

## Vogelgemeinschaften als Indikatoren für Waldstrukturen in Eichenwäldern

Jörg Müller

**Bird communities as indicators for woodland structures in oak woods.** – Bird communities were tested as indicators of different woodland structures in oak woods of Franconian (Bavaria, southern Germany) coppice-with-standards, conversion and high forests, as well as in Strict Forest Reserves. On the basis of grid mapping and using the canonical correspondence analysis, which combines complex data on all bird species and data on the environment, it was possible to show that breeding bird communities are better suited to indicate differences in the structure of deciduous woods than wintering bird communities.

Characteristic species of open stands during the breeding season (Fig. 7) are Tree Pipit *Anthus trivialis*, Garden Warbler *Sylvia borin*, Common Cuckoo *Cuculus canorus*, Turtle Dove *Streptopelia turtur*, Wryneck *Jynx torquilla* and Hedge Accentor *Prunella modularis*. Species of two layer stands are Golden Oriole *Oriolus oriolus*, Grey-headed Woodpecker *Picus canus*, Fieldfare *Turdus pilaris*, Yellowhammer *Emberiza citrinella*, Common Chiffchaff *Phylloscopus collybita* and Willow Warbler *P. trochilus*. Characteristic species of staggered oakwoods mixed with coniferous trees are Goldcrest *Regulus regulus*, Firecrest *R. ignicapillus*, Coal Tit *Parus ater* and Common Crossbill *Loxia curvirostra*, usually typical for conifer woods, and Wren Troglodytes *trogodytes*. Characteristic for dense woods are, in order of decreasing indicator function, Short-toed Treecreeper *Certhia brachydactyla*, Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*, Middle Spotted Woodpecker *Dendrocopos medius*, Wood Warbler *Phylloscopus sibilatrix*, European Nuthatch *Sitta europaea*, Eurasian Treecreeper *Certhia familiaris*, Mistle Thrush *Turdus viscivorus*, Lesser Spotted Woodpecker *Dendrocopos minor*, Great Spotted Woodpecker *D. major* and Hawfinch *Coccothraustes coccothraustes*.

Further proof for the indicator function of different bird species could be achieved by a species-indicator-analysis (Table 3). Beside the Middle Spotted Woodpecker, the Collared Flycatcher *Ficedula albicollis* is the second important target species of conservation management in oak woods. Multivariate analysis resulted in only a minor function of this species, but there was a strong correlation for this species to occur in woods with a high proportion of dead branches in crowns of live oaks (Fig. 8).

Key words: bird communities, *Dendrocopos medius*, *Ficedula albicollis*, coppice-with-standards, canonical correspondence analysis, indicator species, oak forests, forest structure, Germany.

Jörg Müller, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Sachgebiet Waldökologie, Am Hochanger 11, D-85354 Freising, e-mail mue@lwf.uni-muenchen.de

Wälder stellen in Bayern den flächenmäßig bedeutendsten naturnahen Lebensraumtyp dar. Natürlicherweise würde in vielen Waldgesellschaften die Rotbuche *Fagus sylvatica* dominieren. Die wichtigsten natürlichen Mischbaumarten sind die Traubeneiche *Quercus petraea* und Stieleiche *Q. robur* (Walentowski et al. 2001). Ihre Konkurrenzkraft gegenüber der Rotbuche steigt vor allem mit zunehmender Wärme und Trockenheit. Der größte Teil der heutigen Eichenwälder liegt daher in den fränkischen Wärmegebieten. Hier wurden früher fast alle als Mittelwälder bewirtschaftet. Damit liegt an diesen Waldstandorten eine ungebrochene Tradition der Baumart Eiche seit über 5000 Jahren vor, zuerst in Form von Eichen-

urwäldern, später als Hute- und Mittelwälder. Heute findet man bewirtschaftete Mittelwälder in Bayern nur noch auf weniger als 6000 ha (Bärnthol 2003). Viele der ehemaligen (in Bayern «überführten») Eichenwälder weisen noch die typisch großkronigen Eichen einer einstigen Mittelwaldnutzung auf. Dem von Seiten des Naturschutzes häufig geäußerten Wunsch, zum Mittelwald zurückzukehren, steht die Realität einer fortschreitenden Aufgabe dieser mittelalterlichen Nutzungsform gegenüber, mit möglicherweise negativen Folgen für eine Reihe von Vogelarten, die im Fokus des Artenschutzes stehen. So finden sich etwa die in bayerischen Mittelwäldern auftretenden Arten Mittelspecht, Halsbandschnäpper und Garten-

baumläufer ganz oben in der Prioritätenliste für den Artenschutz deutscher Brutvögel (Denz 2003).

