Mario Helbig, Corinna Zschoch, Jörg Lorenz, Martin Gutsch, Andreas Scholz, Arnd Schöndube

Naturwaldzellen in Sachsen – ein Beitrag zur Erforschung und Erhaltung waldgebundener Arthropoden

Vorgestellt werden das System der sächsischen Naturwaldzellen und ausgewählte Ergebnisse einer faunistischen Erstaufnahme in der Naturwaldzelle „Steinbach". Für die Tiergruppen der Käfer und Spinnen konnte anhand der Untersuchungen eine Bindung an Waldstrukturen – insbesondere an die zur natürlichen Bestockung zählenden Baumarten – nachgewiesen werden. Die bestockungsspezifischen Faunenstrukturen stellen sich gegenseitig ergänzende Komponenten des montanen (Fichten-)Buchenwaldes dar. Zudem konnten regionale Reliktvorkommen von Arten erkannt werden, die als hochgradig gefährdet gelten.

Stichworte: Naturwaldzelle, Sachsen, Artendiversität, Fauna, Coleoptera, Araneae

Natural forest reserves in Saxony – a contribution to the investigation and conservation of forest-bound Arthropods
The article presents the Saxon system of natural forest reserves and selected results of a first faunistic registration assessment in the natural forest reserve "Steinbach". For the species groups Coleoptera and Araneae a special dependence on forest structures, especially on the tree species belonging to the natural forest vegetation, is shown. Faunistic structures specific to stoking represent mutually dependent components of the mountain forest [Norway Spruce-(Picea abies) European Beech (Fagus sylvatica) forest]. Moreover, regional relics of highly endangered species (so-called Rote-Liste-Arten) were detected.

Key words: Natural forest reserve, Saxony, species diversity, fauna, Coleoptera, Araneae

1 Das System der Naturwaldzellen (NWZ) in Sachsen

Das sächsische Waldgesetz eröffnet im § 29 die Möglichkeit, Naturwaldzellen als eine Form des Schutzwaldes auszuweisen. Der Schutz und die Analyse von sich selbst entwickelnden Waldlebensgemeinschaften sind als ein vorrangiges Ziel für die Ausweisung von NWZ definiert. Darauf aufbauend gilt es, Erkenntnisse für eine multifunktionale Forstwirtschaft abzuleiten.

Seit Mitte der 90er Jahre werden in Sachsen Waldgebiete ausgewählt, die sich für eine Ausweisung als NWZ eignen. Dabei sollen die Gebiete folgende Voraussetzungen erfüllen:

- eine für Sachsen typische, bewirtschaftungsrelevante Waldgesellschaft repräsentieren,
- bereits eine naturnahe Bestockung aufweisen,
- mindestens 25–30 ha groß sein,
- vorrangig im Staatswald liegen.

Die zusätzliche Einrichtung einer waldbaulichen Vergleichsfläche in unmittelbarer Nähe zur NWZ wurde angestrebt.

Die waldgeschichtliche Entwicklung betrachtend wird deutlich, dass das zur Verfügung stehende Flächenpotenzial, welches die Anforderungen an eine NWZ erfüllt, sehr eingeschränkt ist. Im Zuge des hohen Nutzungsdruckes in der Vergangenheit – vor allem durch Bergbauaktivitäten und Folgeindustrie – hat sich die Bestockungsstruktur im gesamten sächsischen Raum erheblich gewandelt. Unter natürlichen Verhältnissen (PNV) würden beispielsweise Buchenwälder mit 51 % dominieren (Abb. 1). An der aktuellen Bestockung nimmt die Buche jedoch nur einen Anteil von 3,2 % ein. Größere Buchenwaldkomplexe sind nur wenige zu finden. Besonders gravierend sind die Diskrepanzen im Wuchsgebiet Erzgebirge, in dem natürlicher Buchenwald auf 78 % der Fläche stocken würde und aktuell nur auf 4 % vorhanden ist. Hinzu kommt dort in den Kammlagen und höheren Berglagen ein vergleichsweise hoher Anteil fremdländischer Baumarten, die in Folge jahrzehntelanger hoher Immissionsbelastungen als Ersatzbestockungen vor allem für die extrem geschädigten Fichten angebaut wurden.

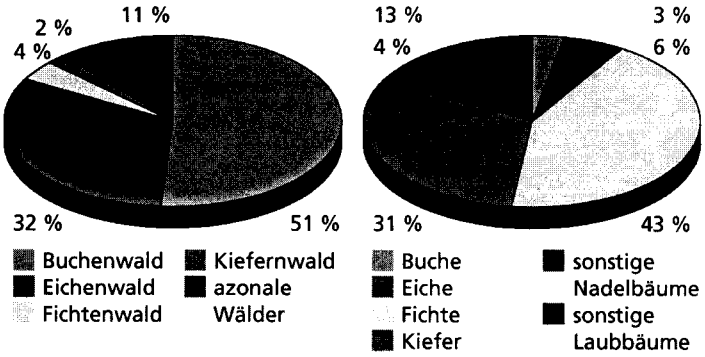


Abbildung 1: *Potenziell natürliche Waldgesellschaften in Sachsen (links) und aktuelle Baumartenverteilung (rechts) bezogen auf die aktuelle Waldfläche*

Figure 1: *Potential natural woodland communities in Saxony (left) and current tree species distribution (right) related to the current forest-covered area*

Zum jetzigen Zeitpunkt sind in Sachsen formell acht NWZ mit insgesamt 303 ha Fläche (entspricht 0,06 % der Waldfläche) und einer durchschnittlichen Größe von 37,8 ha ausgewiesen (Tab. 1, Abb. 2). Den Schwerpunkt bilden die Buchenwaldgesellschaften. Sieben NWZ liegen in bestehenden Naturschutzgebieten, sind Bestandteil der Totalreservatskonzeption für Sachsen und seit 2002 zusätzlich Teile von FFH-Gebieten.

Das Konzept der NWZ-Forschung in Sachsen sieht eine Kombination von Totalreservat (=NWZ) und bewirtschafteter Referenzfläche vor, wodurch die NWZ zugleich wesentliche Komponenten im waldbaulichen Versuchsflächensystem geworden sind. Zur Charakterisierung der Verhältnisse werden systematische Stichprobenerhebungen auf einem festen Probekreisraster sowohl in der NWZ als auch in der Referenzfläche durchgeführt. Die Erfassung des Ausgangszustandes bzgl. wald- und vegetationskundlicher Parameter erfolgte in den acht sächsischen NWZ im Zeitraum von 1996 bis 2002. Zusätzlich fanden in den NWZ Steinbach und Weicholdswald Erhebungen zur Arthropodenfauna statt.

