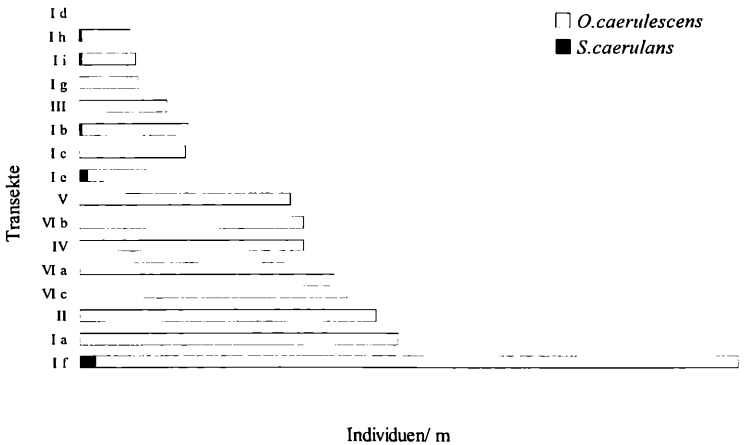


Abb. 8: Dichte von *O. caerulescens* und *S. caerulans* in Ind./m für die untersuchten Transekte im direkten Vergleich.

Verteilung und Korrelation von Sphingonotus caerulans und Oedipoda caerulescens nach Struktur-Parametern der Vegetation

Bei den hier betrachteten Umweltdaten (Tab. 2) handelt es sich um den Gesamtdeckungsgrad der Vegetation (D. ges.), den Deckungsgrad der Kryptogamen (D. Krypto) und der Phanerogamen (D. Phanero) für jedes Transekt. Zusätzlich wurde die maximale Höhe (h max) bestimmt.

Transekt	*Oedipoda caerulescens* Ind./ m	*Sphingonotus caerulans* Ind./ m	D. ges %	D. Krypto %	D. Phanero %	h max cm
I a	0,119	0	65	60	60	110
I b	0,040	0,001	85	80	60	110
I c	0,040	0	75	60	60	100
I d	0,012	0	80	50	65	120
I e	0,052	0,003	60	50	50	120
I f	0,240	0,006	55	40	45	120

©Kreis Nürnberger Entomologen; download unter www.biologiezentrum.at

I g	0,022	0	90	40	80	10
I h	0,018	0,001	65	30	60	100
I i	0,020	0,001	60	40	55	100
II	0,111	0	70	65	60	120
III	0,033	0	80	50	75	120
IV	0,084	0	55	40	45	100
V	0,079	0	60	40	55	120
VI a	0,095	0	40	20	30	40
VI b	0,084	0	75	30	70	100
VI c	0,100	0	35	30	30	100

Tab. 2: Aufstellung der aufgenommen Umweltdaten und der Bestandsdichten von *O. caerulescens* und *S. caerulans* in den entsprechenden Transekten. Abkürzungen siehe Text.

Verteilung und Korrelation zwischen Individuen-Dichte von O. caerulescens und Gesamtdeckungsgrad der Vegetation

Die Auswertung des Datensatzes zur Individuendichte an *Oedipoda caerulescens* und dem Gesamtdeckungsgrad der Vegetation zeigt eine schwache Korrelation zwischen den Werten (R^2 = 0,2543; siehe Abb. 9). Bei Betrachtung der grafischen Darstellung des Datensatzes zeigt sich, dass im Bereich von einem Deckungsgrad von 35 bis 70 % die größten Individuendichten (ab 0,1 Ind./ m) liegen. Ab einem Deckungsgrad von 75 % treten nur noch geringe Dichten unter 0,05 Ind./ m auf. Die mit 0,240 Ind./ m höchste Bestandsdichte konnte bei einer Gesamtdeckung von 55 % verzeichnet werden und liegt innerhalb der Fläche I f vor. In diesem Areal konnte auch die höchste Dichte an *Sphingonotus caerulans* nachgewiesen werden (0,006 Ind./ m).

Ordnet man die Bestandsdichten von *S. caerulans* nach dem Gesamtdeckungsgrad (D. ges) der einzelnen Transekte, fällt auf, dass von der Art auf den Flächen mit der geringsten Deckung die größten Bestandsdichten festgestellt werden konnten (Tab. 3). Alle registrierten Funde hielten sich dabei innerhalb dieser Transekte auf Abschnitten mit unterdurchschnittlichem Gesamtdeckungsgrad auf (< 40 %). Dies trifft auch auf Fläche I b zu. Es wurden also immer kleine Abschnitte mit deutlich geringerem bzw. geringstem Vegetationsanteil aufgesucht.

Verteilung und Korrelation zwischen Individuen-Dichte O. caerulescens und Deckungsgrad der Kryptogamen

Die Auswertung des Datensatzes zur Bestandsdichte an *Oedipoda caerulescens* und dem Deckungsgrad an Kryptogamen ist in Abb. 10 dargestellt. Da der Wert des Korrelationskoeffizienten nur geringfügig über Null liegt (R^2 = 0,013), kann anhand dieser Daten keine statistisch beschreibbare Abhängigkeit zwischen der Individuen-Dichte an *O. caerulescens* und dem Kryptogamen-Deckungsgrad nachgewiesen werden.

Auch bezüglich des Datensatzes zu *S. caerulans* lässt sich keine statistisch beschreibbare Beziehung zwischen Bestandsdichte und dem Deckungsgrad der Kryptogamen erkennen.

Transekt	*S. caerulans* Ind./ m	D. ges %
I f	0,006	55
I e	0,003	60
I i	0,001	60
I h	0,001	65
I a	0	65
I c	0	75
I d	0	80
I b	0,001	85
I g	0	90

Tab. 3: Aufstellung der Bestandsdichten von *S. caerulans* und der Gesamtdeckung in den jeweiligen Transekten, geordnet nach dem Deckungsgrad. Abkürzungen siehe Text.

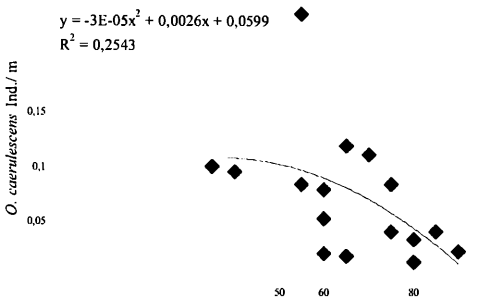


Abb. 9 (r.o.): Korrelation zwischen der Individuendichte von *O. caerulescens* und dem Gesamtdeckungsgrad.