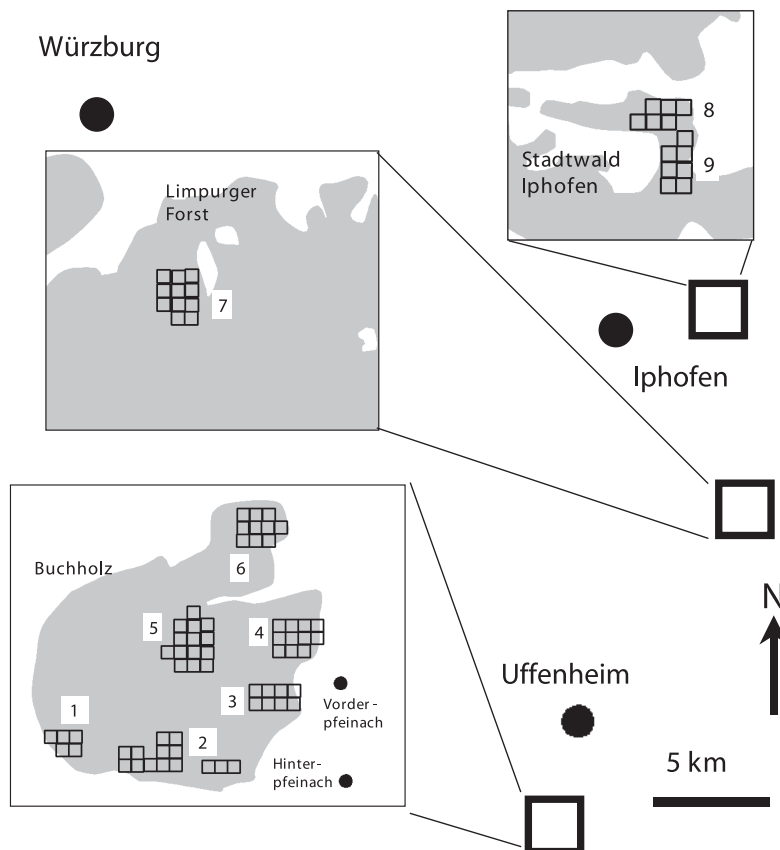
In dieser Arbeit soll folgenden Fragen nachgegangen werden: (1) Sind Vögel geeignete Indikatoren für unterschiedliche Waldstrukturen in den Eichenwäldern Südostdeutschlands, und wenn ja, welche Arten? (2) Haben in den untersuchten Waldbeständen Variablen eher der Landschafts- oder der Bestandesebene einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Vogelgemeinschaft? (3) Welche Lebensraumvariablen sind Schlüsselfaktoren für die Zusammensetzung der Vogelgemeinschaften und das Vorkommen einzelner Arten? (4) Sind Brutzeit- oder Winteraviznosen wie in nadelholzdominierten Wäldern Südbayerns (Utschick 2002, 2004) die besser geeigneten Indikatoren für eine naturschutzfachliche Bewertung unterschiedlicher Waldstrukturen?

## 1. Untersuchungsgebiet, Material und Methoden

### 1.1. Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen wurden von März 2002 bis Februar 2003 im Naturraum «Mainfränkische Platte und Steigerwaldrand» etwa 30 km südöstlich von Würzburg (Bayern, Deutschland) in neun Waldbeständen durchgeführt. Die mittleren Tagestemperaturen liegen in diesem klimatisch begünstigten Gebiet zwischen 8 und 9 °C, die Niederschläge bei 550 bis 600 mm. Die Eichenwälder stocken auf wechsel-trockenen Löß- und Tonböden.

Eine Übersicht über Lage und Zusammensetzung der Untersuchungsflächen und deren Bestandesstruktur geben Tab. 1 und Abb. 1. Ausführliche Beschreibungen zu Waldbestand, Vegetation und Tiergruppen finden sich in Müller et al. (2004c).