Tabelle 1: *Übersicht über die NWZ in Sachsen, geordnet nach Klimastufe (*Hf: Höhere Berglagen mit feuchtem Klima, Mf: Mittlere Berglagen mit feuchtem Klima, Um: Untere Lagen / Hügelland mit mäßig trockenem Klima)*

Table 1: *Table of the natural forest reserves in Saxony, related to climatic ranges (*Hf: Higher mountain ranges with humid climate, Mf: Medium mountain ranges with humid climate, Um: Lower mountain ranges with relatively dry climate)*

Name	Forstamt	Klimastufe*	Leit-Baumart	NWZ [ha]	Waldbauliche Vergleichsfläche [ha]	NSG	FFH-Gebiet	Formell ausgewiesen (Jahr)
Wodrich	Schöneck	Hf	Fichte	42,4	---	nein	teilweise	2000
Zweibach	Grünhain	Hf	Buche	30,5	70,8	ja	teilweise	2003
Hemmschuh	Bärenfels	Hf	Buche	43,3	200,2	ja	ja	2002
Steinbach	Marienberg	Hf/Mf	Buche	35,7	82,1	ja	ja	2003
Rungstock	Olbernhau	Hf/Mf	Buche	38,4	135,7	ja	ja	2004
Weicholdswald	Altenberg	Mf	Buche	39,3	44,8	ja	ja	2002
Winterberg	Nationalpark	Mf	Buche	46,6	---	ja	ja	2004
Klosterwiese	Wermsdorf	Um	Eiche	27,0	---	ja	ja	2003
Summe				303,2	533,6			

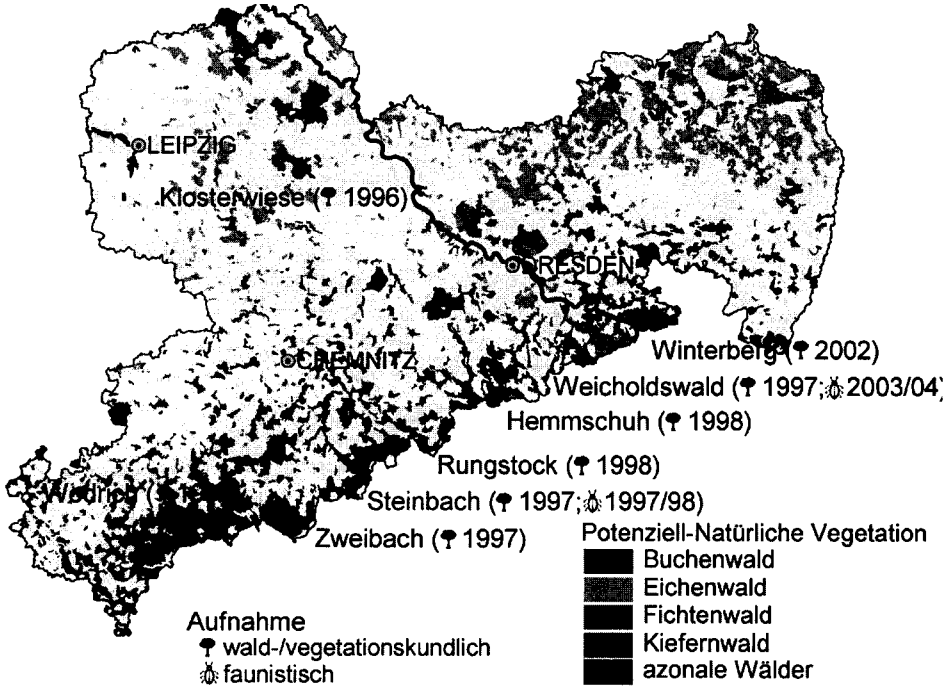


Abbildung 2: *Lage und Bearbeitungsstand der Naturwaldzellen in Sachsen*

Figure 2: *Position and state of processing of the natural forest reserves in Saxony*

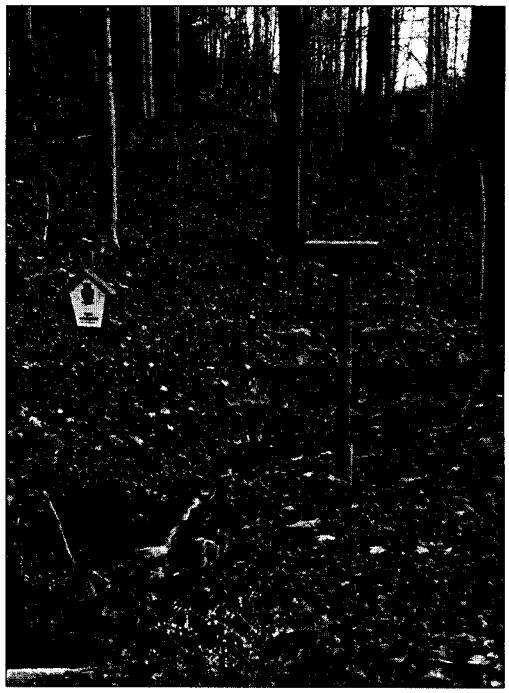


Abbildung 3: *Naturwaldzelle „Steinbach"*

Figure 3: *Natural forest reserve "Steinbach"*

2 Faunistische Untersuchungsergebnisse der Erstinventarisierung für die NWZ Steinbach

2.1 Untersuchungsgebiet/-fläche

Die NWZ Steinbach befindet sich im Wuchsbezirk Mittleres Oberes Erzgebirge. Sie erstreckt sich von 644 bis 765 m über NN an einem überwiegend nach Nord/Nordwest exponierten Hang und wird vom namensgebenden Steinbach durchzogen.

Die langjährige Jahresmitteltemperatur liegt im Untersuchungsgebiet bei 5,5 °C, die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme bei 950 mm. Von der forstlichen Standortskartierung wurde die NWZ den mittleren bis höheren Lagen mit feuchtem Klima (Mf/Hf) zugeordnet. Über den Grundgesteinen Gneis bzw. Glimmerschiefer haben sich vorwiegend mittelfrische bis frische Braunerden mittlerer Trophie ausgebildet.

Als potenzielle Waldgesellschaft dominiert der Hainsimsen-(Tannen-Fichten)-Buchenwald. Stellvertretend für die Weiserart Schmalblättrige Hainsimse (*Luzula luzuloides*) tritt das Wollige Reitgras (*Calamagrostis villosa*) in Erscheinung. Daneben sind Wald-Sauerklee *(Oxalis acetosella)* und Gemeiner Frauenfarn (*Athyrium filix-femina*) häufig zu finden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass das Gebiet der NWZ Steinbach in den letzten Jahrhunderten dauerhaft mit Wald bestockt war, wenngleich der Wald um 1557 als „stark verhauen" beschrieben wurde (LEHMANNS 1699). In der 2. Hälfte des vergangenen Jahrhunderts verursachten hohe S-Einträge Beeinträchtigungen in den Waldbeständen. Trotzdem haben sich an den Hängen bis zum heutigen Tage die Laubhölzer flächig erhalten. Das derzeitige Waldbild wird von Buche, Fichte und in geringerem Umfang durch Bergahorn geprägt.

