

Marc Jabin

Zusammenfassung der Dissertation

Influence of environmental factors on the distribution pattern of centipedes (Chilopoda) and other soil arthropods in temperate deciduous forests

Summary

The distribution pattern of centipedes (Chilopoda) and other soil arthropods in temperate deciduous forests was investigated in four complementary studies that covered a wide range of environmental parameters, including soil chemical properties and microclimatic parameters. The results of this study culminate in a multitude of implications for forest management which would help avoid an impoverishment of the soil fauna and a reduced productivity of forests.

In two field studies, the distribution pattern of centipedes (Chilopoda) in primeval forests of Slovakia (Investigation I) and in managed forests of western Germany (Investigation II) was studied. The four primeval forests are located in two different mountain ranges (Kremnické vrchy and Pol'ana Mountains) and are exposed either on southern or northern slopes. The twelve managed forests are located in three different mountain ranges (Eifel, Bergisches Land, Westerwald) on either southern slopes, plateaus or northern slopes. In these sixteen forests, the influence of coarse woody debris (CWD) on centipede distribution was studied by distinguishing sampling sites on the forest floor close to CWD (c-CWD) and distant from CWD (d-CWD).

In the four primeval forests (Investigation I), a total of 2,706 individuals from 20 species of centipedes were collected. Average species richness and number of individuals per forest ranged from 8 to 12 species/m² and from 244 to 486 individuals/m². The oak forests on south-facing slopes harboured several species which did not occur in the more northern exposed fir-beech forests. The number of species as well as individuals, however, varied more within than between individual forests. Increase of species richness and density was mainly caused by the presence of CWD and was more pronounced on the southern slopes characterized by high temperatures and low precipitation than on the northern slopes characterized by low temperatures and high precipitation. However, CWD did not always increase species diversity in primeval forests.

In the twelve managed forests (Investigation II), a total number of 2,876 individuals belonging to 22 species of centipedes were collected. The average species richness and number of individuals per forest ranged from 6 to 13 species/m² and from 40 to 237 individuals/m². The forests on northern slopes and plateaus harboured several species which did not occur on southern slopes. Species richness as well as density, however, varied more within than between individual forests. In total, more species and individuals were collected in c-CWD sites than in d-CWD sites. The positive effect of CWD was observed in all aspects of slope. The diversity according to rarefaction analysis corresponded to the results obtained for density and species richness and was higher at sites c-CWD.

The effect of soil chemistry on centipedes and other soil organisms was studied in deciduous forests of western Germany (Investigation III). Kiln areas offer the opportunity to investigate

small-scale effects of soil chemistry. The investigation was performed in three forests (Kermeter, Arzbach, Loope). The A_h-horizon in kiln areas (kilns) was generally characterized by higher levels of basic cations, nitrogen, carbon and higher (Ca+Mg+K)/Al molar ratios than soil samples taken distant from kilns (>10 m from kiln edge; control sites). Additionally, most soil parameters were affected by forest, as the highest contents were found in Kermeter and lowest in Loope. Microbial activity was higher at kilns than at control sites, but microbial biomass was not affected. Forest had a strong effect on microbial activity and biomass. In contrast to soil chemical parameters and microbial parameters, soil fauna was mostly unaffected by charcoal accumulation at kilns. However, arthropods with a calcareous exoskeleton (Isopoda and Diplopoda) showed higher abundances at kilns than at control sites in two of the three forests. A significant influence of forest on the distribution pattern of Oribatei, Collembola, Chilopoda, Isopoda, Diplopoda and Coleoptera larvae was found. The macrofauna showed highest densities in Arzbach and lowest densities in Loope, whereas mesofauna showed highest densities in Loope and lowest densities in Arzbach. For microbial parameters, the highest correlations were found for the (Ca+Mg+K)/Al molar ratio. Arthropods with a calcareous exoskeleton demonstrated the highest correlations within the soil fauna, as they were positively correlated to pH-value and (Ca+Mg+K)/Al molar ratio.

