



Doctoral Thesis

Insects in a mosaic landscape: How heterogeneous land use influences species diversity and community structure

Author(s):

Oertli, Sabine Maja

Publication Date:

2005

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004924714> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

**Insects in a mosaic landscape:
How heterogeneous land use influences
species diversity and community structure**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

Sabine Maja Oertli

Dipl. Biol.
University of Zurich
Born 27 May 1971
Ossingen (ZH), Switzerland

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. S. Dorn, examiner
Prof. Dr. B. Baur, co-examiner
Dr. A. Müller, co-examiner

1. Summary

The spatial distribution of organisms at landscape level is determined by the resource availability. Characteristics of landscape structure substantially influence this resource availability, particularly through the composition of habitat types, their spatial arrangement, and their temporal dynamics. Crucial for the conservation of biodiversity is a good understanding how organisms are affected by ecological processes operating at landscape level is. In agricultural landscapes, habitat composition and landscape structure are mainly determined by land use and agricultural practices. In the montane regions of Central Europe, diversified land use at a low intensity maintained heterogeneous landscapes.

In the present thesis, bees were chosen as indicators for biodiversity in a grassland ecosystem on a southern slope of the Swiss Alps. The principal goal was to investigate the influence of resource distribution and landscape structure on species diversity. Bees require flowering plants as pollen and nectar sources and specific structures as nesting sites. These two types of resources which are often located in different habitats have to lie within the flight range of the bee species. Hence, availability and distribution of these essential resources in space and time are crucial factors for the distribution of bees at landscape level.

A total of 247 bee species were recorded during two years of intensive sampling, and the total number of species present in the area was estimated to nearly 280 (chapter 4). The rank abundance distribution was characterized by very few abundant species and a high proportion of rare species. The analysis of ecological patterns in abundance classes revealed that more parasitic species than expected from random distribution were singletons, i.e. recorded with only one individual, and more primitively eusocial species than expected were observed in the individual-richest abundance class. Thus, as mainly rare species are missed with a low sampling effort, the ecological patterns in the obtained data set depend on sampling effort. On a temporal scale, the bee fauna showed a marked species turnover and a change of ecological patterns in the course of a season. The most pronounced seasonal effect was observed in nesting behaviour: more endogecic (ground-nesting) species than expected based on a constant proportion were recorded in April and May, while more hypergeic (above-ground nesting) species than expected

were recorded in June. In conclusion, a sampling protocol that extends over the whole season is necessary to ensure a representative sample of the bee fauna. Of the 247 species collected during the two years of the study, 63 species (25.5%) were recorded in only one of the two years. Thus, assessing a bee fauna requires at least two years of sampling. Parasitic species were more often recorded in only one year than expected from the average, indicating that their assessment requires a particularly high sampling effort.

Bee diversity and species composition were related to selected environmental factors such as land use, resource distribution and small-scale landscape structure (chapter 5). Four study plots were chosen for each of seven land use types which covered the majority of the study area. Bees were collected on these plots following a standardized sampling scheme. Resource availability was measured as the flowering plant species and potential nesting sites present on the plots and in a belt around the plots. Furthermore, the composition and relative abundance of the land use types in the strip around the plots were mapped as a measure for landscape heterogeneity. Land use, resources and landscape heterogeneity were included in the analyses as explanatory variables. The number of bee species per plot was positively correlated with the amount of flowers on the plot. Land use did not significantly influence the number of species per plot. In contrast, species composition was most strongly influenced by land use and to a lesser extent by resource distribution and landscape structure. The mosaic character of the landscape is essential for the high bee diversity in the study area. The different land use types supplement each other by providing a temporal continuum of flower availability, and they complement each other as some offer plentiful pollen sources while others are rich in nesting sites. The analysis of ecological patterns among the plots revealed that endogeic and hypergeic bee species were not randomly distributed among land use types and responded differently to environmental factors. Numbers of endogeic species were correlated with the amount of flowers on the plots and in the surroundings of the plots, and they were more frequent on the hay meadows than expected from a random distribution. In contrast, numbers of hypergeic species were positively correlated with the number of land use types in the surroundings and the amount of stony nesting structures in the surroundings. Hypergeic species were more frequent than expected on fallow land and steppic grassland.

