

Vernetzte Ökoflächen fördern Heuschrecken

Martin Duss^{1,2}, Kim Silvana Meichtry-Stier¹, Gilberto Pasinelli¹, Bruno Baur² und Simon Birrer¹

¹Schweizerische Vogelwarte Sempach, 6204 Sempach

²Universität Basel, Institut für Natur-, Landschafts- und Umweltschutz, 4056 Basel

Auskünfte: Simon Birrer, E-Mail: simon.birrer@vogelwarte.ch, Tel. +41 41 462 97 38



Abb. 1 | Extensive Wiese in der Wauwiler Ebene mit grossen Vorkommen von Feldgrille und Grosser Goldschrecke. In der Bildmitte liegt ein von Altgras umgebener Tümpel. Die ungemähte Vegetation ist für die Grosse Goldschrecke besonders wichtig. (Foto: Roman Graf)

Einleitung

Die zunehmende Intensivierung der Landwirtschaft führte zu einer enormen Habitatfragmentierung und -zerstörung. Landschaftselemente wie Hecken, Tümpel und Streuobstwiesen wurden beseitigt. In der Graslandbewirtschaftung wurden mittels Saatmischungen artenarme, dichte Wiesen angelegt. Diese stellen für die meis-

ten Tierarten kein geeignetes Habitat mehr dar und die häufige Mähnutzung ist für viele Invertebraten tödlich (Humbert *et al.* 2009). Um dem Biodiversitätsverlust in der Landwirtschaftszone entgegenzuwirken, werden in der Schweiz seit 1993 Direktzahlungen für ökologische Ausgleichsflächen (öAF) ausgerichtet. Der Effekt dieser Ökoflächen auf die Biodiversität schwankt je nach Studie. Bisher genügen die Massnahmen jedoch kaum, um

die Wiederausbreitung bedrohter Arten zu fördern und das Aussterben von Arten der Roten Liste zu verhindern (Kleijn und Sutherland 2003; Herzog und Walter 2005; Kleijn et al. 2006; Zellweger-Fischer et al. 2011). Intensive landwirtschaftliche Kulturen, Siedlungen sowie Strassen zerstückeln und trennen die Lebensräume und damit auch die öAF. Oft genügt auch die Qualität der öAF den Habitatansprüchen gefährdeter Arten nicht. Fragmentierte, schlecht vernetzte öAF und deren tiefe Qualität sind mögliche Gründe für den mässigen Erfolg, die Biodiversität zu fördern (Whittingham 2007). Um die Qualität und die Vernetzung der öAF zu verbessern, werden in der Schweiz seit 2001 Beiträge nach Ökoqualitätsverordnung (ÖQV) für öAF ausgerichtet. In der Wauwiler Ebene läuft seit 2003 ein Vernetzungsprojekt nach ÖQV, bei welchem die beteiligten öAF entweder zur Vernetzung beitragen oder Mindestanforderungen an die biologische Qualität erfüllen müssen. Dabei wurden mehrere öAF zum Beispiel mit Tümpeln, Hecken, Neueinsaaten, gestaffelter Mahd oder Ähnlichem aufgewertet, um neuen Lebensraum für Arten mit spezifischen Habitatansprüchen zu schaffen (Abb. 1). Die vernetzten Flächen sollen die Ausbreitung der Arten und den Austausch zwischen Populationen fördern. 2003 waren 30 % der öAF in der Wauwiler Ebene beim Vernetzungsprojekt angemeldet, fünf Jahre später waren es 41 % (Graf 2009).

Das Ziel der vorliegenden Studie war, den Einfluss von Struktur, Qualität und Vernetzung der ökologischen Ausgleichsflächen in der Wauwiler Ebene auf das Vorkommen der Feldgrille (*Gryllus campestris*, Abb. 2) und