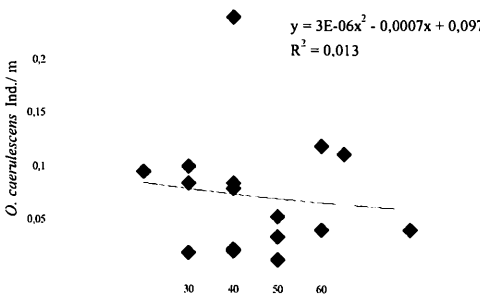


Abb. 10 (r.m.): Korrelation zwischen der Individuendichte von *O. caerulescens* und dem Deckungsgrad der Kryptogamen.

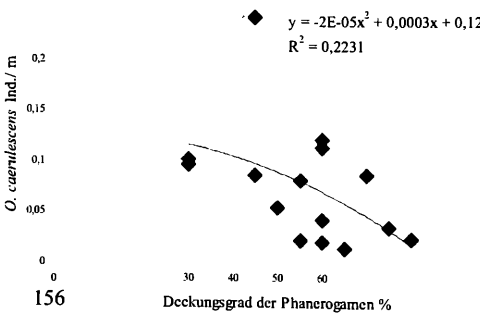


Abb. 11 (r.u.): Korrelation zwischen der Individuendichte von *O. caerulescens* und dem Deckungsgrad der Phanerogamen.

Verteilung und Korrelation zwischen Individuen-Dichte O. caerulescens und Deckungsgrad der Phanerogamen

Bei der Auswertung des Datensatzes zur Bestandsdichte von *O. caerulescens* und dem Deckungsgrad an Phanerogamen ergibt die Berechnung des Korrelationskoeffizients (R^2) ebenfalls einen schwachen Zusammenhang (Abb. 11). Ähnlich wie im Fall des Gesamtdeckungsgrads steigt die Individuen-Dichte mit Abnahme des Deckungsgrades der Phanerogamen innerhalb der vorliegenden Werte. Ab 70 % Phanerogamen-Deckung wurden nur noch wenige Funde pro Meter registriert, größere Dichten (ab 0,1 Ind./ m) konnten im Bereich von 30 bis 60 % festgestellt werden. Die größte Bestandsdichte mit 0,240 Ind./ m lag bei einem Deckungsgrad der Phanerogamen von 45 %.

Der Datensatz zu *S. caerulans* bezüglich der Bestandsdichte und dem Deckungsgrad der Phanerogamen (D. Phanero) liefert ebenfalls eine erkennbare Tendenz. Um diese deutlicher darzustellen, wurde der Datensatz in Tab. 6 nach dem Deckungsgrad sortiert. Es lässt sich nun erkennen, dass *S. caerulans* bei dem niedrigsten Deckungsgrad der Phanerogamen die höchste Individuendichte zeigt. Je weiter der Deckungsgrad ansteigt, desto geringer werden die Bestandsdichten.

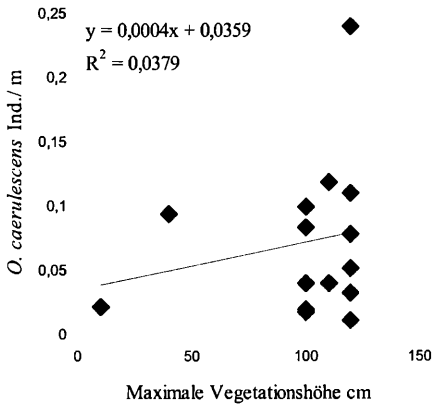
Transekt	*S. caerulans* Ind./ m	D. Phanero %
I f	0,006	45
I e	0,003	50
I i	0,001	55
I b	0,001	60
I h	0,001	60
I a	0	60
I c	0	60
I d	0	65
I g	0	80

Tab. 4: Aufstellung der Bestandsdichten von *S. caerulans* und dem Deckungsgrad der Phanerogamen in den jeweiligen Transekten, primär sortiert nach dem Deckungsgrad. Abkürzungen siehe Text.

Verteilung und Korrelation zwischen Individuen-Dichte von O. caerulescens und maximaler Höhe der Vegetation

Die Auswertung zum Datensatz Individuen-Dichte und maximale Höhe der Vegetation ist in Abb. 12 dargestellt. Die

Abb. 12: Verteilung und Korrelation zwischen der Individuendichte von *O. caerulescens* und der maximalen Höhe der Vegetation.



Daten zur maximalen Höhe zeigen bis auf zwei Ausnahmen nur geringe Variation. Dies liegt daran, dass auf 15 von 16 Transekten das Reitgras *Calamagrostis epigejos* vorkam und bei 14 von ihnen mit einer Wuchshöhe von 100 bis 120 cm die maximale Höhe bestimmte. Auf Fläche I g wuchs es zwar auch, allerdings war etwa drei Wochen vor der Begehung eine Mahd durchgeführt worden, wodurch die Vegetation nur noch eine Höhe von 10 cm aufwies. Der einzige Transekt ohne Bestände an *Calamagrostis epigejos* stellte VI a (40 cm) dar. Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten ergab einen Wert von $R^2 = 0{,}0379$, somit kann aufgrund des Datensatzes keine Korrelation zwischen den Heuschrecken-Bestandsdichten und der maximalen Vegetationshöhe nachgewiesen werden.

Verteilung der Individuen-Dichte nach Flächeneinheiten

Da die Transekte sehr unterschiedliche Flächencharakteristika beinhalteten, wurden bei der Bestandsaufnahme die Funde zwischen den Flächeneinheiten „niedrige, geringe Vegetation bis vegetationslos", „hohe, dichte Vegetation", „Weg" und „gemulcht" unterschieden. Der entstandene Datensatz zeigt, dass die Einheit „Weg" mit 0,1276 Ind./ m die höchste Individuendichte an *Oedipoda caerulescens* aufweist, gefolgt von Arealen mit niedriger, geringer Vegetation bis vegetationslosen Sandflächen (0,0744 Ind./ m) (siehe Tab. 5 und Abb. 13). Da die Geländeeinheit „Weg" bezüglich ihrer Vegetationsdichte auch zur Kategorie „niedrige, geringe Vegetation bis vegetationslos" gezählt werden kann, ergibt sich insgesamt für diese Standorte eine Individuendichte von 0,0892 Ind./ m (605 Individuen auf 6785,83 m). Hohe, dichte Vegetation wird dagegen weitestgehend gemieden (0,0148 Ind./ m). Damit werden die in den vorigen Grafiken gefundenen Korrelationen bestätigt.

Tab. 5: Individuendichten bezogen auf die Geländeeinheiten; (V = Vegetation).