Bis zur Ausweisung als NWZ besaß die Fläche den Status eines forstlich bewirtschafteten Naturschutzgebietes mit dem Schutzzweck „Erhaltung der Buchen-Altbestände". Ähnlich wie in den anderen sächsischen NWZ hat sich auch in Steinbach bislang nur wenig Totholz angereichert; der überwiegende Teil des vorhandenen Totholzes ist stehend und erst frisch abgestorben (Abb. 5). Im Durchschnitt belaufen sich die Vorräte an liegendem und stehendem Totholz auf knapp 6 m³/ha; dies entspricht 1,6 % des Holzvorrates. Im Vergleich zu anderen

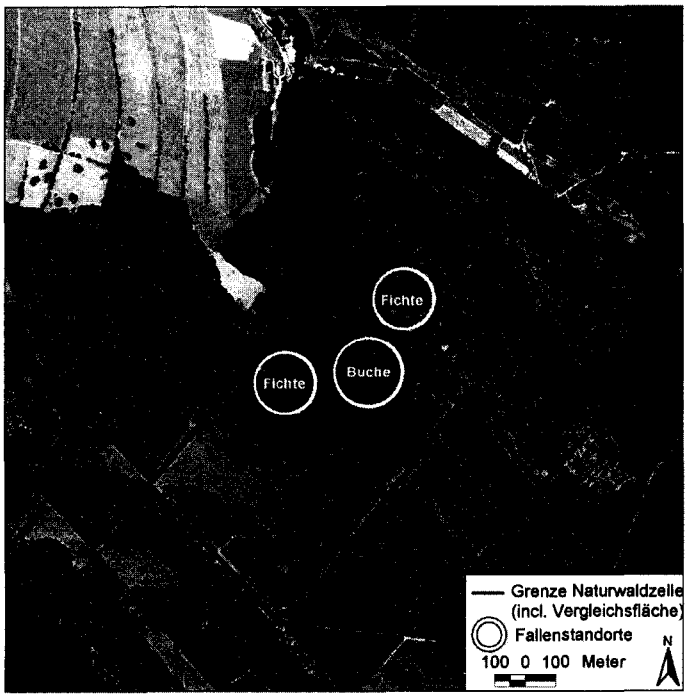


Abbildung 4: *Luftbildkarte mit Untersuchungsflächen*

Figure 4: *Aerial photo map with the plot's area*

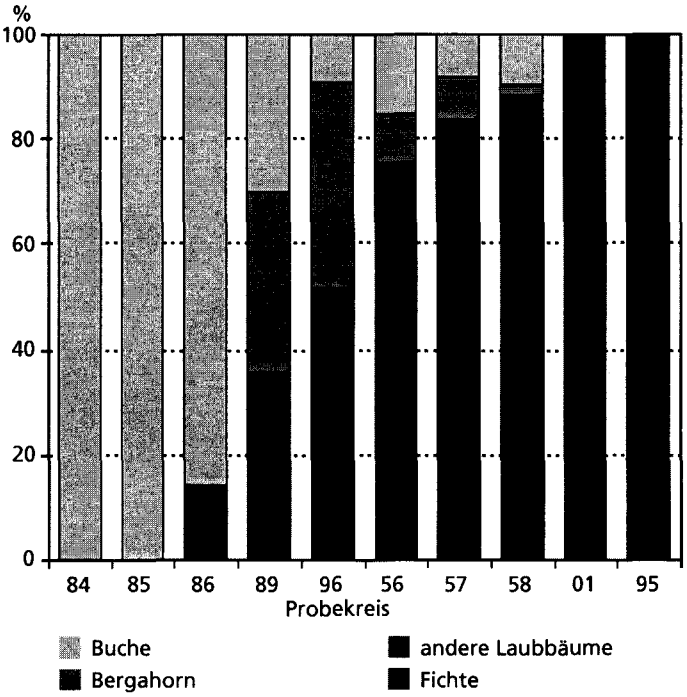


Abbildung 6: *Baumartenzusammensetzung der Probekreise*

Figure 6: *Tree species distribution of the plots*

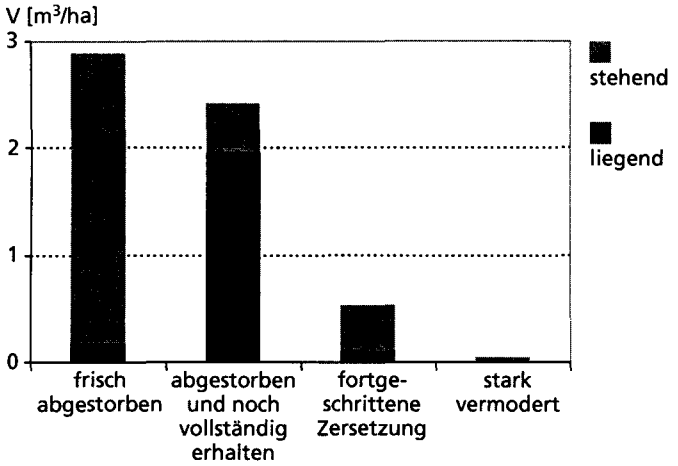


Abbildung 5: *Totholzvorrat der NWZ Steinbach gegliedert nach Zersetzungsstufen*

Figure 5: *Amount of dead wood classified after the state of decomposition*

Untersuchungen wird deutlich, dass die Totholzmenge eher charakteristisch für einen Wirtschaftwald ist. Für Urwälder der Slowakei gibt KORPEL (1997) 65–200 m³/ha an, für Naturwälder werden von DETSCH und AMMER (1999) 31–215 m³/ha genannt. Die Bundeswaldinventur 2 hat für Sachsen im Durchschnitt 3,5 m³/ha ermittelt.

2.2 Methodik

Die Methodenauswahl zur Erfassung der Arthropoden verfolgte einerseits das Ziel, einen Einblick in das faunistische Inventar der Fläche zu erhalten, andererseits durch stratifizierte Probeflächenauswahl einen Gradienten unterschiedlicher Bestockungssituationen abzubilden (Abb. 4). Maßgeblich hierbei war das Mischungsverhältnis von Fichte zu Buche (Bergahorn) bei sonst ähnlichen Verhältnissen.
Im Höhenbereich zwischen 680 bis 740 m über NN wurden 10 Probekreise des systematischen, den wald- und vegetationskundlichen Erhebungen zu Grunde liegenden Rasters ausgewählt, die durch die in Abb. 6 aufgezeigte Baumartenzusammensetzung charakterisiert sind.

Die Probekreise mit dem Anteil einer Baumart von über 80 % werden im Folgenden als Buchen- (n=3) bzw. Fichtenflächen (n=4) zusammengefasst, alle weiteren als mischbestockte Flächen (n=3).

Die Probekreise wurden mit 26 Bodenfallen und 10 Bodeneklektoren (je 1 m² Grundfläche) bestückt. Des Weiteren kamen auf der gesamten Fläche 6 Stamm-, 13 Luft- und 10 Totholzeklektoren sowie 8 Farbschalen zum Einsatz. Das Fallenset wurde während der Vegetationsperioden 1997 und 1998 exponiert und 14-tägig (Bodenfallen und Gelbschalen) bzw. monatlich (alle weiteren Fallentypen) geleert. Zusätzlich wurden Hand-, Kescher- und Klopffänge durchgeführt.

Für die Datenanalyse kamen vier verschiedene multivariate Analysemethoden zum Einsatz: Cluster-, TWINSPAN- (TWo-way INdicator SPecies ANalysis), Hauptkomponenten- (PCA) und die direkte Gradientenanalyse (RDA). Cluster- und TWINSPAN-Analyse gehören zu den Klassifikationsverfahren. PCA und RDA sind Gradientenanalysen. Die PCA setzt die Artvariablen in Beziehung zu hypothetischen Umweltvariablen (indirekte Gradientenanalyse), die RDA dagegen in Beziehung zu gemessenen Umweltvariablen (direkte Gradientenanalyse, JONGMANN et al. 1995). Die Analysen wurden am PC mit Hilfe der Softwarepakete PC-ORD Version 4.14 und CANOCO Version 4.5 durchgeführt[1].