Zusammenfassung

Vernetzungsprojekte sollen Qualität und Vernetzung der ökologischen Ausgleichsflächen (öAF) verbessern. Wir untersuchten die Auswirkungen eines solchen Projektes in der Wauwiler Ebene (LU) auf die Verbreitung der Feldgrille (*Gryllus campestris*) und der Grossen Goldschrecke (*Chrysochraon dispar*). Die Vorkommen beider Arten sowie acht Habitatvariablen wurden kartiert. Es zeigte sich, dass für beide Arten die Vernetzung der öAF wichtig war, besonders zu einer bereits von der Art besiedelten öAF. Feldgrillen bevorzugten wenig intensive und extensive Wiesen oder Flächen mit niedriger Vegetation und mieden feuchte Standorte mit dichtem, hohem Bewuchs. Zudem nahm die Wahrscheinlichkeit, Feldgrillen anzutreffen, mit der Flächengrösse zu. Für die Grosse Goldschrecke war wichtig, dass ein Teil der Vegetation über den Winter stehen gelassen wurde. Wir zeigen, dass wenig mobile Arten wie die Feldgrille und die Grosse Goldschrecke mit Vernetzungsprojekten gefördert werden können. Dabei sind je nach Art unterschiedliche Faktoren zu beachten.



Abb. 2 | Feldgrillen bevorzugen trockene Standorte mit lückiger, kurz gewachsener Vegetation.
(Foto: Albert Krebs)



Abb. 3 | Männchen der Grossen Goldschrecke. Diese Art hält sich in hoch gewachsener Vegetation auf. (Foto: Urs Lustenberger)

der Grossen Goldschrecke (*Chrysocraon dispar*, Abb. 3) zu untersuchen. Die beiden Heuschreckenarten wurden aus mehreren Gründen als Studienobjekt ausgewählt: Einerseits reagieren sie aufgrund ihrer kurzen Generationsdauer schnell auf Umweltveränderungen, so dass sechs Jahre Projektdauer ausreichen sollten um erste Effekte nachzuweisen. Andererseits sind die Habitatansprüche der beiden Arten bereits bekannt und unterscheiden sich deutlich (Detzel 1998, Baur et al. 2006). Beide Arten sind wenig mobil und lassen sich relativ gut kartieren. Während die Feldgrille in der Schweiz als nicht gefährdet gilt, gehört die Grosse Goldschrecke zu den potenziell gefährdeten Arten (Monerat et al. 2007).

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet

Die Studie wurde in der Wauwiler Ebene (17 km²) durchgeführt, einer intensiv bewirtschafteten Agrarlandschaft im luzernischen Mittelland. Das Gebiet umfasst drei

Feuchtgebiete und weist einen sehr geringen Anteil an Wald und Überbauungen auf. Dank dem intakten Landschaftsbild wurde die Ebene in das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler aufgenommen. Das Gebiet ist für Watvögel, Amphibien und Reptilien, aber auch für den Feldhasen (*Lepus europaeus*) von grosser Bedeutung. Verschiedene Teilgebiete befinden sich in Naturschutzinventaren von regionaler oder nationaler Bedeutung, wie z.B. dem Inventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung.

Habitatvariablen

Es wurden acht erklärende Variablen verwendet, um die Habitatqualität bzw. die räumliche Anordnung der öAF zu beschreiben (Tab. 1). Da es bei den öAF viele Typen gibt, welche für die Studienarten nicht relevant sind, wie z.B. Hochstamm-Feldobstbäume oder Trockenmauern, wurden nur die flächigen öAF in die Untersuchung miteinbezogen.

Für Heuschrecken ist die Struktur der Wiese von Bedeutung (Laussmann 1999). Deshalb wurden die öAF in sechs Wiesentypen eingeteilt. Dabei wurden die in der Wiese vorkommenden Pflanzenarten und ihre Häufigkeit berücksichtigt. Die Kartierung der Wiesentypen fand zwischen dem 7. und 15. Juni 2009 und somit vor der ersten Mahd statt. Gleichzeitig wurde überprüft, ob die Wiesen ungemähte Vegetation aus dem Vorjahr enthielten (Altgras).