Flächeneinheit	*O. caerulescens* Ind./ m	*S. caerulans* Ind./ m
Niedrige, geringe Vegetation bis vegetationslos	0,074	0,003
Hohe, dichte Vegetation	0,015	0
Weg	0,128	0,002
Gemulcht	0,014	0

Gemulchte Areale weisen, trotz niedriger Vegetation nur eine geringe Besiedelungsdichte auf (0,0140 Ind./ m). Dieses Ergebnis zeigt, dass der Deckungsgrad der Bodenoberfläche für eine Besiedelung mehr Bedeutung findet, als eine geringe Vegetationshöhe, da bei der Datenaufnahme Areale mit einem Deckungsgrad unter 50 % innerhalb der gemulchten Flächen ausge-

nommen wurden und dortige Funde zur Kategorie „niedrige, geringe Vegetation bis vegetationslos" gezählt wurden.

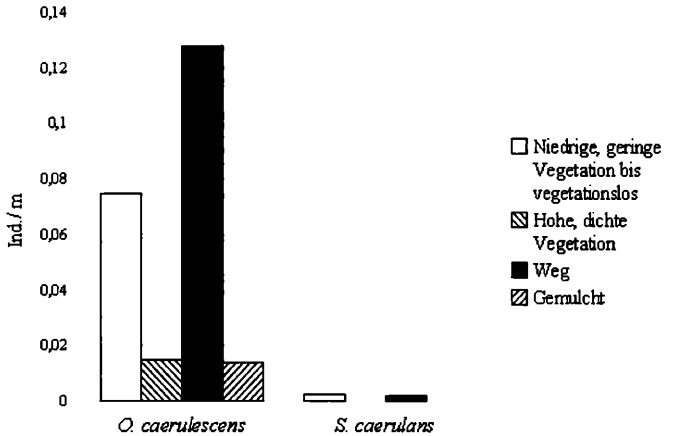


Abb. 13: Verteilung der Bestandsdichten von *Oedipoda caerulescens* und *Sphingonotus caerulans* bezogen auf verschiedene Flächennutzungseinheiten.

Der Datensatz zu *Sphingonotus caerulans* zeigt, dass die Funde nur in Einheiten festgestellt wurden in denen auch *Oedipoda caerulescens* in hohem Maße gefunden wurde, also nur in vegetationsärmeren Arealen mit einem unterdurchschnittlichen Deckungsgrad.

Individuen-Dichte und Fundrate von O. caerulescens bezogen auf Wetterdaten

Die Ergebnisse zur gefundenen Individuendichte der Blauflügeligen Ödlandschrecke und den dabei herrschenden klimatischen Bedingungen wird in Abb. 14 dargestellt. Die registrierbaren Bestandsdichten an *Oedipoda caerulescens* gingen bei Bewölkung des Himmels sehr schnell zurück. Funde auf den sonst dicht besetzten Wegen sanken bei Begehungen während solch einer Wetterlage immer gegen Null. Zusätzlich zeigten die Heuschrecken nur noch ein sehr geringes Fluchtverhalten, die Zahl fliegender Tiere nahm erheblich ab.

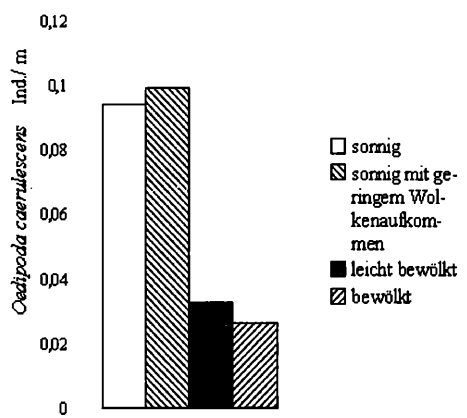


Abb. 14: Verteilung der Individuendichte von *O. caerulescens* bezogen auf notierte Wetterdaten.

Niederschlag an Untersuchungstagen hatte denselben Effekt. An sonnigen heißen Tagen ging die Fundrate am frühen Nachmittag auf den Wegen ebenfalls zurück, es konnte häufiger beobachtet werden, wie *Oedipoda caerulescens* zunächst ihren Körper durch Strecken der Beine möglichst weit vom sandigen Untergrund fernhielt, bis die Hitzentwicklung zu groß wurde und sie in Areale mit höherer Deckung zurück wich. Für *Sphingonotus caerulans* liegen keine entsprechenden Beobachtungen vor, aufgrund des geringen Umfangs des Datensatzes zu *S. caerulans* wurde von einer diesbezüglichen Auswertung abgesehen.

7. Diskussion

Methoden

Mit der Transekt-Methodik konnten in einem kurzen Zeitraum große Flächen des NSG Tennenlohe auf ihre Bestandsdichte der beiden untersuchten Heuschreckenarten überprüft werden. Der Erfolg dieser aktiven Erfassungsmethode hängt zu einem Grossteil von der Aktivität der Zielarten ab, es sollte daher auf sonniges Wetter und vergleichbare klimatische Bedingungen (Tageszeit, Sonnenschein, Feuchte etc.) geachtet werden. Sicherlich sind auch die hier gezeigten Daten durch Wettereffekte überlagert, da in der zweiwöchigen Feldphase (eine Bachelorarbeit an der Uni Erlangen darf nur 4 Wochen dauern) auch wolkige Tage waren. Solche Effekte sind bei der Interpretation zu berücksichtigen.

Korrelationen zwischen Abundanzen und Umweltparamter

Bei der Auswertung der Umweltdaten zeigte keiner der berechneten Korrelationskoeffizienten einzeln einen starken Zusammenhang zwischen Abundanz und Umweltparameter an. Dies war allerdings zum Teil zu erwarten, da meist mehrere Einflussfaktoren das Vorkommen einer Art bestimmen. Zudem führt der relativ geringe Umfang des Datensatzes zu statistischen Limitationen. Die Auswertung der Bestandsdichten zu den verschiedenen Deckungsgraden ergab aufgrund der Art der Datenerfassung einige Ungenauigkeiten: Zum einen kann es durch die Mittelung der Deckungsgrade über einen diesbezüglich inhomogenen, langen Transekt zu Schätzfehlern an sich kommen. Zum anderen ergeben sich rechnerische Probleme, wie am Datensatz von *Oedipoda caerulescens* aufgezeigt werden kann: Da für die Blauflügelige Ödlandschrecke der Literatur nach (siehe Artkapitel) keine lineare Verteilung der Bestandsdichte nach den Deckungsgraden erwartet werden kann, führt die Mittelwertbildung aufgrund von sehr inhomogenen Deckungsgraden innerhalb eines Transekts zu inkorrekten Werten des Präferenzverhaltens. Zum besseren Verständnis der Problematik ein kurzes Beispiel: Ein Transekt mit einer Länge von 500 m zeigt auf 250 m einen Deckungsgrad der Vegetation von