In a field experiment (Investigation IV), the litter mass of the forest floor was manipulated to determine the effects of microclimate on the abundance of macroarthropods. Litter accumulation treatments were performed distant from (+litter) and close to (+litter+logs) fallen logs. The investigation was performed in two forests (Arzbach, Elbert) of the Westerwald (Germany). In the litter layer, increased mean temperatures during the cold season and decreased mean temperatures during the warm season were found when compared to macroclimatic data. Minimum and maximum temperatures were buffered in litter accumulation treatments. The mean moisture content of litter was higher in litter accumulation treatments. Litter accumulation also significantly increased the abundances of Araneida, Pseudoscorpionida, Diplopoda, Lithobiomorpha, Geophilomorpha, Isopoda and Coleoptera and the species richness of centipedes in +litter treatments. The abundances of Geophilomorpha, Isopoda and Coleoptera showed a further increase in +litter+log treatments. A stepwise linear regression revealed strong correlations between microclimate and litter-dwelling macroarthropods. At least in one season, Isopoda and adult Coleoptera preferred sites in which the daily temperature range was low. The abundance of Lithobiomorpha and Diplopoda was correlated to the moisture content of leaf litter. Although fallen logs did not directly influence the abundance of most litter-dwelling arthropods, they had an indirect effect by causing an increase of litter mass and, hence, by improving the microclimatic environment of the forest floor.

Zusammenfassung

In vier komplementären Untersuchungen wurde das Verteilungsmuster von Hundertfüßern (Chilopoda) und anderen Bodenarthropoden in Laubwäldern der gemäßigten Breiten erfasst. Die Untersuchungen umfassten zusätzlich ein weites Spektrum an Umweltfaktoren. Dazu gehörten zahlreiche bodenchemische und bodenmikrobielle Parameter sowie mikroklimatische Messgrößen. Aus den Ergebnissen resultiert eine Vielzahl von Implikationen für eine naturnahe Forstwirtschaft, mit dem Ziel, einer verminderten Produktivität von forstwirtschaftlich genutzten Flächen und einer Verarmung der Bodenfauna entgegenzuwirken.

In zwei Freilanduntersuchungen wurde das Verteilungsmuster von Hundertfüßern untersucht. Als Modellflächen wurden vier Urwälder in der Slowakei sowie zwölf naturnah bewirtschaftete Wälder in Deutschland ausgewählt. Die Urwälder befinden sich auf zwei unterschiedlichen Bergzügen (Kremnické vrchy and Pol'ana Mountains) mit jeweils einem süd- sowie nordexponierten Wald und weisen eine durchschnittliche Totholzmenge von 30-300 m³ ha⁻¹ auf. Die Wirtschaftswälder befinden sich in unterschiedlichen Regionen der Mittelgebirge (Eifel, Bergisches Land, Westerwald), jeweils vier Wälder in Plateaulage sowie Süd- bzw. Nordexposition. Alle Wirtschaftswälder sind durch eine Totholzmenge von 4-16 m³ ha⁻¹ gekennzeichnet. In allen Wäldern wurde der Einfluss von Totholz auf die Abundanz, den Artenreichtum sowie die Diversität der Hundertfüßer untersucht. Dabei wurde zwischen Flächen in unmittelbarer Nähe des Totholzes (c-CWD; <10 cm) sowie in größerer Entfernung vom Totholz (d-CWD; >500 cm) unterschieden.

In den vier Urwäldern (Investigation I) wurden insgesamt 2706 Individuen mit 20 Arten erfasst. Der durchschnittliche Artenreichtum und die Individuendichte pro Wald reichte von acht bis zwölf Arten pro m² und von 244 bis 486 Individuen pro m². Die Eichenwälder der südexponierten Hänge wiesen Arten auf, die nicht auf den nordexponierten Hängen der Tannen-Buchenwälder vorkamen. Die Arten- und Individuenzahl variierte jedoch stärker innerhalb als zwischen den einzelnen Wäldern. Eine Zunahme der Artenzahl und Individuendichte war auf das Vorhandensein von Totholz zurückzuführen. Der Einfluss des Totholzes war in den südexponierten Wäldern stärker als in den nordexponierten Wäldern ausgeprägt.