The use of indicator taxa as surrogates for biodiversity is only valid if the diversity of the indicator taxon is strongly correlated with total species diversity. We investigated the congruence in patterns of species numbers and community similarities among three insect taxa, i.e. bees, grasshoppers and aculeate wasps (chapter 6). The numbers of species per plot were only positively correlated between bees and aculeate wasps, and the community similarities between pairs of plots were only correlated between bees and grasshoppers. These results indicate that none of the investigated taxa closely reflects the species diversity or community similarities of the other taxa. The number of red-listed species per plot and the total number of species per plot were correlated in bees but not in grasshoppers. Thus, the conservation of threatened grasshopper species may require different measures than the conservation of overall grasshopper diversity. Land use did not influence the number of species per plot in any of the three studied taxa. However, a significant influence of land use on the species composition was observed, which was strongest in grasshoppers and weakest in aculeate wasps.

This study provides valuable insights into the ecological processes that structure a bee community at landscape level. Implications for the conservation of bee diversity in agroecosystems were deduced from the results of this study. The study emphasizes the high value of heterogeneous agricultural landscapes and extensive land use for biodiversity.

2. Zusammenfassung

Die räumliche Verteilung von Organismen auf Landschaftsebene wird durch die Verfügbarkeit der Ressourcen bestimmt. Diese wird wiederum stark von den Eigenschaften der Landschaftsstruktur beeinflusst, vor allem der Zusammensetzung der Habitattypen und deren räumlicher Anordnung sowie zeitlicher Dynamik. Einsichten in die Wirkung ökologischer Prozesse auf Landschaftsebene auf Organismen sind eine wichtige Voraussetzung für den Schutz der Biodiversität. In Agrarlandschaften werden die Zusammensetzung der Habitate und die Landschaftsstruktur vor allem durch die Landwirtschaft bestimmt. Vielfältige Landnutzung in niedriger Intensität hat in den Bergregionen Mitteleuropas bis heute vielfältige Landschaften erhalten.

In der vorliegenden Doktorarbeit wurden Wildbienen als Indikatoren für die Biodiversität in einem Grünland-Ökosystem an einem Südhang der Schweizer Alpen verwendet. Hauptziel war die Untersuchung des Einflusses von Ressourcenverteilung und Landschaftsstruktur auf die Artenvielfalt. Wildbienen benötigen blühende Pflanzen als Pollen- und Nektarquellen sowie spezifische Strukturen für den Nestbau. Diese beiden Ressourcentypen, welche oft über verschiedene Habitate verteilt sind, müssen innerhalb des Aktivitätsradius' der Wildbienenarten liegen.

Während zwei Jahren intensiven Sammelns wurden insgesamt 247 Wildbienenarten nachgewiesen, und die Gesamtzahl von Arten wurde für das Untersuchungsgebiet auf nahezu 280 geschätzt (Kapitel 4). Die Dominanzstruktur der Wildbienenfauna war gekennzeichnet durch sehr wenige häufige Arten und einen grossen Anteil an seltenen Arten. Die Analyse der ökologischen Muster ergab, dass mehr parasitische Arten als bei zufälliger Verteilung erwartet mit nur einem Individuum vertreten waren (singletons), und dass mehr primitiv eusoziale Arten als erwartet in den individuen-stärksten Abundanzklassen vertreten waren. Da mit einem niedrigen Sammelaufwand vor allem seltene Arten nicht erfasst werden, beeinflusst der Sammelaufwand die ökologischen Muster im gewonnenen Datenmaterial. Die Wildbienenfauna zeigte eine markante Verschiebung der Artenzusammensetzung und der ökologischen Muster im Lauf des Jahres. Der stärkste jahreszeitliche Effekt wurde für das Nistverhalten beobachtet: im April und Mai wurden mehr endogäische (bodennistende) Arten erfasst als bei einem zeitlich konstanten Anteil erwartet, während

im Juni mehr hypergäische (überirdisch nistende) Arten erfasst wurden. Folglich führt nur ein Sammelprotokoll, welches die ganze Saison einschliesst, zu einer repräsentativen Stichprobe einer Wildbienenfauna. Von den 247 Arten, welche in den zwei Jahren der Studie nachgewiesen wurden, wurden 63 Arten (25.5%) nur in einem der beiden Jahre erfasst. Das Erfassen einer Wildbienenfauna erfordert also mindestens eine Sammeldauer von zwei Jahren. Parasitische Arten wurden überdurchschnittlich oft in nur einem der beiden Jahre erfasst. Dies weist darauf hin, dass der Nachweis von parasitischen Arten einen besonders hohen Sammelaufwand erfordert.