Tab. 1 | Beschreibung der Habitatvariablen

Ökoflächentyp	Einteilung der flächigen öAF in 4 Typen: Extensivwiese, wenig intensive Wiese, Heckensaum, Streufläche.
Wiesentyp	Die öAF wurden in 6 Wiesentyp-Kategorien eingeteilt und nach der dominierenden Grasart benannt: Raigras, Fromental (inkl. artenreiche Blumenwiesen), Rispengras (inkl. behaarte Seggen), Wiesen-Fuchsschwanz, Saum, Röhricht.
Distanz zur nächsten öAF	Distanz in Meter zur nächstgelegenen öAF
Distanz zur nächsten besiedelten öAF	Distanz in Meter zur nächstgelegenen durch die Art besiedelten öAF
Distanz zum Wasser	Distanz in Meter zum nächstgelegenen Gewässer
Altgras	Vorkommen (ja/nein) von über den Winter stehen gelassener Vegetation
Alter	Alter der öAF in Jahren
Flächengrösse	Flächengrösse der öAF in ha

Da es bei den Ökoflächentypen Brachen und extensive Weiden sowie dem Wiesentyp Brache zu wenige Fälle ($n=7$, 1 und 1) hatte und diese zu keiner der anderen Kategorien passten, wurden sie nicht in die Analyse mitbezogen. Es blieben 347 öAF, um das Vorkommen der beiden Arten zu analysieren.

Heuschreckenkartierung

Die Heuschreckenkartierung wurde 2009 bei trockenem, warmem Wetter durchgeführt, wobei für jede Art zwei Durchgänge stattfanden. Jede öAF des Untersuchungsgebiets wurde in einem diagonalen Transekt abgeschritten und die Präsenz/Absenz der Art notiert. Die Feldgrillen-Männchen sind aufgrund ihres lauten Werbegesangs gut festzustellen und wurden im Mai und Juni kartiert. Die Kartierung der Grossen Goldschrecke fand von Ende Juli bis Anfang September statt. Zu dieser Jahreszeit waren einige Flächen schon gemäht. Da viele Heuschrecken die Wiesen-Ernte nicht überleben (Humbert *et al.* 2009), wurden diese Flächen frühestens drei Wochen nach dem Schnitt kartiert. Grosse Goldschrecken sind eher schwierig zu entdecken, da sie leise singen und sich in hoher, dichter Vegetation aufhalten.

Statistik

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Programm R 2.12.0. Habitatvariablen, die nicht normalverteilt waren, wurden transformiert, alle numerischen Variablen zusätzlich standardisiert (Mittelwert = 0, SD = 1). Änderungen der Grösse, Qualität und Vernetzung der öAF wurden mittels Proportionentests überprüft. Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen der Heuschrecken und den Habitatvariablen wurden für jede Art separat mittels general linear models (GLM) getestet und die Signifikanz der Habitatvariablen mit Likelihood-ratio-Tests überprüft.

Resultate und Diskussion

Veränderungen der öAF

Der Anteil der flächigen öAF an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) in der Wauwiler Ebene veränderte sich zwischen 2002 (ca. 7,9 %, 119 ha) und 2008 (7,6 %, 112 ha) kaum. Deren Qualität dagegen schon. In derselben Zeitspanne stieg der Anteil Flächen mit ÖQV-Qualität am Bestand der öAF deutlich von 5,5 % auf 18,6 % (Graf 2009). Dazu trugen vor allem Aufwertungsmassnahmen der Flächen im Zusammenhang mit dem Vernetzungsprojekt bei, wie die Einsaat von Blumen oder das Anlegen von Saumstreifen. Neben der Qualitätsverbesserung bewirkte das Projekt auch eine Zunahme des Anteils an vernetzten öAF von 55 % auf 83 % ($n=213$ bzw. $n=356$, $\chi^2 = 53,2$, $p < 0,0001$), indem einige öAF an geeignetere Standorte verschoben wurden. In der vorliegenden Arbeit wurden öAF als vernetzt betrachtet, wenn sie max. 5 m auseinander lagen. Diese Distanz kann von den Studienarten gut überwunden werden und verhindert, dass benachbarte öAF wegen Vermessungsungenauigkeiten als nicht vernetzt gelten. Die Feldgrille scheint vom Vernetzungsprojekt und der damit zusammenhängenden Qualitätssteigerung und Vernetzung zu profitieren. Zwischen 2005 und 2009 nahm der Anteil besiedelter Extensivwiesen von 23 % (Graf *et al.* 2006) auf 59 % deutlich zu ($n = 112$ bzw. 238, $\chi^2 = 35,41$, $p < 0,0001$). Feldgrillenbestände können wetterbedingt stark schwanken (Remmert 1979). Das Vorkommen auf einer Fläche schwankt jedoch viel weniger stark als die Dichte auf einer Fläche. Daher ist anzunehmen, dass die festgestellte Zunahme der von Grillen besiedelten Flächen nicht witterungsbedingt ist. Für die Bestände der Grossen Goldschrecke können keine Vergleiche über die Jahre angestellt werden, da in früheren Jahren nur Daten in ausgewählten Flächen und mit anderer Methode erhoben wurden.