**Abb. 1.** Lage der neun untersuchten Waldbestände und der 1 ha großen Gitterfelder. Waldflächen sind grau gezeichnet. Die Nummerierung stimmt mit jener in Tab. 1 überein. – Localization of the nine study plots and the 1 ha grids. Forests are grey. Numbers as in Table 1.

Folgende Eichenwaldbestandestypen wurden in die Analyse miteinbezogen:

- *Eichendickungen* entstehen als gleichaltrige, dichte und homogene Jungbestände bei rascher Verjüngung eines Altbestandes. Altbäume fehlen hier weitestgehend.
- Echte *Hochwälder* sind charakterisiert durch eng aufgewachsene Eichen des Altersklassenwaldes mit schmalen Kronen und, bei gleichem Baumalter im Vergleich zum Mittelwald, geringen Brusthöhen-durchmessern.
- Rezente *Mittelwälder* zeichnen sich durch eine typischerweise zweischichtige Bestandesstruktur aus. Die Unterholzschicht aus Hainbuche (oder Hagebuche) *Carpinus betulus*, Aspe (oder Zitterpappel) *Populus tremula*, Eiche und Linde *Tilia* sp. wird dabei alle 20 bis 40 Jahre im Stockausschlagbetrieb abgeholzt. Daneben finden sich unterschiedlich starke Altbäume, meist Eichen, seltener Birken *Betulus* sp. und Aspen mit ausladenden Kronen und starken Brusthöhendurchmessern als Überhälter auf der Fläche. Diese Altbäume werden als Oberholz bezeichnet. Je nach Alter des Unterholzes lassen sich ökologisch zum einen *lichte Mittelwälder* und zum anderen eher *dichte, zweischichtige Mittelwälder* unterscheiden.
- Durch Aufgabe der Mittelwaldwirtschaft in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entstand auf großer Fläche ein neuer Bestandestyp, der «*ehemalige Mittelwald*» (in Bayern «Überführungswald»). Hier ist die Unterholzschicht, meist aus Hainbuche, Aspe, Linde, aber auch Eiche, in den Kronenraum der herrschenden Altbäume eingewachsen. In diesen hochwaldartigen Beständen weisen die Alteichen mit tief angesetzten, starken und ausladenden

Tab. 1. Lage, Charakteristik und Bestandesstruktur der Untersuchungsflächen. – *Localization and characteristics of the study plots.*

Nr.	Waldgebiet	Waldbestand	Bestandsstruktur	Abkürzung	n Gitterfelder	Holz-vorrat total m <sup>3</sup> /ha	Holz-vorrat Eiche m <sup>3</sup> /ha	Totholz > 20 cm m <sup>3</sup> /ha	Gauß-Krüger-Koordinaten Rechtswert (RW) / Hochwert (HW)
1	Buchholz	Aspensschlag	Eichen-Ahorn-Dickung	JP	5	93	19	1,0	3586752 / 5485018
2	Buchholz	Aspensschlag	Ehemaliger Mittelwald mit Verjüngungslücken	VJ	14	275	152	16,8	3587352 / 5484930
3	Buchholz	Eschenschlag	Naturwaldreservat (seit 25 Jahren aus der Nutzung genommenen ehemaligen Mittelwald)	NWRE	8	464	243	39,6	3588477 / 5485280
4	Buchholz	Am Pfeinacher Feld	Geschlossener ehemaliger Mittelwald	ÜW	11	300	133	11,2	3588590 / 5485805
5	Buchholz	Unterer Gailshofer Weg	Rezenter lichter Mittelwald mit 2- bis 4-jährigem Unterwuchs	MWJ	14	179	106	8,9	3587890 / 5485893
6	Buchholz	Birkach	Rezenter zweischichtiger Mittelwald mit dichtem 20-jährigem Unterwuchs	MWM	10	206	124	12,9	3588242 / 5486848
7	Limpurger Forst	Forsthausschlag	Naturwaldreservat	NWRW	11	371	221	33,1	3597565 / 5501055
8	Stadtwald Iphofen	Poppenhof	Eichen-Hochwald mit Kiefer	HW	6	377	331	11,2	3596302 / 5508768
9	Stadtwald Iphofen	Reichertsschlag	Rezenter zweischichtiger Mittelwald mit lückigem 40-jährigem Unterwuchs	MWA	7	232	162	15,1	3596365 / 5508655

den Ästen noch auf die frühere Form der Mittelwaldwirtschaft hin.