30 % und 20 Funden, auf den restlichen 250 m 90 % Deckungsgrad und 10 Funde. So erhält man letztlich 0,06 Ind./ m (30 Ind./ 500 m) bei einem Deckungsgrad von 60 %. Laut Literatur würde man bei 60 % Gesamtdeckung allerdings eine deutlich höhere Individuendichte erwarten. Da der Transekt jedoch tatsächlich in keinem Bereich einen optimalen Deckungsgrad aufweist, konnte nur eine geringe Individuendichte festgestellt werden. Durch die Mittelung des Deckungsgrads rutscht die geringe Bestandsdichte jedoch in den von *O. caerulescens* präferierten Deckungsgrad-Bereich. Um diese Ungenauigkeit der Daten auszugleichen, fand die zusätzliche Aufteilung der Funde in die verschiedenen Flächeneinheiten statt (Abb. 13).

Anhand des Datensatzes zur Korrelation zwischen der Individuen-Dichte von *O. caerulescens* und dem Gesamtdeckungsgrad der Vegetation werden diese Effekte an konkreten Ergebnissen dieser Arbeit aufgezeigt. Bei Betrachtung der Abb. 15 liegen innerhalb des durch *Oedipoda caerulescens* präferierten Deckungsgrad-Bereichs (grau unterlegt) drei unerwartet geringe Individuen-Dichten (umrahmt). Dabei handelt es sich um die Bestandsdichten der Transekte I e, I h und I i.

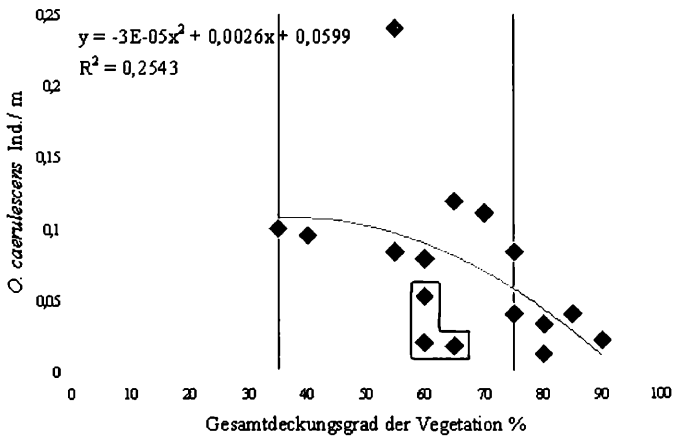


Abb. 15: Korrelation zwischen der Bestandsdichte von *O. caerulescens* und dem Gesamtdeckungsgrad der Vegetation, präferierter Bereich grau unterlegt.

Für alle drei Transekte gilt, dass sie überwiegend einen relativ hohen Vegetationsdeckungsgrad besitzen, jedoch auch Abschnitte mit einem erheblich geringeren Deckungsgrad. Ebenso gehören diese drei, mit Längen von über 1000 m, zu den längsten Transekten, wodurch ein Schätzfehler bei der Bestimmung des Deckungsgrads relativ größer sein kann ist. Im Fall von I h und I i kommt noch hinzu, dass sie einen hohen Anteil an gemulchten Flächen aufwiesen und die Datenerhebung bei bewölktem Himmel stattfand.

Der auffallende Maximalwert in Abb. 15 gehört hingegen zu Transekt I f, dieser weist keine gemulchten Flächen auf und umfasst nur knapp 400 m, wovon etwa ein Fünftel auf die Flächeneinheit „Weg" entfällt. Außerdem wurde dieser Transekt drei Mal und nur bei Sonnenschein kartiert.

Die Daten zeigen also, dass verschiedene Faktoren die festgestellten Individuen-Dichten beeinflussen. Einerseits ist der Vegetationsdeckungsgrad des Gebietes ein wichtiger Faktor, aber auch die Wetterverhältnisse, die Homogenität des Deckungsgrades und auch der Flächeneinheitstyp (gemulcht, Weg etc.) nehmen Einfluss auf die Fundrate.

Nach Entfernen der drei durch die Bedingungen bei der Datenerfassung wahrscheinlich verfälschten Datenpunkte ergibt die Auswertung des Datensatzes zur Bestandsdichte von *O. caerulescens* und der Gesamtdeckungsgrad der Vegetation das in Abb. 16 dargestellte Ergebnis. Der Korrelationskoeffizient steigt auf 0,4826 an und zeigt somit einen viel deutlicheren Zusammenhang zwischen der Individuendichte und dem Deckungsgrad an.

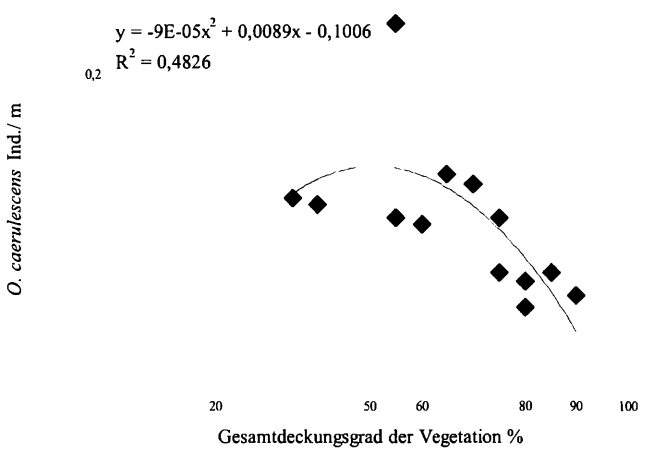


Abb. 16: Korrelation zwischen der Bestandsdichte von *O. caerulescens* und dem Gesamtdeckungsgrad der Vegetation nach Herausnahme der im Text besprochenen Datenpunkten.

Das Präferenzverhalten von *Sphingonotus caerulans* dagegen ist bei der Auswertung der Daten klar zu erkennen, da nur Funde auf Teilflächen mit unterdurchschnittlichem Gesamtdeckungsgrad der Vegetation (< 40%) verzeichnet werden konnten.