Tab. 2 | Effekt der Habitatvariablen auf das Vorkommen der Studienarten: LR- und p-Werte aus Likelihood-Ratio-Tests. N = 347

Distanz zur nächsten besiedelten öAF	LR = 23,37; $p < 0,001$	LR = 51,96; $p < 0,001$
Distanz zur nächsten öAF	ns	LR = 11,92; $p < 0,001$
Ökoflächentyp	LR = 32,12; $p < 0,001$	ns
Wiesentyp	LR = 16,10; $p = 0,007$	ns
Flächengrösse	LR = 25,34; $p < 0,001$	ns
Distanz zum Wasser	ns	LR = 7,785; $p = 0,005$
Altgras	ns	LR = 15,72; $p < 0,001$
Alter	ns	ns

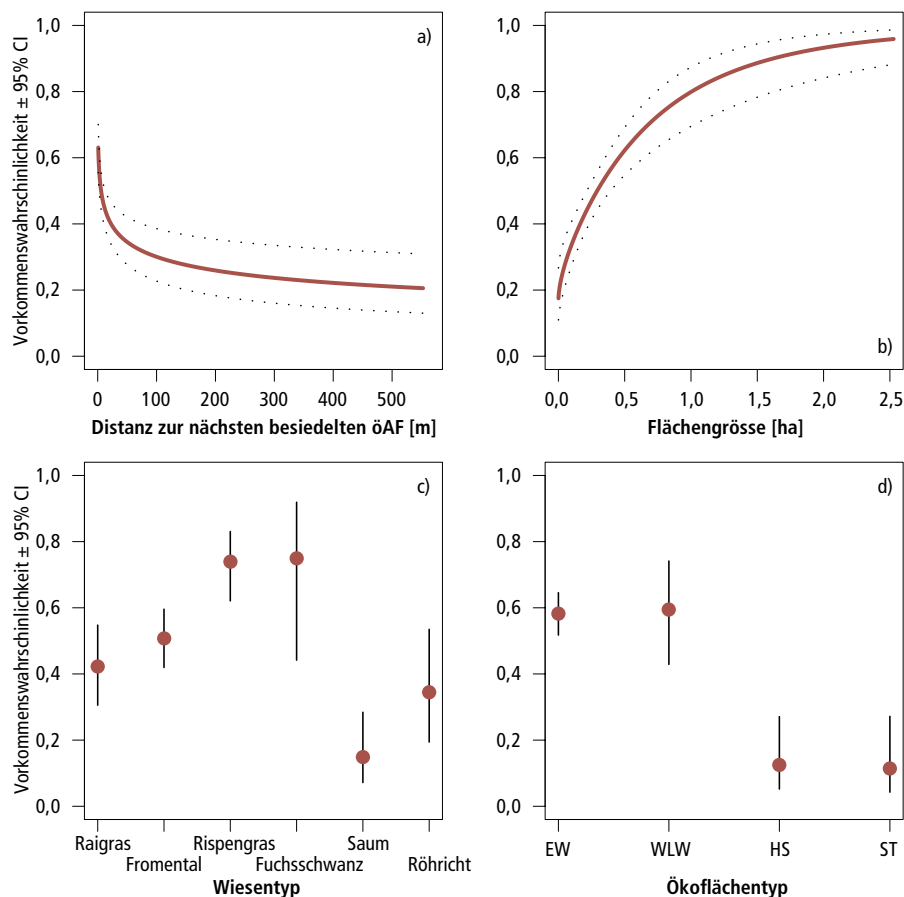


Abb. 4 | Vorkommenswahrscheinlichkeit der Feldgrille in Abhängigkeit von a) der Distanz zur nächsten von Feldgrillen besiedelten ökologischen Ausgleichsfläche; b) der Flächengröße; c) dem Wiesentyp (Fuchsschwanz = Wiesen- Fuchsschwanz); d) dem Ökoflächentyp (EW = extensive Wiese, WLW = wenig intensive Wiese, HS = Heckensaum, ST = Streufläche). Vom Modell geschätzte Mittelwerte (rote Linien) mit 95 % Konfidenzintervall (schwarze Linien).