- *Verjüngungsbestände mit Lücken* entstehen durch aktuelle Verjüngungsmaßnahmen in den dichten ehemaligen Mittelwäldern durch die gruppenweise Ernte hiebsreifer Stämme in Form von Lochhieben.
- Die beiden untersuchten *Naturwaldreservate* sind aus ehemaligen Mittelwäldern hervorgegangen. In diesen momentan dichten und alteichenreichen Flächen finden sich relativ hohe Vorräte an lebendem und totem Holz.

Im Waldgebiet Buchholz südlich von Uffenheim mit sechs untersuchten Waldbeständen finden sich in enger räumlicher Nähe Bestände, die als Mittelwälder mit 2- bis 20-jährigem Unterholz beschrieben werden können (Abb. 2 und 3), ehemalige Mittelwälder, eine Eichenheckung und ein Naturwaldreservat. Ein Bestand des ehemaligen Mittelwaldes ist durch Nutzung mit Lichtschächten durchsetzt. Immer wieder findet man in den Eichenwäldern auch

Fichtenbestandesreste, die auf Versuche zurückgehen, den Wald in Nadelforste umzuwandeln.

Im Limpurger Forst nordwestlich von Uffenheim liegt das Naturwaldreservat Wolfsee (Abb. 4). Im Stadtwald Iphofen wurden ein zweischichtiger Mittelwaldbestand und ein echter Eichenhochwald in direkter räumlicher Nähe untersucht.

Die große strukturelle Vielfalt der untersuchten Eichenwaldflächen ergibt für Laubwälder breite ökologische Strukturgradienten, Voraussetzung für die folgenden Analysen.

## 1.2. Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen des Forschungsprojektes «Waldökologischer Vergleich von Mittelwäldern und Eichenmischwäldern» der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Dabei wurden in allen neun Waldbeständen Waldstruktur, Vege-



**Abb. 2.** Lichter Mittelwald nach frischem Hieb im Buchholz, Dezember 2002. Alle Aufnahmen J. Müller. – *Open coppice-with-standards forest shortly after cut of understorey («Buchholz» forest).*

tation und verschiedene faunistische Gruppen (Vögel, xylobionte Käfer, Laufkäfer, Nachschmetterlinge, Schnecken, Ameisen) auf repräsentativen Flächen von 1 ha Größe untersucht (Bußler & Müller 2004, Bußler et al. 2004, Jokic et al. 2004, Müller & Schlumprecht 2004).

Die Vogelkartierung erfolgte im Rahmen einer Gitterfeldkartierung (Stickroth et al. 2003, Müller 2004, Utschick 2004). Dazu wurden in den neun untersuchten Waldbeständen insgesamt 86 je 1 ha große Gitterfelder jeweils im  $100 \times 100$  m Raster eingerichtet. Jedes Gitterfeld wird dabei als unabhängige Stichprobe betrachtet. Eine solche Betrachtung der Unabhängigkeit ist nicht unproblematisch, besonders bei benachbarten Gitterfeldern (Abb. 1). Sie ist allerdings bei begrenzten Waldgebieten nicht vermeidbar, will man den Stichprobenumfang für Analysen ausreichend gestalten.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war, die Präferenz der Vogelarten für bestimmte Wald-

strukturen aufzudecken. Die Strukturen wechseln aber auch in den Waldbeständen kleinräumig. Würde man nun die Daten pro Bestand mitteln, so verwischten sich die Präferenzen der Einzelart für die Feinstruktur wie Lücken, Verjüngung etc. Es wird also die Verdichtung von Arten in bestimmten Gitterfeldern als Basis für die Strukturanalysen herangezogen und nicht die Siedlungsdichte o.ä. Es werden auch keine Reviere betrachtet, die sich über mehrere Gitterfelder erstrecken können, sondern nur die Antreffhäufigkeit im einzelnen Gitterfeld bzw. in Bezug zur Waldstruktur. Ein weiterer Grund für die Einrichtung mehrerer Gitterfelder in einem Bestand war die statistische Vergleichbarkeit mit anderen Waldbeständen (Müller 2004).

Alle Individuen wurden kartiert, mit Ausnahme von Überfliegern ohne Bezug zur Fläche. Dabei hat sich die Größe von 1 ha der Gitterfelder als geeignet erwiesen, da darüber hinaus die Beobachtungshäufigkeit überpro-



**Abb. 3.** Mittelwald mit dichtem 20-jährigem Unterholz im Buchholz, Dezember 2002. – *Coppice-with-standards forest with a dense 20 year old understorey* («Buchholz» forest).