2.3 Untersuchte Tiergruppen

Von den für eine Auswertung vorgesehenen Arthropodengruppen (ca. 30 000 Individuen) nehmen die
Käfer (Coleoptera) 39 %,
Spinnen (Araneae) 35 %,
Wanzen (Heteroptera) 23 % und
Stechimmen (Aculeata) 3 %
aller in der NWZ Steinbach gefangenen Individuen ein.

[1] Für die Unterstützung bei den statistischen Analysen danken wir dem Institut für Ökologie der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Die weiteren Ausführungen konzentrieren sich auf die arten- und individuenreich vertretenen Ordnungen der Käfer und Webspinnen. Beide Tiergruppen besiedeln in Waldökosystemen sämtliche Straten, vom Boden bis in den Kronenraum. Durch zahlreiche spezielle Anpassungen an Klein- und Kleinstlebensräume sind insbesondere Käfer sehr gut für die Beurteilung des Ökosystems Wald geeignet. Spinnen können Hinweise zu Raumstrukturen/Strukturvielfalt und mikroklimatischen Verhältnissen liefern.

2.4 Ausgewählte Ergebnisse

2.4.1 Käfer (Coleoptera)

In der NWZ Steinbach konnten mit den o.g. Methoden über 12 000 Käfer erfasst und 352 Arten nachgewiesen werden (ZSCHOCH 2003). Bei ähnlichen Untersuchungen in der ca. 100 Höhenmeter niedriger gelegenen NWZ Weicholdswald im Osterzgebirge (LORENZ 2005) wurden ca. 200 Arten mehr dokumentiert. Für ein hessisches Naturwaldreservat (um 700 m ü. NN, FLECHTNER et al. 2000) wird die Artenzahl mit 830 angegeben, für Nordrhein-Westfalen mit 804 bzw. 799 Arten (Höhenlagen zwischen 360–526 m ü. NN, KÖHLER 1996). Im bayerischen Naturwaldreservat Waldhaus, ebenfalls ein Hainsimsen-Buchenwald, wurden 297 Arten gefunden (RAUH 1993). Diese Unterschiede resultieren einerseits aus den ökologischen Bedingungen (Klima, vorhandenes Totholz usw.), andererseits aus verschiedenen Fangmethoden.

Am artenreichsten ist in der NWZ Steinbach die Familie Staphylinidae (67 Arten) vertreten, gefolgt von den Familien Carabidae (38 Arten), Cantharidae (24 Arten) und Chrysomelidae (23 Arten). Von 43 weiteren Familien sind jeweils nur wenige Arten gefangen worden (Abb. 7). Die Individuenverteilung ist sehr differenziert. Am häufigsten sind die Schnellkäferart *Athous subfuscus* mit 1522 Individuen bzw. 13,4 % des Gesamtfanges, die Rüsselkäferart *Strophosoma melanogrammum* mit 640 Individuen (5,6 %), die Kurzflüglerart *Eusphalerum rectangulum* mit 501 Tieren (4,4 %) sowie die Borkenkäferart *Hylurgops palliatus* mit 476 Tieren (4,2 %). Demgegenüber konnten 139 Arten (39,5 % des Gesamtartenspektrums) nur in Einzelexemplaren nachgewiesen werden.

Bezüglich ihrer Ökologie können die 30 häufigsten Käferarten (>1 % Anteil an der Gesamtindividuenzahl) als relativ eurytope Waldarten eingeordnet werden. Einige der Arten sind typische montane Faunenelemente, wie z. B. *Eusphalerum rectangulum, Oreina speciosissima, Carabus linnei, Otiorhynchus niger, Otiorhynchus scaber, Corticaria abietorum, Carabus silvestris* (KOCH 1989a, KOCH 1992). Insgesamt 79 Arten (vertreten mit 3126 Individuen) besitzen einen überwiegend montanen Verbreitungsschwerpunkt, was einem Artenanteil am Gesamtfang von 22 % entspricht.

Betrachtet man das Artenspektrum hinsichtlich seiner trophischen Einordnung zeigt sich, dass nahezu die Hälfte der erfassten Arten zoophag sind, gefolgt von den phytophagen Arten mit 18 % (Abb. 8). Zu ähnlichen Angaben kommen KÖHLER (1996) und FLECHTNER et al. (2000) bei ihren Untersuchungen in NWZ in Nordrhein-Westfahlen bzw. Hessen.

51 Käferarten sind laut der bundesdeutschen bzw. sächsischen Roten Liste unterschiedlich stark gefährdet. In der Mehrzahl (29 Arten) handelt es sich um xylobionte Arten bzw. Arten mit meist enger Bindung an alte, anbrüchige Bäume der potenziell natürlichen Waldgesellschaft, v. a. Rot-Buche, Berg-Ahorn und Fichte. Hervorzuheben ist der Nachweis der vom Aussterben bedrohten Art *Cryptophagus deubeli* und von vier stark gefährdeten Arten.

Die Schimmelkäfer-Art *Cryptophagus deubeli* ist eine relativ seltene montane, in der feuchten, verpilzten Bodenstreu von naturnahen Wäldern und Wiesen vorkommende Art, die in den letzten Jahren nur vereinzelt im Erzgebirge und Lausitzer Bergland gefunden wurde. Der Nachweis der stark gefährdeten Art *Absidia prolixa* ist nach dem Verzeichnis der Käfer Deutschlands (KÖHLER, KLAUSNITZER 1998) der erste Fund für Sachsen seit 50 Jahren. *Phloeostichus denticollis* – ebenfalls als stark gefährdet eingestuft – gilt als bioindikatorisch und ökofaunistisch bedeutsam für relativ naturnahe, strukturreiche montane Laubmischwälder (KOCH 1989b), in denen die Art unter der Rinde von Ahorn und Buche lebt. Regionalfaunistisch bemerkenswert ist u. a. *Notaris aterrimus*, da Sachsen die einzig bekannten Vorkommen in ganz Deutschland hat. Ökofaunistisch bedeutungsvoll ist weiterhin das Vorkommen