Distanz zur nächsten (besiedelten) öAF

Für beide Studienarten wurde mit einem Modell der Effekt der acht Habitatvariablen auf die Vorkommenswahrscheinlichkeit der Art analysiert. Dabei zeigte sich, dass die Verbreitung mit der Distanz zur nächsten öAF und mit der Distanz zur nächsten besiedelten öAF negativ zusammenhängt (Tab. 2, Abb. 4a, Abb. 5a, Abb. 5b). Allerdings korrelierte die Variable Distanz zur nächsten öAF mit der Variable Distanz zur nächsten besiedelten Fläche. Im Modell ohne die Variable Distanz zur nächsten besiedelten Fläche ist die Variable Distanz zur nächsten öAF nicht mehr signifikant. Je näher die nächste öAF lag, je besser also die Vernetzung, desto höher war die Wahrscheinlichkeit in einer Fläche eine der beiden Studienarten anzutreffen, aber nur wenn eine bereits besiedelte Fläche möglichst nahe lag. Feldgrillen wie auch die meisten grossen Goldschrecken

sind flugunfähig und legen in ihrem Leben nur kurze Strecken zurück (Baur *et al.* 2006). Neue Flächen werden daher eher besiedelt, wenn sie direkt an ein bereits besiedeltes Gebiet anschliessen. Dies konnten wir in unserer Studie bestätigen. Peter und Walter (2001) sowie Walter *et al.* (2004) zeigten, dass die Anzahl Heuschreckenarten auf einer öAF positiv mit dem Anteil angrenzender, artenreicher Flächen korreliert. Um die Ausbreitung und den Erhalt der beiden Arten zu fördern, ist es deshalb von grosser Wichtigkeit, geeignete Flächen möglichst vernetzt anzulegen.

Feldgrille

Neben der Distanz zur nächsten besiedelten öAF beeinflussten die Habitatvariablen Flächengröße, Ökoflächentyp und Wiesentyp das Vorkommen der Feldgrille (Tab. 2).