**Abb. 4.** Naturwaldreservat Wolfsee, Mai 2002. Auch 90 Jahre nach Aufgabe der Mittelwaldwirtschaft sind die alten, großkronigen Eichen noch dominierend. – *Strict Forest Reserve «Wolfsee». Even 90 years after the system of the coppice-with-standards was given up, still the old oak trees with huge crowns are striking.*

portional abnimmt (Miranda et al. in Vorb.). Bei dieser Untersuchungsgrößeneinheit lassen sich damit alle Beobachtungen präzise dem Gitterfeld zuordnen.

Insgesamt wurden, stets bei gutem Kartierwetter (windstill, trocken), neun Begehungen durchgeführt, davon fünf zur Brutzeit (März bis Juni) und vier im Winter (November bis Februar). Zur Brutzeit wurde von der Morgendämmerung bis in den frühen Vormittag kartiert. Im Winter erfolgte die Kartierung ganztägig. Alle Begehungen wurden zeitnormiert mit 7 min pro Gitterfeld durchgeführt. Als Ergebnis ergab dies eine Liste mit der Summe aller

Registrierungen pro Vogelart, Gitterfeld und Jahreszeit (Brutzeit, Winter).

Pro Gitterfeld wurden zudem verschiedene Lebensraumvariablen von Auge geschätzt, wobei zwischen Bestandesvariablen und Landschaftsvariablen unterschieden wurde (Tab. 2). Deckungswerte wurden dabei als Prozent der überschirmten Fläche abgeleitet. Die Zahl der Baumhöhlen wurde entlang einer Transektlinie von 100 m durch das Gitterfeld ermittelt. Entfernungen zum Waldrand und Landschaftsvariablen (Radius 500 m) zur Umgebung der Gitterfelder wurden aus Forstbetriebskarten und topografischen Karten herausgemessen.

**Tab. 2.** Liste der mit einer stufenweisen logistischen Regression geprüften Lebensraumvariablen und Anzahl der Vogelarten, die einen statistisch nachweisbaren Zusammenhang mit diesen Lebensraumvariablen ergeben. Die Analyse wurde für alle Variablen gleichzeitig sowie getrennt nach Bestandes- und Landschaftsvariablen durchgeführt. – *Habitat variables and number of bird species with statistically proven correlation shown according to the full analysis (stands and landscape) as well as shown separately with respect to the stand and to the landscape.*

Lebensraumvariable	Abkürzung	Anzahl Vogelarten mit Abhängigkeit		
		Bestandes- und Landschafts- var. zusammen	nur Bestandesvariablen	nur Landschaftsvariablen
<i>Bestandesvariablen (je Gitterfeld):</i>				
Deckung Oberholz	BDOH	13	13	0
Entfernung zum Waldrand	BEWR	6	7	0
Nadelholzanteil	BNDH	5	5	0
Anzahl Reishaufen und liegende Kronen	BREISK	4	5	0
Alter des Oberholzes	BAO	3	3	0
Deckung Verjüngung und Sträucher	BDVS	2	1	0
Anzahl Efeubäume	BEFEU	2	2	0
Mittlere Höhe Verjüngung und Sträucher	BHVS	2	5	0
Anzahl stehender Tothölzer	BTOT	2	1	0
Höhlenindex	BHOEHLEN	1	1	0
<i>Landschaftsvariablen (je Gitterfeld):</i>				
Bestandsgröße	LBG	6	0	10
Flächenanteil Nadelwald im 500 m Radius	LNDH	4	0	4
Offenland im 500 m Radius	LVO	3	0	4
Flächenanteil Laubholz im 500 m Radius	LLH	2	0	4
Flächenanteil Wald im 500 m Radius	LVW	0	1	2

Für die statistische Analyse ergab dies 15 Lebensraumvariablen, aus denen in einem ersten Schritt mit Hilfe einer stufenweisen logistischen Regression für jede Vogelart diejenigen ermittelt wurden, die Präsenz oder Absenz erklären (vgl. MacFaden & Capen 2002). Dabei wird für jede Vogelart ein Modell gerechnet, in das alle Lebensraumvariablen schrittweise bzw. stufenweise eingeschlossen werden. Trägt die einzelne Variable zu einer höheren Modellerklärungskraft (Konkordanz) bei, wird sie ins Modell eingeschlossen. Für jedes Modell wird der Beitrag der einzelnen ausgewählten Variablen angegeben. Damit wird schrittweise ein optimal erklärendes Modell erstellt. Durch getrennte Berechnung der Bestandes-, Landschafts- und unter Einschluss aller Variablen für die Vogelarten lassen sich die Einflüsse der beiden Skalenebenen beurteilen.