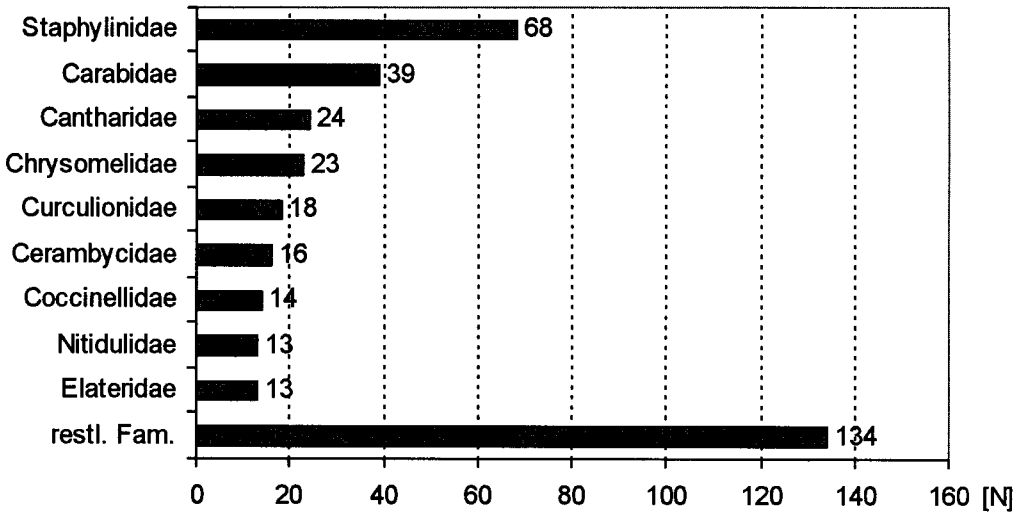


Abbildung 7: *Käfer-Familien und Artenzahlen*

Figure 7: *Number of Coleoptera species in different families*

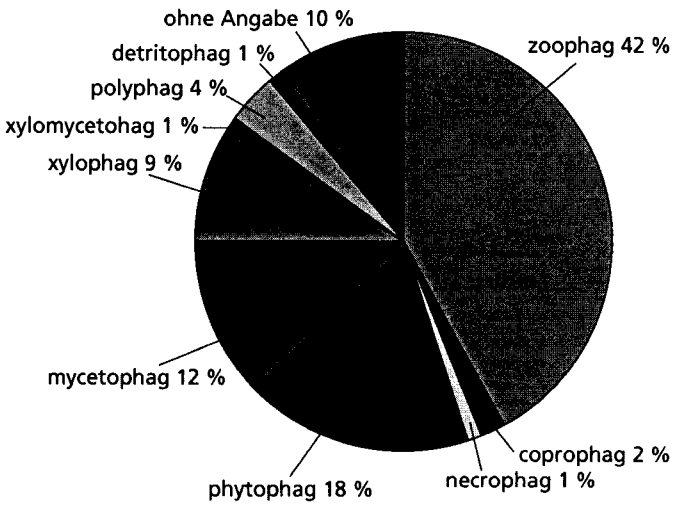


Abbildung 8: *Artenzahlen nach Ernährungstypen*

Figure 8: *Number of Coleoptera species depending on feeding*

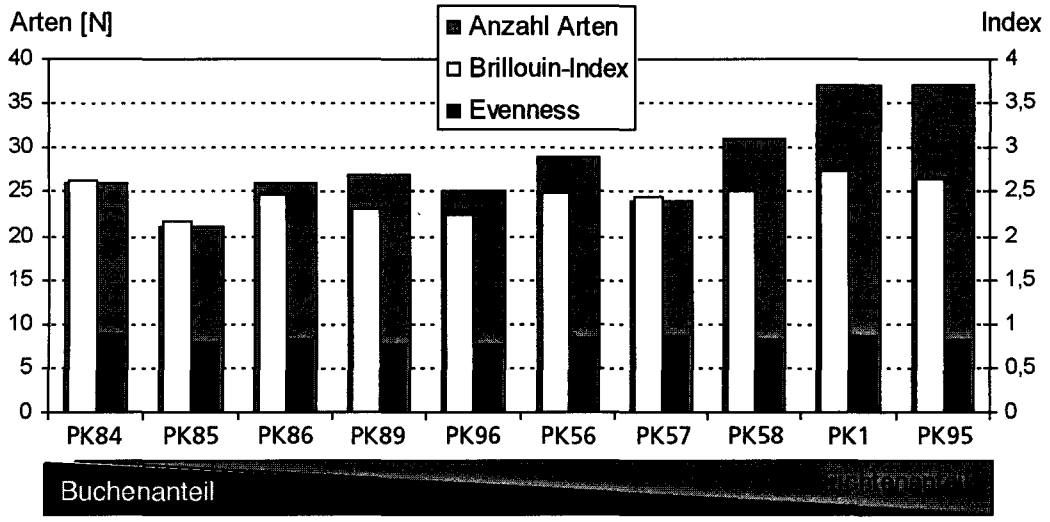


Abbildung 9: *Artenzahl und Diversität der Bodenfallenfänge Coleoptera nach Probekreisen (PK)*

Figure 9: *Number of Coleoptera species and diversity in different plots (limited to results of pitfall traps)*

des Laufkäfers *Carabus glabratus*, da die Art nach Untersuchungen von ASSMANN (1995) ein sehr geringes Ausbreitungs- und Wanderverhalten hat. Sie ist demzufolge ziemlich standortstreu und gilt als bioindikatorisch bedeutsam für historisch alte Wälder.
Zu den 23, nach der Bundesartenschutzverordnung geschützten Arten zählen u. a. die 8 Laufkäferarten *Calosoma inquisitor, Carabus coriaceus, C. auronitens, C. violaceus, C. glabratus, C. linnei, C. hortensis, C. silvestris* sowie die Hirschkäferart *Sinodendron cylindricum*.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, konnte im Rahmen der zweijährigen Untersuchungen in der NWZ Steinbach nahezu das gesamte Käfer-Artenspektrum erfasst werden, das in den letzten Jahren in anderen Buchen(-misch)wäldern in ähnlichen Höhenlagen des Erzgebirges bei gelegentlichen Einzeluntersuchungen nachgewiesen werden konnte, was die Repräsentativität der vorliegenden Untersuchungen unterstreicht (LORENZ 2005).

Bei den folgenden Auswertungen nach Probekreisen bzw. Bestockungsstruktur werden vorrangig die Bodenfallenfänge berücksichtigt.

Die meisten der nachfolgend dargestellten ökologischen Parameter zeigen keine eindeutige Tendenz bezüglich ihrer Abhängigkeit vom Bestockungsgradienten. Die Diversitätsparameter Brillouin-Index und Eveness schwanken ungerichtet zwischen 2,1 und 2,7 bzw. 0,78 und 0,88 (Abb. 9). Einzig die Artenzahlen nehmen mit dem Fichtenanteil geringfügig zu. Als Grund hierfür wird der höhere Raumwiderstand in den Buchenbeständen durch Streu und Bodenvegetation vermutet. Der daraus resultierende geringere Aktivitätsradius sowie eine niedrigere Laufgeschwindigkeit der Käfer reduzieren die Wahrscheinlichkeit des Fallenfanges, obwohl bei Waldflächen mit einer dichten Bodenvegetation von einer größeren Mikrohabitat-Strukturvielfalt und einer höheren biologischen Aktivität auszugehen ist.

Ein anderes Bild ergeben die Fangergebnisse der Stammeklektoren, mit denen überwiegend Stratenwechsler und Baumbewohner erfasst werden. Die Stammeklektoren waren nicht entlang des Gradienten angeordnet, sondern nur in buchen- bzw. fichtenbestockten Probekreisen. Die Eklektoren, die an Buchen installiert waren, fingen 90 Arten (davon 16 Rote-Liste-Arten), die Stammeklektoren an Fichten 73 Arten (davon 11 Rote-Liste-Arten).