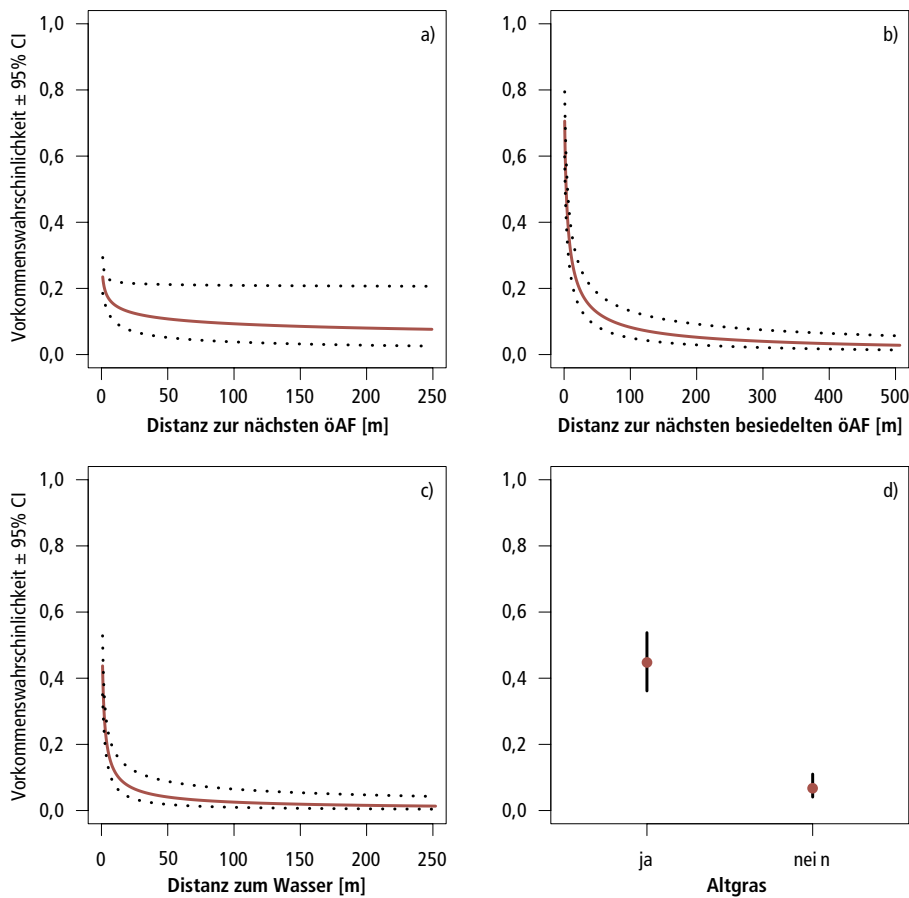


Abb. 5 | Vorkommenswahrscheinlichkeit der Grossen Goldschrecke in Abhängigkeit von a) der Distanz zur nächsten ökologischen Ausgleichsfläche; b) der Distanz zur nächsten von Grossen Goldschrecken besiedelten ökologischen Ausgleichsfläche; c) der Distanz der ökologischen Ausgleichsfläche zum nächsten Gewässer; d) dem Vorkommen von Altgras. Vom Modell geschätzte Mittelwerte (rote Linien) mit 95% Konfidenzintervall (schwarze Linien).

Einen positiven Zusammenhang zwischen der Flächengrösse und dem Vorkommen wurde z.B. auch für die Waldgrille *Nemobius sylvestris* (Brouwers und Newton 2009) gezeigt. In der vorliegenden Studie stieg die Vorkommenswahrscheinlichkeit der Feldgrille mit zunehmender Flächengrösse bis ca. 0,5 ha rasch an und nahm für grössere Flächen nur langsam zu (Abb. 4b). Wir vermuten, dass in kleineren Flächen die Grösse der limitierende Faktor war, in grösseren dagegen die Qualität. Trotzdem sind möglichst grosse Flächen anzustreben, da bei 0,5 ha die Wahrscheinlichkeit, Grillen anzutreffen, erst 65 % betrug.

Der Wiesentyp und somit die Vegetationsstruktur der öAF ist für die Feldgrille von grosser Bedeutung. In unserer Untersuchung bevorzugte sie Wiesen mit den dominierenden Arten Wiesen-Rispengras, Wiesen-Fuch-

schwanz oder behaarte Segge und nied Krautsäume und Röhricht (Abb. 4c). Die Böden in Parzellen mit Wiesen-Rispengras weisen Manganmangel auf (Schmid & Zihlmann 2009, unveröffentlicht), wodurch dort die Vegetation niedrig und lückig bleibt. Auch Wiesen-Fuchsschwanz und behaarte Segge bilden im Untersuchungsgebiet Flächen mit niedrig gewachsener oder lockerer Vegetation und trockenem Boden und entsprechen so den Habitatansprüchen der Feldgrille. An feuchten Standorten oder in Flächen mit dichtem, hohem Bewuchs wie Krautsaum und Röhricht war sie dagegen nicht anzutreffen. Ebenso wurden die im Untersuchungsgebiet eher trockenen Ökotypen Extensivwiese und wenig intensive Wiese häufiger besiedelt als die relativ feuchten und dichten Hecksäume und Streuflächen (Abb. 4d).