Bezüglich der Bedeutung des Deckungsgrads der Kryptogamen ist zu bemerken, dass die Daten aufgrund des Wuchsverhaltens der Moose und Flechten nicht immer eindeutig zu bestimmen waren. Daher lässt sich hier nicht endgültig feststellen, ob diesem Faktor tatsächlich kein Effekt zukommt. Da *O. caerulescens* allerdings bevorzugt Pflanzen aus der Familie der Fabaceae zu sich nimmt (JAUN-HOLDEREGGER & ZETTEL 2008), ist ein größerer Einfluss der Phanerogamen im Vergleich zu den Kryptogamen naheliegend. Das negative Ergebnis der Auswertung des Datensatzes zur Korrelation der maximalen Höhe der Vegetation mit den Sandschrecken-Abundanzen hängt nicht mit der Art der Datenerhebung. sondern mit der geringen Variation der Daten zusammen.

Vergleich der Habitate von Oedipoda caerulescens und Sphingonotus caerulans

Auf die Wahl des Standorts nehmen den Ergebnissen zufolge der Gesamtdeckungsgrad der Vegetation, dabei vor allem der Deckungsgrad der Phanerogamen und klimatische Bedingungen Einfluss. Für *O. caerulescens* ergab sich bei der Auswertung des Datensatzes zur Korrelation von Individuendichte und Gesamtdeckungsgrad ein Bereich mit höheren Individuendichten (siehe Punkt 5.2), der sich mit Angaben aus der Literatur von etwa 35 bis 75 % (FARTMANN et al. 2001 und JAUN-HOLDEREGGER & ZETTEL 2008) vollkommen deckt.

Sphingonotus caerulans konnte im Untersuchungszeitraum nur innerhalb der Fläche I nachgewiesen werden und auch hier wurden nur auf Teilflächen mit geringster Deckung größere Bestandsdichten festgestellt (I e und I f). Aber auch auf diesen Flächen besiedelte sie nur kleine Areale mit einer Bodendeckung unter 40 %. Dies deckt sich weitestgehend mit der Aussage von FARTMANN et al. (2001), nach denen die Art nur auf Flächen mit einem Deckungsgrad von maximal 35 % nachgewiesen werden konnte. Allerdings werden deutlich geringere Deckungsgrade mit 0 bis 10 % bevorzugt (JAUN-HOLDEREGGER & ZETTEL 2008). Diese sind innerhalb des NSG Tennenloher Forst jedoch sehr selten geworden.

Die Untersuchungen zur Bestandsdichte auf bestimmten Flächeneinheiten ergänzen diese Befunde, da sich *Oedipoda caerulescens* und *Sphingonotus caerulans* bevorzugt auf Flächen mit niedriger, geringer Vegetation bis hin zu vegetationslosen Rohböden aufhielten, bei *O. caerulescens* dabei verstärkt auf den Sandwegen. Regelmäßige Funde toter Heuschrecken dort weisen jedoch auch auf das erhöhte Risiko von Radfahrern überfahren zu werden hin. Es wurde beobachtet, dass *Oedipoda caerulescens* bei Störung meist erst sehr spät flüchteten und häufig

wieder auf dem Weg landeten, was das Risiko also nicht vermindert. Die Tatsache aber, dass Wegabschnitte dennoch die individuenstärkste Einheit darstellten, zeigt, dass die Blauflügelige Ödlandschrecke gegenüber gelegentlichen (!) Störquellen wie Jogger und Radfahrer relativ unempfindlich reagiert. Im Gegensatz hierzu zeigten Individuen von *Sphingonotus caerulans* auf den Wegen ein sehr starkes Fluchtverhalten und werden somit als deutlich störanfälliger eingestuft. Bereits bei einer Distanz von mehr als einem Meter schreckten sie auf und waren nach Flügen von über zehn Metern verschwunden.

Naturschutzfachliche Aspekte und Implikationen

Die Ergebnisse unserer Transsekt-Kartierung sind in Hinsicht auf den Bestand an *Sphingonotus caerulans* nicht sehr positiv. Die Art ist seit 1948 im Erlanger Raum immer weiter zurückgegangen, so beschreibt MERKEL es bereits 1980 als „beinahe an Detektivarbeit" grenzend, *S. caerulans* in größeren Populationen festzustellen. Bereits 2001 galt die Fläche I f als letzter gesicherter Standort mit Vorkommen der Art innerhalb des NSG Tennenloher Forst (BOLZ & MAISS 2002). Seit 2005 werden in der Artenschutzkartierung des Bayerischen Landesamts für Umwelt für den Landkreis Erlangen keine Vorkommen der Blauflügeligen Sandschrecke mehr verzeichnet (BREUER 2007). Dieses Bild scheint für den gesamten Naturraum zu gelten, siehe die im Artkapitel angeführten Streufunde (NIEDLING mdl., PANKRATIUS 2004). Zwar zeigt diese Arbeit, dass es durchaus noch Vorkommen gibt, allerdings sind diese mit maximal 0,006 Ind./ m Transekt (I f) rechnerisch sehr gering.

Der Grund für die stetige Abnahme von *S. caerulans* im Naturraum und im NSG Tennenlohe ist im Rückgang störungsarmer, vegetationsarmer Lockersande zu sehen. Die üblichen naturschutzfachlichen Maßnahmen zur Freihaltung der Flächen konnten nicht die Verfilzung des Bodens durch Bewuchs mit Moosen, Flechten und niedrig wachsender Phanerogamen wie *Potentilla verna* verhindern. Innerhalb des Pferde-Geheges sind zwar Flächen mit dem erforderlichen geringen Deckungsgrad vorhanden (VI a und VI c), allerdings ist die Population im NSG möglicherweise bereits zu klein, als dass sie ausreichend Individuen ausbilden könnte, die die entsprechend hohe Wanderbereitschaft besitzen würden oder suboptimale Flächen besiedeln würde. Zudem kann auch die Störungsintensität im Gehege durch die Pferde zu hoch für *S. caerulans* sein, da die offenen Bereiche und Rohbodenflächen im Gehege wie z.B. die Wälzfläche (VI a) der Przewalski-Pferde naturgemäß auch die höchste Störungsfrequenz besitzen. Um diesem eventuell vorliegenden Widerspruch zum Beweidungsgrund nachzugehen, wären detaillierte Studien empfehlenswert.

Für eine Erhaltung der Blauflügeligen Sandschrecke im NSG Tennenloher Forst ist eine weitere Zunahme des Gesamtdeckungsgrads unbedingt zu verhindern, beziehungsweise muss dieser auf Dauer verringert werden. Eine Möglichkeit hierfür wäre das Grubbern (Umbrechen und/oder Abschieben der obersten Bodenschicht, am besten „rotierend" ähnlich wie der Hieb in Mittelwäldern) auf einem Teil der Flächen, allerdings muss dabei die Gefahr durch die Munitionsbelastung berücksichtigt werden. Um die im oder auf dem Erdboden liegenden Heuschreckeneier zu schützen, wird empfohlen zunächst ein Teilareal innerhalb der Untersuchungsfläche I auszuwählen, das bisher nur geringe Individuendichten aufweist.