Die Auswertungen der Bodenfallenfänge sowohl durch Cluster- als auch durch Hauptkomponentenanalyse (Abb. 10) verdeutlichen klare Parallelitäten in der Artenzusammensetzung bei

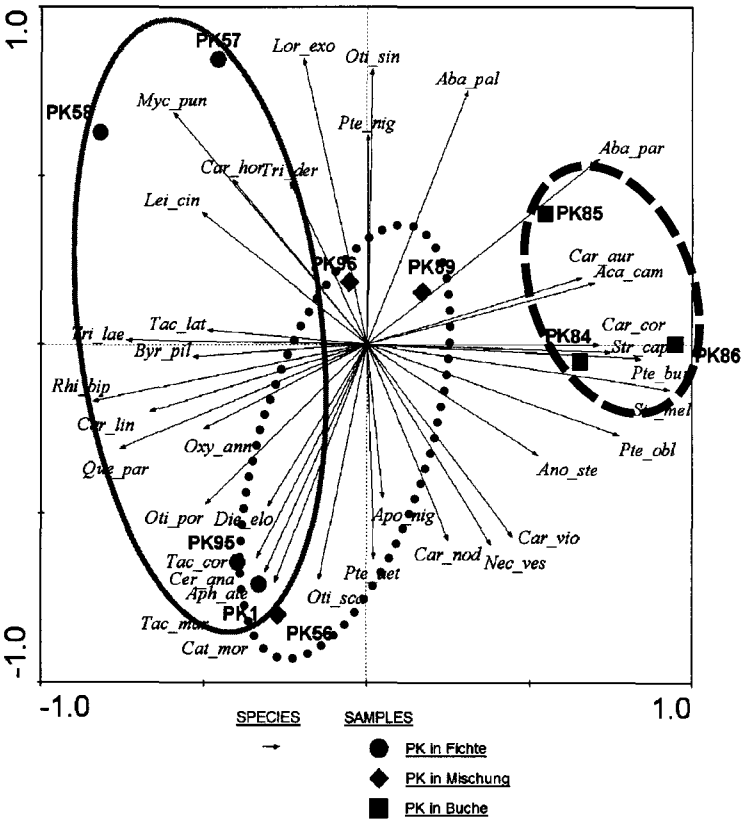


Abbildung 10: *Hauptkomponentenanaylse (PCA) der Bodenfallenergebnisse Coleoptera Probekreis (PK) = 10, Arten = 55*

Figure 10: *Principal component analysis (PCA) of pitfall trap results for Coleoptera (samples = 10, species = 55)*

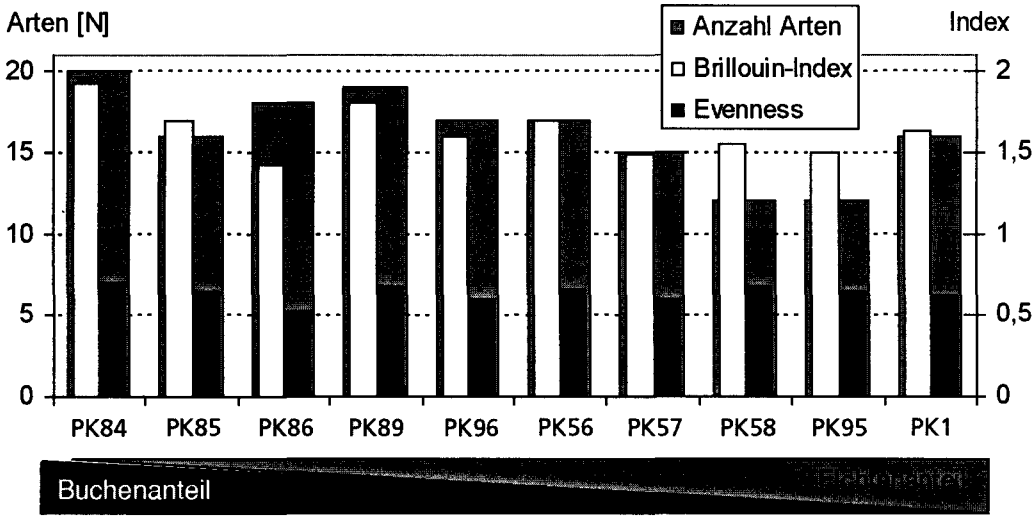
ähnlichen Bestockungsstrukturen. Im Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse erfolgte eine deutliche Trennung der Probekreise nach Hauptbaumarten, wobei die Probekreise entlang der ersten Hauptachse von links (Fichte) nach rechts (Buche) angeordnet sind bzw. Probekreise mit Mischbestockung in beide Richtungen tendieren.

Der Anteil, den diese Achse zur Klärung der Gesamtvarianz beisteuert, beträgt 26,2 %. In einer direkten Gradientenanalyse, in der Einflüsse von Umweltvariablen auf die Artverteilung geprüft werden können, wird der Buchenanteil als Einflussgröße berücksichtigt, allerdings nicht als signifikant bewertet.

Auch die Twinspan-Analyse bestätigt in etwa die Trennung der Probekreise auf Basis der Artenverteilung. Kennzeich-

Abbildung 11: *Artenzahl und Diversität der Bodenfallenfänge Araneae nach Probekreisen (PK)*

Figure 11: *Number of Araneae species and diversity in different plots (limited to results of pitfall traps)*



nend für die buchenbestockten Probekreise ist das gehäufte Auftreten von *Carabus coriaceus* sowie ferner *Strophosoma capitatum* und *Strophosoma melanogrammum*.

2.4.2 Spinnen (Araneae)

Bei den Spinnen beläuft sich die erfasste Artenzahl auf 124 bei etwas über 10 000 Individuen. Diese Größenordnung ist vergleichbar mit den Ergebnissen der NWZ Weicholdswald (GUTSCH 2004). 11,3 % der in Steinbach gefunden Arten gehören der Roten Liste für Sachsen an.

Im Gegensatz zu den Resultaten der Bodenfallenfänge bei den Käfern nimmt bei den Spinnen die Artenzahl mit sinkendem Buchenanteil tendenziell ab (Abb. 11). Höhere Deckungsgrade der Bodenvegetation in den Buchenbeständen und damit verbunden eine vielfältigere Raumstruktur fördern vermutlich die Artenvielfalt. Für die Parameter Brillouin-Index und Eveness gibt es aber auch hier keinen Zusammenhang.

In der Hauptkomponentenanalyse (Abb. 12) tritt die Trennung der Probekreise nach Hauptbaumart bei den Spinnen noch deutlicher hervor als bei den Käfern. Die Probekreise sind wiederum entlang der ersten Hauptachse von links (Fichte) nach rechts (Buche) angeordnet. Der Anteil, den diese Achse zur Klärung der Gesamtvarianz beisteuert, beträgt 60,4 %.