Grosse Goldschrecke

Das Vorkommen der Grossen Goldschrecke wurde von vier Habitatvariablen beeinflusst (Tab. 2). Neben der Distanz zur nächsten öAF und der Distanz zur nächsten besiedelten öAF waren dies die Distanz der öAF zum Wasser und ob ungemähte Vegetation aus dem Vorjahr (Altgras) in der Fläche vorhanden war (Abb. 5c und 5d). Dabei nahm die Wahrscheinlichkeit, Goldschrecken zu kartieren, mit der Entfernung der öAF zum Wasser schnell ab: in einer Distanz von 1 m betrug sie 41 %, sank schon bei 10 m auf 12 % und ab 37 m fiel sie unter 5 %. Die öAF in Gewässernähe waren meist feuchte Standorte und entsprachen den Habitatansprüchen der Grossen Goldschrecke, welche unter anderem Feuchtwiesen, Uferbereiche und Grabenränder bevorzugt (Detzel 1998; Baur *et al.* 2006). Solche Flächen enthalten oft Altgras, da sie schlecht zugänglich und daher schwierig zu mähen sind. Dies wird auch daraus ersichtlich, dass die Variablen Distanz zum Wasser und Altgras korrelierten (t-Test, $t = 7,038$, $p < 0,0001$). Das Altgras ist wahrscheinlich von grösserer Bedeutung als die Nähe zum Gewässer. Ungemähte Flächen in Gewässernähe waren zwar tendenziell häufiger besiedelt als weiter entfernte (glm, $LR = 3,48$, $p = 0,062$). Dies ist unserer Ansicht nach aber eine Folge davon, dass es in den 1970er Jahren nur noch an Gewässern Goldschrecken gab, da dort die einzigen Flächen mit Altgras lagen.

Über den Winter stehen gelassene Vegetation war für die Grosse Goldschrecke besonders wichtig. In öAF die Altgras enthielten war die Wahrscheinlichkeit, Goldschrecken zu finden, deutlich höher (44 %) als in vollständig gemähten Flächen (7 %). In regelmässig gemähten Flächen fehlen die für die Fortpflanzung der Art notwendigen Eiablagemöglichkeiten. Die Weibchen legen ihre Eier in markhaltige Stängel von z.B. Himbeeren, Seggen oder Rohrkolben, in denen die Eier überwintern, bis im Frühling die Larven schlüpfen (Detzel 1998).

Da generell mit den Jahren die Wahrscheinlichkeit steigt, dass eine Fläche von dispergierenden Individuen besiedelt wird, erwarteten wir einen positiven Effekt des Alters der öAF auf das Vorkommen der Studienarten. Dies konnten wir jedoch nicht bestätigen.

Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie bestätigt, was bereits mehrfach vermutet wurde: wenig mobile Arten wie die Feldgrille und die Grosse Goldschrecke können mit Vernetzungsprojekten nach ÖQV gefördert werden. Um einen möglichst positiven Effekt auf die beiden Arten zu erzielen, sind neue öAF möglichst mit bereits bestehenden zusammenzuhängen und in der Nähe einer bereits vorhandenen Population anzulegen. Neben der Vernetzung sind zusätzliche Faktoren zu beachten, die von der zu fördernden Art und ihren Habitatansprüchen abhängen. Für die Feldgrille bedeutet dies v.a., dass die öAF an trockenen Standorten mit niedriger Vegetation zu liegen kommen, während für die Grosse Goldschrecke nicht vollständig gemähte Flächen wichtig sind. ■

Riassunto

La connessione delle superfici ecologiche favorisce le cavallette

I progetti di interconnessione intendono migliorare la qualità e la connessione delle superfici di compensazione ecologica (SCE). Abbiamo studiato gli effetti di un progetto di questo tipo nella pianura di Wauwil (LU) sulla distribuzione del grillo campestre (*Gryllus campestris*) e della cavalletta *Chrysochraon dispar*. Sono state cartografate le zone di presenza delle due specie e otto variabili riguardanti l'habitat. E' risultato che per ambedue le specie erano importanti l'interconnessione delle SCE e, in particolare, la vicinanza a una superficie già occupata dalla specie. I grilli campestri preferivano prati poco intensivi ed estensivi o superfici con vegetazione bassa, mentre evitavano siti umidi con vegetazione alta e densa. La probabilità di incontrare grilli campestri aumentava inoltre in maniera direttamente proporzionale alla grandezza della superficie. Per *Chrysochraon dispar* era importante che una parte della vegetazione fosse mantenuta durante l'inverno. Con il nostro studio mostriamo che specie poco mobili, come il grillo campestre e *Chrysochraon dispar*, possono essere favoriti mediante progetti d'interconnessione, ponendo l'attenzione su fattori diversi a seconda delle specie considerate.