Die Funde auf den Sandwegen zeigen, dass sich *S. caerulans* auch hier niederlassen könnte, aber die Nutzung der Wege durch Besucher lässt aufgrund des hohen Störungsgrades eine dauerhafte Besiedelung durch die sehr störanfällige Art nicht zu (im Gegensatz zu *O. caerulescens*). Um dies zumindest flächenbezogen zeitweise zu ändern, würde eventuell bereits eine zweijährlich wechselnde Sperrung von Wegen helfen, was einen ungestörten Reproduktionszyklus der Sandschrecken dort erlaubt und die Wegnutzung zu einer aktiven, kostenlosen Biotoppflege werden lässt. Fraglich ist natürlich, ob eine solche wechselnde Besucherlenkung möglich ist (Gewohnheitstier Mensch). Die sicherlich kostspieligere flächige Aufbringung von Sand wäre ebenso denkbar, was auch eine Öffnung des Bodens im Anfahrtsbereich der Transportfahrzeuge mit sich ziehen würde. Mulchung dagegen hat sich als negativ für die Sandschrecke erwiesen. In jedem Fall aber sollte von einer Aufbringung von Kalkschotter, wie er zum Teil bereits auf den Wegen vorkommt, abgesehen werden. Kalkstaubemissionen können zudem zu erheblichen Beeinträchtigungen der gesamten Fauna und Flora führen (ZAHNER 1997).

Ausblick & lessons learned

Künftige, gleichgeartete Untersuchungen sollten aus Praktikabilitätsgründen hinsichtlich Pflege und Management die Transekte ebenfalls entsprechend den Geländeeinheiten wählen. Jedoch sollten die Transekte innerhalb dieser Geländeeinheiten für die bessere statistische Analyse kürzer und dafür in höherer Anzahl gewählt werden, sowie entlang gleichartiger Strukturen und Linien der Vegetation, vor allem dem Gesamtdeckungsgrad, und der Nutzung bzw. des Managements. Auf diese Weise werden Mittelwertbildungen, die mathematisch korrekt aber ökologisch unsinnig sind, vermieden. Für die Bestimmung der Deckungsgrade in solchen „homogeneren Transekten" wird empfohlen, nicht den Mittelwert des kompletten Transekts nach optischen Eindrücken zu bilden, sondern anhand von 12 bis 15 zufällig ausgewählten Quadraten von 1 m^2 die unterschiedlichen Deckungsgrade nach pflanzensoziologi-

schen Standards zu bestimmen. Der so ermittelte Wert ist für eine statistische Auswertung aussagekräftiger. Alternativ kann auch um jeden Fundpunkt einer Heuschrecke (v. a. *S. caerulans*) der Deckungsgrad ermittelt werden (Anregung G. KÖHLER). Auch sollte in jedem Fall eine Optimierung des Zeitpunkts der Bestandsaufnahmen in Hinsicht auf die Wetterlage, Uhrzeit etc. angestrebt werden.

Aus naturschutzfachlicher Sicht wäre für beide Heuschreckenarten eine Untersuchung der Mobilität interessant, hierüber können je nach Dauer Aussagen zu intrapopulären Bewegungen, zu bevorzugten Habitatqualitäten und vor allem auch zu den Bedingungen für Neubesiedelungen getroffen werden (BREUER 2007). Letzteres wäre insbesondere für die Blauflügelige Sandschrecke angezeigt. Diese Leitart der Sandachse Franken bedarf dringend eines regelmäßigen Monitorings.

8. Literatur- und Quellenverzeichnis

ALTMOOS, M. (2000): Habitat, Mobilität und Schutz der Heuschrecken *Sphingonotus caerulans* (L., 1767) und *Oedipoda caerulescens* (L., 1758) in unrekultivierten Folgelandschaften des Braunkohletagebaus im Südraum Leipzig. – Articulata 15 (1): 65-85.

APPELT, M. (1996): Elements of population vulnerability of the Blue-winged Grasshopper, *Oedipoda caerulescens* (Linnaeus, 1758) (Caelifera, Acrididae). – In: SETTELE, J., MARGULES, C., POSCHLOD, P. & HENLE, K. (eds), Species survival in fragmented landscapes, pp. 320–323. — Kluwer, Dordrecht.

ARBEITSGEMEINSCHAFT BAYERISCHE ENTOMOLOGEN (1995): Die Nachtfalterfauna ausgesuchter Sandgebiete Bayerns und ihre Veränderungen in den letzten Jahrzehnten. 1. Beitrag: Sandgebiete in den Landkreisen Bamberg und Forchheim (Insecta: Lepidoptera). – Beiträge zur bayerischen Entomofaunistik 1: 1-31.

BAUR, B., H. BAUR, C. ROESTI & D. ROESTI 2006: Die Heuschrecken der Schweiz. – Haupt Verlag, Bern.

BAYERISCHE KLIMAFORSCHUNGSVERBAND (BayFORKLIM) (1996): Klimaatlas von Bayern.

BELLMANN, H. (1993): Heuschrecken beobachten, bestimmen. – Weltbild Verlag, Augsburg.

BERNAYS & CHAPMAN (1970): Experiments to determine the basis of food selection by *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt) (Orthoptera: Acrididae) in the field. – Journal of Animal Ecology 39:761–776.

BOLZ, R. (1995): Ökologische Bodenfunktionskartierung und potentielles Kontaminationsrisiko oberflächennahen Grundwassers im ehemaligen Standortübungsplatz Tennenlohe. – zitiert In: BOLZ, R & S. MAISS (2002): Machbarkeitsstudie über alternative Beweidungssysteme für das Projektgebiet NSG „Tennenloher Forst". – Unveröff. Gutachten im Auftrag des Landschaftspflegeverbandes Mittelfranken e.V. silvae biome Institut, Aurachtal.

BOLZ, R & S. MAISS (2002): Machbarkeitsstudie über alternative Beweidungssysteme für das Projektgebiet NSG „Tennenloher Forst". – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Landschaftspflegeverbandes Mittelfranken e.V. silvae biome Institut, Aurachtal.

BORNHALM, D. (1991): Zur Biologie von *Bryodema tuberculata*. – Articulata 6 (1): 9-16.

BREUER, M. (2007): Verbreitung und Habitatpräferenz von *Sphingonotus caerulans* (Blauflügelige Sandschrecke) und *Oedipoda caerulescens* (Blauflügelige Ödlandschrecke) in Sandgebieten Ober- und Mittelfrankens. – Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.