Die Vielfalt und Artenzusammensetzung der Wildbienen wurde mit ausgewählten Umweltfaktoren wie Nutzung, Ressourcenverteilung und kleinräumige Landschaftsstruktur in Beziehung gesetzt (Kapitel 5). Für jeden der sieben Nutzungstypen, welche den Grossteil des Untersuchungsgebietes abdeckten, wurden vier Untersuchungsflächen ausgewählt. Auf diesen Untersuchungsflächen wurden Wildbienen nach einem standardisierten Sammelprotokoll erfasst. Die Verfügbarkeit von Ressourcen wurde als Menge der blühenden Pflanzenarten und vorhandenen Niststrukturen auf den Untersuchungsflächen und in einem angrenzenden Streifen gemessen. Als Mass für die Heterogenität der Landschaft wurden zusätzlich die Zusammensetzung und der relative Anteil der Nutzungstypen im Streifen um die Untersuchungsflächen kartiert. Nutzung, Ressourcen und Landschafts-Heterogenität wurden als erklärende Variablen in den statistischen Analysen verwendet. Die Artenzahl der Wildbienen pro Untersuchungsfläche war positiv korreliert mit der Blütenmenge auf der Untersuchungsfläche. Die Nutzung hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Artenzahl pro Untersuchungsfläche. Im Gegensatz zur Artenzahl wurde die Artenzusammensetzung am stärksten durch die Nutzung und zu einem geringeren Mass durch die Ressourcenverteilung und die Landschaftsstruktur beeinflusst. Der Mosaik-Charakter der Landschaft ist entscheidend für die hohe Wildbienen Vielfalt im Untersuchungsgebiet. Die verschiedenen Nutzungstypen ergänzen einander, indem sie ein zeitlich durchgehendes Blütenangebot schaffen, und indem einige Typen reichlich Pollenquellen bieten, während andere viele Niststrukturen enthalten.

Die Analyse der ökologischen Muster ergab, dass endogäische und hypergäische Arten nicht zufällig über die Nutzungstypen verteilt waren, und dass sie unterschiedlich mit den Umweltfaktoren korreliert waren. Die Anzahl endogäischer Arten war positiv

korreliert mit der Blütenmenge auf der Untersuchungsfläche und in ihrer Umgebung. Endogäische Arten waren häufiger auf Heuwiesen vertreten als von einer zufälligen Verteilung erwartet. Im Gegensatz dazu war die Anzahl hypergäischer Arten positiv korreliert mit der Anzahl Nutzungstypen in der Umgebung der Untersuchungsfläche sowie mit der Menge an Steinstrukturen in der Umgebung. Hypergäische Arten waren häufiger auf Brachen und Felsensteppen vertreten als erwartet.

Die Verwendung von Indikator-Taxa als Stellvertreter für die gesamte Biodiversität setzt voraus, dass die Vielfalt des Indikator-Taxon stark korreliert ist mit der gesamten Artenvielfalt. Wir untersuchten die Übereinstimmung der Muster von Artenzahlen und Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung von drei Insektengruppen: Wildbienen, Heuschrecken und akuleaten Wespen (Kapitel 6). Die Artenzahl pro Untersuchungsfläche war nur zwischen Wildbienen und akuleaten Wespen positiv korreliert. Die Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung zwischen Paaren von Untersuchungsflächen war nur zwischen Wildbienen und Heuschrecken positiv korreliert. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass keines der untersuchten Taxa die Vielfalt oder Artenzusammensetzung der anderen Taxa befriedigend widerspiegelt. Die Anzahl der Rote-Liste-Arten pro Untersuchungsfläche und die Gesamtzahl der Arten pro Untersuchungsfläche waren bei den Wildbienen korreliert, jedoch nicht bei den Heuschrecken. Der Schutz gefährdeter Heuschreckenarten erfordert deshalb möglicherweise andere Massnahmen als der Schutz der Gesamtvielfalt der Heuschrecken. In keinem der drei untersuchten Taxa hatte die Nutzung einen signifikanten Einfluss auf die Artenzahl pro Untersuchungsfläche. Hingegen wurde ein signifikanter Einfluss der Nutzung auf die Artenzusammensetzung beobachtet, welcher für die Heuschrecken am stärksten und für die akuleaten Wespen am schwächsten war.

Die vorliegende Studie gewährt einen wertvollen Einblick in die ökologischen Prozesse, welche eine Wildbienengemeinschaft auf Landschaftsebene strukturieren, und erlaubt Folgerungen für den Schutz der Wildbienen Vielfalt in Agrarökosystemen. Die Studie belegt den hohen Wert von vielfältigen Agrarlandschaften und extensiver Nutzung für die Biodiversität.