Auch mittels Twinspan-Analyse wurden drei Hauptgruppen gebildet, die die Probekreise nach der Bestockungssituation (Fichte-Buche-Mischung) gliedern. Für die Buchenprobepunkte

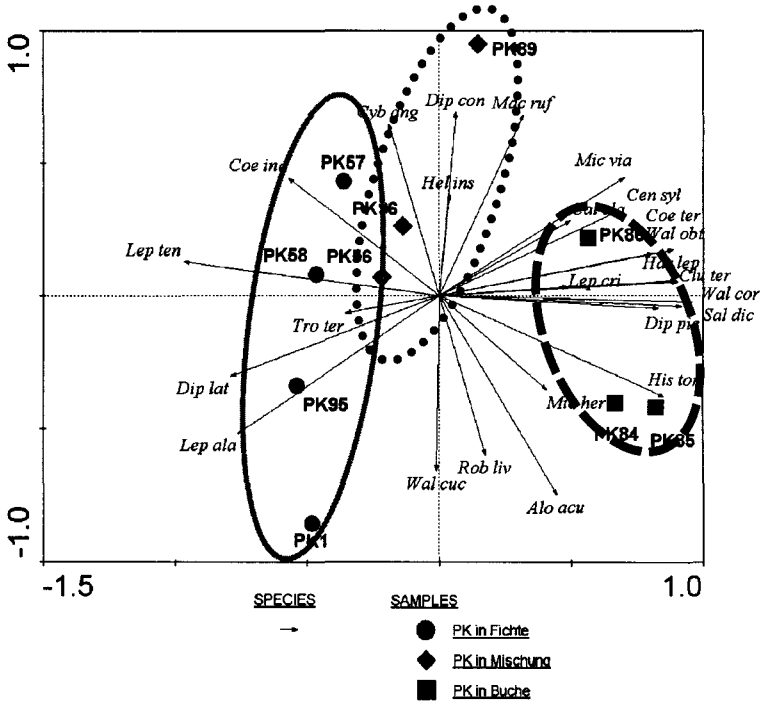
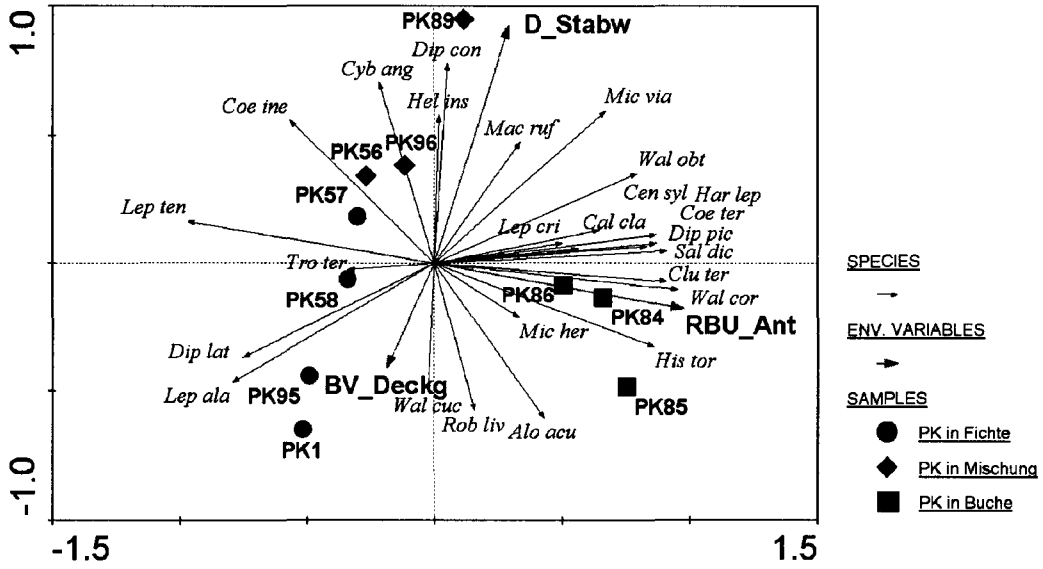


Abbildung 12: *Hauptkomponentenanalyse (PCA) der Bodenfallenergebnisse Araneae Probekreis (PK) = 10, Arten = 55*

Figure 12: *Principal component analysis (PCA) of pitfall trap results for Araneae (samples = 10; species = 25)*

Abbildung 13: *Gradientenanalyse (RDA) der Bodenfallenergebnisse Araneae Probekreis (PK) = 10, Arten = 55*

Figure 13: *Redundancy analysis (RDA) of the results of pitfall traps for Araneae (samples = 10; species = 25)*



erwies sich *Walckenaeria corniculans* als besonders kennzeichnend, für die mit Fichte bestockten Probekreise hingegen *Lepthyphantes alacris*.

Die Baldachinspinnen(Linyphiidae)-Art *Walckenaeria corniculans* ist eng an die Pflanzenformation der frischen und mittelfrischen Laubwälder gebunden und kommt in der Streuschicht vor (KREUELS, PLATEN 1999). Ebenfalls eng an diesen Habitattyp gebunden und in der Untersuchung besonders häufig in den buchendominierten Probekreisen nachgewiesene Arten sind *Saloca diceros* (Fam. Linyphiidae), *Harpactea lepida* (Fam. Dysderidae) *Coelotes terrestris* (Fam. Amaurobiidae), *Diplocephalus picinus* (Fam. Linyphiidae) und *Histopona torpida* (Fam. Agelenidae). Nach HÄNGGI et al. (1995) treten die genannten Spinnenarten in Mitteleuropa oft gemeinsam auf und besitzen in Laub- und Mischwäldern höhere Aktivitätsbiomassen als in reinen Nadelwäldern.

Lepthyphantes alacris (Fam. Linyphiidae) ist nach KREUELS, PLATEN (1999) bevorzugt in der Streu zu finden. Wie auch in der vorliegenden Untersuchung tritt sie häufiger in Nadelwäldern (HÄNGGI et al. 1995) auf.

Die Ursachen für das Abbilden des baumartenspezifischen Gradienten sind eher indirekt herzuleiten. Sie liegen vor allem in den Abhängigkeiten der Spinnenfauna von strukturellen Unterschieden in der Streu und in mikroklimatischen Unterschieden zwischen Fichten- und Buchenwald.

Bei der direkten Gradientenanalyse ließen sich aus einer Vielzahl getesteter Umweltvariablen für die Araneae drei mit signifikantem Einfluss auf die Verteilung der Arten nachweisen (Abb. 13): der Buchenanteil (RBU_Ant), der Deckungsgrad der Bodenvegetation (BV_Deckg) und die Standardabweichung des Brusthöhendurchmessers (D_Stabw).

Zwischen der Hauptkomponenten- (Abb.12) und der direkten Gradientenanalyse (Abb.13) sind keine wesentlichen Unterschiede in der Lage von Arten und Probekreisen zueinander feststellbar. Demzufolge sind nach LEPS, SMILAUER (2003) die gewählten Umweltvariablen geeignet, einen Teil der Varianz der Artdaten abzubilden. Es wird jedoch kein Beweis für eine direkte Kausalität erbracht.

Der Buchenanteil besitzt mit 60 % den größten Erklärungsanteil an der Varianz der Artdaten und kennzeichnet die Ausbildung spezifischer Spinnenzönosen. Die beiden anderen Variablen (Standardabweichung des mittleren Brusthöhendurchmessers, Deckungsgrad der Bodenvegetation) liefern noch einmal knapp 20 % erklärbarer Varianz von der Gesamtvarianz.

Der Deckungsgrad der Bodenvegetation charakterisiert implizit auch das Lichtangebot am Boden, die Struktur des Lebensraumes und den Raumwiderstand für am Boden lebende Spinnen. Das Auftreten von *Trochosa terricola* (Fam. Lycosidae) ist in dieser Untersuchung positiv mit dieser Umweltvariable korreliert. Auch JUNKER et al. (2000) und KOHLERT (1994) stellten fest, dass sich die Aktivitätsbiomassen von Arten der Familie Lycosidae mit Zunahme des Lichtangebots am Waldboden erhöhen.