DETZEL, P. (1998): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. – 580 pp., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

DREES, M. (2003): Die Sandschrecke *Sphingonotus caerulans* (L.) nun auch in Hagen nachgewiesen. – Decheniana 156: 310.

ERGENE, S. (1953): Homochrome Farbanpassung bei *Oedipoda*-Larven. – Zeitschrift für vergleichende Physiologie 34: 163-165.

ERGENE, S. (1954): Homochromer Farbwechsel ohne Häutung bei Heuschrecken auf schwarzem Untergrund. – Zoologische Jahrbücher (Systematik) 81: 604-609.

FABER, A. (1936): Die Laut- und Bewegungsäußerungen der Ocdipodinen. – Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie [a] 149: 1-85.

FARTMANN, T. (1997): Biozönologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna auf Magerrasen im Naturpark Märkische Schweiz (Ostbrandenburg). – In: Mattes, H. (Hrsg.): Ökologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna in Brandenburg und Westfalen. – Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie Westfälische Wilhelms-Universität, Bd. 3, Münster: 1-62.

FARTMANN, T., GUNNEMANN, H., SALM P. & E. SCHRÖDER (2001): Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten. Empfehlungen zur Erfassung der Arten des Anhangs II und Charakterisierung der Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie. – Angewandte Landschaftsökologie 42: 465-468.

FRÖHLICH, V. (2007): Untersuchung verschiedner Sandgebiete Erlangens hinsichtlich ihrer Beweidungsform und assoziierten Artengemeinschaft koprophager undkoprophiler Käfer. – Unveröffentlichte Diplomarbeit im Department für Biologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

GATTERER, K. & W. NEZADAL (HRSG.) (2003): Flora des Regnitzgebietes - Die Farn- und Blütenpflanzen im zentralen Nordbayern. - IHW-Verlag, Eching, 1058 pp.

HARZ, K (1957): Die Geradflügler Mitteleuropas. – Gustav Fischer, Jena.

HARZ, K. (1975): Die Orthopteren Europas Bd. II. - Series Entomologica 11. Dr. W. Junk B.V. Den Haag.

HELFERT, B. & K. SÄNGER (1975): Haltung und Zucht europäischer Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) im Labor. – Zeitschrift für angewandte Zoologie 62:267–279.

HESS, R. & G. RITSCHEL-KANDEL (1992): Heuschrecken als Zeigerarten des Naturschutzes in Xerothermstandorten des Saaletals bei Machtilshausen (Lkr. Bad Kissingen). – Articulata 7: 77-100.

HEß, C. H. (2001): Habitatwahl und Artenzusammensetzung von Arthropodenpopulationen im urbanen Bereich am Beispiel des Rhein-Main-Ballungsraumes unter besonderer Berücksichtigung der Saltatoria. - Dissertation am Fachbereich Biologie der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz.

HEUSINGER G. (2003): Rote Liste gefährdeter Springschrecken (Saltatoria) Bayerns. - In: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns. – Schriftenreihe Heft 166: 68-72.

INGRISCH, S. (1983): Zum Einfluß der Feuchte auf die Schlupfrate und Entwicklungsdauer der Eier mitteleuropäischer Feldheuschrecken (Orthoptera: Acrididae). – Zoologischer Anzeiger 210: 357–368.

INGRISCH, S. & G. KÖHLER (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. – Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 460 pp.

JAUN-HOLDEREGGER B. & J. ZETTEL (2008): Habitatnutzung und Nahrung der Feldheuschrecken *Sphingonotus caerulans* (Linnaeus, 1767) und *Oedipoda caerulescens* (Linnaeus, 1758) (Caelifera, Acrididae) in zwei verschiedenen Zonationstypen im Pfynwald (VS, Schweiz). – Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 81: 17-38

JENTSCH, A., W. BEYSCHLAG, W. NEZADAL, T. STEINLEIN & W. WELSS (2002): Bodenstörung – treibende Kraft für die Vegetationsdynamik in Sandlebensräumen. - Naturschutz und Landschaftsplanung 34, (2/3): 37-44.

JONSCHER, R. (2009): Der Truppenübungsplatz Tennenlohe. – Dokumentation http://nbg-mil-com.de/LTAs/Range%20Tennenlohe%202.pdf.

KAUFMANN, T. (1965): Biological Studies on Some Bavarian Acridoidea (Orthoptera), with Special Reference to Their Feeding Habits. Annals of the Entomological Society of America 58: 791–801.

KLATT, R. & A. SCHILITZ (1997): Zur Verbreitung und Ökologie der Blauflügeligen Sandschrecke *Sphingonotus caerulans* (Linnaeus, 1767) in Brandenburg. – Articulata 12(2):141-154.

KÖHLER, G. (1996): Mündliche Mitteilung, zitiert In: DETZEL, P. (1998): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. – 580 pp., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

KÖHLER, G. (1999): Ökologische Grundlagen von Aussterbeprozessen. Fallstudien an Heuschrecken (Caelifera et Ensifera). – Laurenti Verlag, Bochum.

KÜCHENHOFF, B. (1996): Die Blauflüglige Sandschrecke *Sphingonotus caerulans* (Linnaeus, 1767) in Köln - erster Wiederfund für Nordrhein-Westfalen. – In: SCZEPANSKI, S. (2005): Heuschrecken im Ballungsraum Ruhrgebiet. – Elektronische Aufsätze der Biologischen Station Westfälisches Ruhrgebiet 1.10: 1-6.

MAAS, S., P. DETZEL & A. STAUDT (2002): Gefährdungsanalyse der Heuschrecken Deutschlands. Verbreitungsatlas, Gefährdungseinstufung und Schutzkonzepte. – BfN-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag Münster.

MARSHALL, J.A. & E.C.M. HAES (1988): Grasshoppers and allied insects of Great Britain and Ireland. – Harley Books, Colchester, Essex, England.

MERKEL E. (1980): Sandtrockenstandorte und ihre Bedeutung für zwei „Ödland"-Schrecken der Roten Liste. – Schriftenreihe Naturschutz und Landschaftspflege, 12:63-69.

PANKRATIUS, U.: Nachweis von *Acrotylus patruelis* (H.S. 1838) in Nürnberg. Articulata 19 (1): 53–59.

QUINGER, B. & N. MEYER (1995): Lebensraum Sandrasen. Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.1, 2 Teilbände. – LfU Bayern.

REMMERT, H. (1979): Grillen – oder wie groß müssen Naturschutzgebiete sein? – Nationalpark 1: 6-9.

RIECKEN, U. et al. (1994): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen in der Bundesrepublik Deutschland. - Kilda-Verlag, Greven

RIECKEN, U. et al. (2006): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. Zweite fortgeschriebene Fassung 2006. - Bundesamt für Naturschutz, Landwirtschaftsverlag Münster.