In den zwölf Wirtschaftswäldern (Investigation II) wurden insgesamt 2876 Individuen mit 22 Arten erfasst. Die durchschnittliche Artenzahl und Individuendichte pro Wald reichte von sechs bis 13 Arten pro m² und 40 bis 237 Individuen pro m². Die Wälder in Plateaulage und die nordexponierten Wälder wiesen Arten auf, die nicht in südexponierten Wäldern auftraten. Die Arten- und Individuenzahlen variierten stärker innerhalb als zwischen den einzelnen Wäldern. Es wurden mehr Arten und Individuen in der Nähe des Totholzes als in größerer Entfernung vom Totholz erfasst. In Totholznähe war ebenfalls die Diversität (Rarefaction-Analyse) erhöht. Der Einfluss des Totholzes konnte unabhängig von der Exposition der Wälder nachgewiesen werden.

Der Einfluss bodenchemischer Parameter auf die Hundertfüßer und andere Bodenarthropoden lässt sich in Wäldern nachweisen, die durch eine große Anzahl historischer Meilerplatten charakterisiert sind (Investigation III). Meilerplatten weisen einen großen Anteil an Holzkohle im Oberboden (A_h-Horizont) auf. Holzkohle kann aufgrund ihrer Adsorptionsfähigkeit hohe Gehalte an Nährstoffen aufweisen. Die Böden der ausgewählten Meilerplatten (kiln) enthielten höhere Gehalte an basischen Kationen, Stickstoff, Kohlenstoff und höhere (Ca+Mg+K)/Al-Molarquotienten.

Die mikrobielle Aktivität, nicht aber die mikrobielle Biomasse war auf Meilerplatten höher als im Boden außerhalb der Meilerplatten. Die meisten Taxa der Bodenfauna wurden nicht durch Meilerplatten beeinflusst. Allerdings traten Taxa mit kalkhaltigem Exoskelett (Isopoda und Diplopoda) auf den Meilerplatten gehäuft auf. Deutliche Korrelationen wurden zwischen den mikrobiellen Parametern und den Arthropoden mit kalkhaltigem Exoskelett mit dem (Ca+Mg+K)/Al-Molarquotienten festgestellt. Arthropoden mit kalkhaltigem Exoskelett waren außerdem mit dem pH-Wert des Oberbodens korreliert.

Zusätzlich beeinflusste das Mikroklima das Verteilungsmuster der Hundertfüßer und der anderen Bodenarthropoden. Dies ergab sich aus einem experimentellen Freilandversuch

(Investigation IV), in dem die Streumenge auf dem Waldboden manipuliert wurde. Dabei erwies sich nicht die absolute Temperatur, sondern die Amplitude der Temperaturschwankungen als entscheidend. Isopoda und Coleoptera bevorzugten mindestens in einer Jahreszeit Habitate mit geringen täglichen Temperaturschwankungen. Mit der Streumenge veränderte sich auch der aktuelle Wassergehalt in der Streuaufgabe. Vom Wassergehalt wurden besonders die Chilopoda und Diplopoda beeinflusst. In manchen Jahreszeiten schien nicht das Mikroklima, sondern die Streumenge für das Vorkommen entscheidend zu sein. Dies galt für die Abundanz der Araneida, Pseudoscorpionida, Diplopoda, Lithobiomorpha, Geophilomorpha, Isopoda und Coleoptera. Die Streumenge beeinflusste auch die Artenzahl der Chilopoda. Durch Oberflächenstrukturen auf dem Waldboden wird die Streumenge beeinflusst. Hierzu gehört insbesondere das Totholz.