Die Standardabweichung des Durchmessers beschreibt die Heterogenität des Baumbestandes und hat ebenfalls signifikanten Einfluss auf die Verteilung in diesem Modell.

3 Resümee

Vorrangiges Ziel der Naturwaldzellen-Forschung ist die Analyse walddynamischer Entwicklungsprozesse. Aufbauend auf den daraus gewonnenen Erkenntnissen können Handlungsempfehlungen für den ökologisch orientierten Waldumbau abgeleitet werden, die in die flächige Waldbewirtschaftung einfließen.

In Sachsen sind derzeit 303 ha Wald als NWZ ausgewiesen, was einem Anteil von 0,06 % der Waldfläche entspricht. Eine Repräsentanz der charakteristischen natürlichen Waldgesellschaften wird angestrebt; bislang liegt der Schwerpunkt bei den Buchenwaldgesellschaften.

Mit ihrer naturnahen Bestockung – es handelt sich um letzte Reliktflächen innerhalb überwiegend naturferner Nadelholzkomplexe – kommt den NWZ bereits heute eine besondere Bedeutung für die Erhaltung der biologischen Vielfalt zu. Zukünftig wird dieser Wert mit der Zunahme an Strukturvielfalt, der Anreicherung von vor allem auch stark dimensioniertem Totholz und folglich einer allgemeinen Erhöhung des Nischenreichtums noch steigen. Einhergehend damit sind weitere Veränderungen im faunistischen Artenspektrum zu erwarten. Gemeinsam mit anderen walddominierten Totalreservaten kommt den NWZ eine wichtige Funktion als Refugium für faunistisch bemerkenswerte Arthropoden-Arten naturnaher Wälder zu.

In der NWZ Steinbach wurden 1997 und 1998 faunistische Erstaufnahmen durchgeführt, die den Ausgangszustand der Fläche hinsichtlich ihrer Faunenaustattung dokumentieren. Innerhalb der knapp 40 ha großen NWZ konnten anhand der Untersuchungen für die vorgestellten Tiergruppen der Käfer und Spinnen spezifische Faunenstrukturen nachgewiesen werden. Bei den erfassten Käfern und Spinnen handelt es sich in hoher Zahl um Arten, welche an die zur natürlichen Bestockung gehörenden Baumarten gebunden sind und somit Komponenten des montanen (Fichten-)Buchenwaldes widerspiegeln. Ein hoher Anteil der erfassten Arten gilt als stark gefährdet.

Literatur

ASSMANN, T., 1995: Laufkäfer als Reliktarten alter Wälder in Nordwestdeutschland. Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent. 10: 305–308.

DETSCH, R., AMMER, U., 1999: Waldökologischer Vergleich von Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern. AFZ/Der Wald, 8: 394–396.

FLECHTNER, G., DOROW, W. H. O., KOPELKE, J.-P., 2000: Niddahänge bei Rudingshain – Zoologische Untersuchungen 1990–1992. In: Naturwaldreservate in Hessen. Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Forschungsinstitut Senckenberg (Hrsg.), Wiesbaden-Frankfurt am Main.

GUTSCH, M., 2004: Faunistisch-ökologische Untersuchungen der Webspinnenfauna (Araneae) einer Naturwaldzelle und eines benachbarten Wirtschaftswaldes im Osterzgebirge (Sachsen). Diplomarbeit, TU Dresden, Dresden

HÄNGGI, A., STÖCKLI, E., NENTWIG, W., 1995: Lebensräume mitteleuropäischer Spinnen – Charakterisierung der Lebensräume der häufigsten Spinnenarten Mitteleuropas und der mit diesen vergesellschafteten Arten. Misc. Faun. Helv., 4, CSCF, Neuchâtel.

JONGMANN, R. H. G., TER BRAAK, C. J. F., VAN TONGEREN, O. F. R., 1995: Data analysis in community and landscape ecology. 2. Aufl., Cambridge University Press, Cambridge.

JUNKER, E. A., RATSCHKER, U. M., ROTH, M., 2000: Impacts of silvicultural practice on the ground living spider community (Arachnida: Araneae) of mixed mountain forests at the Chiemgau Alps (Germany). Ecológia (Bratislava) 19: 107–117.

KOCH, K., 1989a: Die Käfer Mitteleuropas, Ökologie. Band 1: Carabidae bis Staphylinidae. Goecke & Evers, Krefeld.

KOCH, K., 1989b: Die Käfer Mitteleuropas, Ökologie. Band 2: Pselaphidae bis Lucanidae. Goecke & Evers, Krefeld.

KOCH, K., 1992: Die Käfer Mitteleuropas, Ökologie. Band 3: Cerambycidae bis Curculionidae. Goecke & Evers, Krefeld.

KÖHLER, F., KLAUSNITZER, B., 1998: Verzeichnis der Käfer Deutschlands. In: Entomologische Nachrichten und Berichte, Entomofaunistische Gesellschaft e.V. (Hrsg.), Dresden.

KÖHLER, F., 1996: Käferfauna in Naturwaldzellen und Wirtschaftswald –Vergleichsuntersuchungen im Waldreservat Kermeter in der Nordeifel. In: Schriftenreihe der LÖBF. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/ Landesamt für Agrarordnung NRW (Hrsg.), Recklinghausen.

KOHLERT, A., 1994: Zur Faunistik und Ökologie der epigäischen Spinnenfauna (Arachnida: Araneae) in immissionsgeschädigten Fichtenwäldern der Osterzgebirges. Dissertation, TU Dresden, Dresden.

KORPEL, S., 1997: Totholz in Naturwäldern und Konsequenzen für Naturschutz und Forstwirtschaft. Forst- und Holz, 21: 619–624.

KREUELS, M., PLATEN, R., 1999: Rote Liste der gefährdeten Webspinnen (Arachnida: Araneae) in Nordrhein-Westfalen mit Checkliste und Angaben zur Ökologie der Arten. In: Schriftenreihe der LÖBF. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung NRW (Hrsg.), Recklinghausen: 449–504.

LEHMANNS, CH., 1699: Historischer Schauplatz der natürlichen Merkwürdigkeiten in dem Meißnischen Obererzgebirge. Friedrich Lanckischens sell. Erben, Leipzig.

LEPS, J., SMILAUER, P., 2003. Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. Cambridge University Press, Cambridge.

LORENZ, J., 2005: Analyse der Coleopterenfauna in der Naturwaldzelle „Weicholdswald" in den Jahren 2003 und 2004. Dresden, unveröff. Gutachten.

RAUH, J., 1993: Faunistisch-ökologische Bewertung von Naturwaldreservaten anhand repräsentativer Tiergruppen In: Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.). IHW-Verlag & Verlagsbuchhandlung Dr. Helmut Schmid, Eching.

ZSCHOCH, C., 2003: Faunistische Untersuchungen in der Naturwaldzelle „Steinbach" (Erzgebirge) unter besonderer Berücksichtigung der Carabidae, Coccinellidae und Curculionidae. Diplomarbeit, Fachhochschule Eberswalde, Eberswalde.

Anschrift:
Mario Helbig
Staatsbetrieb Sachsenforst
Forstbezirk Chemnitz
Am Landratsamt 3, Haus 2
D-09648 Mittweida