RÖBER, H. (1951): Die Dermapteren und Orthopteren Westfalens in ökologischer Betrachtung. – Abhandlungen des Landesmuseums für Naturkunde Münster in Westfalen 14(1): 1-60.

SCHÄDLER, M. & W. WITSACK (1999): Variation of Postembryonic Development Time and Number of Nymphal Instars on a Small Spatial Scale in Central European Grasshoppers (Caelifera: Acrididae). – In: SCHLUMPRECHT, H. & G. WAEBER (2003): Heuschrecken in Bayern. – Verlag Eugen Ulmer GmbH &Co., Stuttgart (Hohenheim).

SCHMIDL, J. (1997): Xylobionte Käfer naturnaher Kiefernwälder des Regnitzgebietes – Artenspektrum, Naturschutzaspekte und Anmerkungen zur Faunistik und Ökologie ausgewählter Arten (Insecta: Coleoptera). – Beiträge zur bayerischen Entomofaunistik 2: 51-72, Bamberg.

SCHLUMPRECHT, H. & G. WAEBER (2003): Heuschrecken in Bayern. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (Hohenheim).

SCZEPANSKI, S. (2005): Heuschrecken im Ballungsraum Ruhrgebiet. - Elektronische Aufsätze der Biologischen Station Westfälisches Ruhrgebiet 1.10: 1-6.

WINKLER, C. (2000): Die Heuschrecken Schleswig-Holsteins – Rote Liste. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig- Holstein.

ZAHNER, C. (1997): Vergleichende faunistisch-ökologische Untersuchungen von Wegrändern an natürlich belassenen und mit Kalkschotter befestigten Sandwegen anhand ausgewählter epigäischer Arthropoden. – Unveröffentlichte Diplomarbeit am Institut für Zoologie I, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

9. Danksagung

Wir danken den Herren Prof. Dr. Martin Klingler und Prof. Dr. Manfred Frasch für die akademische Betreuung dieser Arbeit. Verena Fröhlich und Wiebke Bromisch vom Landschaftspflegeverband Mittelfranken (Gebietsbetreuung des NSG Tennenlohe) und Johannes Marabini von der Unteren Naturschutzbehörde Erlangen-Höchstadt danken wir für die hervorragende logistische Unterstützung, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Die Erfassung der Heuschrecken und die Betretung des Naturschutzgebietes erfolgte mit Genehmigung der Regierung von Mittelfranken, Höhere Naturschutzbehörde, vielen Dank. Vielen Dank auch an Andreas Niedling und Dr. Günter Köhler für die fachliche Durchsicht des Manuskriptes und wertvolle Anregungen.

Autoren:

Miriam Schönle, Äußere Tennenloher Str. 46, 91058 Erlangen, schoenle.mi@gmx.de

Dr. Jürgen Schmidl, Department für Biologie, LS Entwicklungsbiologie, Universität Nürnberg-Erlangen, Staudtstr. 5, 91058 Erlangen, jschmidl@biologie.uni-erlangen.de

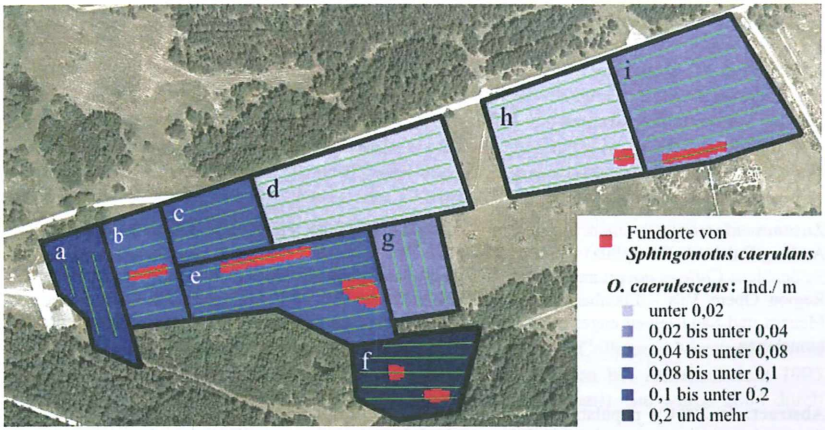
10. Anhang

©Kreis Nürnberger Entomologen; download unter www.biologiezentrum.at

Daten zur Transektlänge und Zahl der Funde und die daraus errechneten Bestandsdichten:

Transekt	Transektlänge	Zahl der Funde		Bestandsdichte	
	m			Ind./ m	Ind./ m
		Oedipoda caerulescens	*Sphingonotus caerulans*	*Oedipoda caerulescens*	*Sphingonotus caerulans*
I a (1)	185,48	23	0	0,124	0
I a (2)	185,48	21	0	0,113	0
I b (1)	417,74	20	0	0,048	0
I b (2)	259,68	7	1	0,027	0,004
I c	445,16	18	0	0,040	0
I d	1180,65	14	0	0,012	0
I e (1)	1185,48	67	3	0,057	0,003
I e (2)	1185,48	56	4	0,047	0,003
I f (1)	390,32	72	1	0,184	0,003
I f (2)	362,90	86	5	0,237	0,014
I f (3)	390,32	117	1	0,264	0,003
I g	312,90	7	0	0,022	0
I h	1138,71	20	1	0,018	0,001
I i	1133,56	23	1	0,020	0,001
II	45,00	5	0	0,111	0
III	485,71	16	0	0,033	0
IV	201,43	17	0	0,084	0
V	290,00	23	0	0,079	0
VI a	200,00	19	0	0,095	0
VI b	35,71	3	0	0,084	0
VI c	200	20	0	0,100	0

Übersichtskarte über Fläche I, die Teilflächen wurden entsprechend ihrer aufgewiesenen Bestandsdichte an *Oedipoda caerulescens* farblich gekennzeichnet; Fundorte von *Sphingontus caerulans* sind rot markiert; Transekte sind als grüne Linien eingetragen (Quelle: Untere Naturschutzbehörde Erlangen-Höchstadt):



Übersicht über einen Großteil der Freifläche des NSG Tennenloher Forst, die Untersuchungsflächen sind rot markiert (Quelle: Google Earth, 2009, bearbeitet):

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen e.V.

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: 25

Autor(en)/Author(s): Schönle Miriam, Schmidl Jürgen

Artikel/Article: Zur Ökologie und Habitatwahl der Heuschreckenarten Sphingonotus caerulans und Oedipoda caerulescens im NSG Tennenlohe, Erlangen 139-171