Summary

Grasshoppers and crickets benefit from connected ecological compensation areas

The quality and connectivity of ecological compensation areas (ECA) may be improved by habitat connectivity projects. The effects of such a project on the distribution of field cricket (*Gryllus campestris*) and large gold grasshopper (*Chrysochraon dispar*) were studied in the Plain of Wauwil (canton of Lucerne). The presence of both species, as well as eight habitat variables were mapped. The connectivity of ECAs was vital for both species, especially links to ECAs where the species had already settled. Field crickets favoured short vegetation and meadows farmed at a medium or low intensity; they avoided damp sites with a dense sward of tall plants. Moreover, the probability of encountering field crickets increased with field size. For the large gold grasshopper it was important that the vegetation was not mown on part of the area and remained undisturbed over winter. We show that insects with a restricted mobility like the field cricket and the large gold grasshopper profit from habitat connectivity projects. Depending on the species' requirements, however, specific factors have to be considered.

Key words: ecological compensation area, habitat connectivity, grasshoppers, field cricket, large gold grasshopper.

Literatur

- Bakker J. P. & Berendse F., 1999. Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends Ecol. Evol.* **14**, 63–68.
- Baur B., Baur H., Roesti C. & Roesti D., 2006. Die Heuschrecken der Schweiz. Verlag Haupt, Bern. 352 S.
- Brouwers N. C. & Newton A. C., 2009. The influence of habitat availability and landscape structure on the distribution of wood cricket (*Nemobius sylvestris*). *Landscape Ecol.* **24**, 199–212.
- Detzel P., 1998. Die Heuschrecken Baden-Württembergs. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 580 S.
- Graf R., Wüst-Graf R., Nietlisbach P. & Wechsler S., 2006. Jahresbericht Wauwiler Ebene 2005. Schweizerische Vogelwarte Sempach
- Graf R., 2009. Vernetzungsprojekt Wauwiler Ebene – Konzept für die zweite Umsetzungsphase. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Herzog F. & Walter T., 2005. Evaluation der Ökomassnahmen Bereich Biodiversität. Schriftenreihe der FAL 56. Agroscope FAL Reckenholz. 208 S.
- Humbert J.-Y., Jaboury G. & Walter T., 2009. Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna. *Agr., Ecosyst. Environ.* **130**, 1–8.
- Kleijn D. & Sutherland W. J., 2003. How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *J. Appl. Ecol.* **40**, 947–969.
- Kleijn D., Baquero R. A., Clough Y., Díaz M., De Esteban J., Fernández F., Gabriel D., Herzog F., Holzschuh A., Jöhl R., Knop E., Krüess A., Marshall E. J. P., Steffan-Dewenter I., Tschamke T., Verhulst J., West T. M. & Yela J. L., 2006. Mixed biodiversity benefits of agri-environment schemes in five European countries. *Ecol. Lett.* **9**, 243–254.
- Laussmann H., 1999. Die mitteleuropäische Agrarlandschaft als Lebensraum für Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria). Verlag Agrarökologie, Bern. 215 S.
- Monnerat C., Thorens P., Walter T. & Gonseth Y., 2007. Rote Liste der Heuschrecken der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug 0719. 62 S.
- Peter B. & Walter T., 2001. Heuschrecken brauchen ökologische Ausgleichsflächen. *Agrarforschung* **38**, 452–457.
- Remmer H., 1979. Grillen – oder wie gross müssen Naturschutzgebiete sein? *Nationalpark* **22**, 6–9.
- Walter T., Hunziker M., Peter B. & Ward P., 2004. Threatened grasshopper species profit from ecological compensation areas. *Grassland sci. Eur.* **9**, 234–236.
- Whittingham K. J., 2007. Will agri-environment schemes deliver substantial biodiversity gain and if not why not? *J. Appl. Ecol.* **44**, 1–5.
- Zellweger-Fischer J., Kéry M. & Pasinelli G., 2011. Population trends of brown hares in Switzerland: The role of land-use and ecological compensation areas. *Biol. Conserv.* **144**, 1364–1373.