Nach Plausibilitätskontrollen wurde dann mit allen rechnerisch relevanten Parametern die Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA;

Jongman et al. 1995) gerechnet. Dabei wurden (1) Arten mit insgesamt weniger als 10 Nachweisen, wegen ihres Zufallscharakters, sowie (2) Arten, die in allen Gitterfeldern auftraten, wegen ihrer geringen Bindung an Waldstrukturen, aus der Analyse ausgeschlossen (vgl. MacFaden & Capen 2002). Die 18 ausgeschlossenen Arten sind solche mit wenigen Nachweisen, nämlich Wespenbussard *Pernis apivorus*, Rotmilan *Milvus milvus*, Habicht *Accipiter gentilis*, Mäusebussard *Buteo buteo*, Waldkauz *Strix aluco*, Hohltaube *Columba oenas*, Schwarzspecht *Dryocopus martius*, Rotdrossel *Turdus iliacus*, Dorngrasmücke *Sylvia communis*, Weidenmeise *Parus montanus*, Haubenmeise *P. cristatus*, Aaskrähne *Corvus corone*, Bergfink *Fringilla montifringilla*, Grünfink *Carduelis chloris*, Distelfink *C. carduelis* und Gimpel *Pyrrhula pyrrhula*, sowie die beiden weit verbreiteten Arten Amsel *Turdus merula* und Buchfink *Fringilla coelebs*.

Multivariate Analysemethoden ermöglichen

es, komplexe Muster in Artengemeinschaften aufzudecken. Bei der CCA handelt es sich um eine direkte Gradientenanalyse. Ihr Ziel ist es, diejenigen Muster in der Artenvariation aufzudecken, die am besten durch die gemessenen Lebensraumvariablen erklärt werden können. Das Ordinationsergebnis drückt daneben die Hauptbeziehung zwischen Arten und jeder Umweltvariablen aus. Dabei wird der Art Datensatz direkt mit den Lebensraumvariablen verrechnet. Die Länge der «Umweltpfeile» zeigt an, wie hoch die Erklärungskraft ist. Je näher die Arten im Biplot an einem Umweltpfeil liegen, desto enger ist der Zusammenhang zwischen der betrachteten Art und der betreffenden Lebensraumvariablen. Alle Umweltpfeile sind in zwei Richtungen zu lesen (positiv wie negativ). Mit dem Eigenwert (oder «Eigenvalue») liefert die Analyse ein Maß der Qualität. Dieser sagt aus, wie viel Variation im Artensatz von einer Achse, und damit von den Lebensraumvariablen, erklärt wird.

Um die graphisch aus der CCA abzulesenden Indikatoreigenschaften von Arten für bestimmte Eichenwaldbestandestypen weiter zu untermauern, wurde die Indikator-Arten-Analyse (IAA) nach Dufrêne & Legendre (1997) durchgeführt. Diese Methode berechnet in zwei Schritten zuerst die relative Abundanz einer Vogelart je Strukturtyp und danach die relative Frequenz der Art in jedem Strukturtyp. Der Indikatorwert wird danach als Produkt aus beiden Werten ermittelt. Je einseitiger eine Art in nur einem Strukturtyp auftritt und je stetiger sie dort vorkommt, desto höher ist der Indikatorwert. Die statistische Absicherung des Indikatorwertes erfolgte auf Basis eines Monte-Carlo-Tests mit 999 Permutationen. Als Zeigerarten werden jene Arten gewertet, die mindestens einen Trend mit  $p < 0,1$  oder signifikante p-Werte aufweisen.

Für diese Analyse wurden die Gitterfelder, die sich als ökologisch ähnliche Bestandestypen erwiesen, zu folgenden Strukturtypen zusammengefasst: (1) geschlossene, dichte Eichenwälder, (2) dichtes, totholzreiches Eichen-naturwaldreservat, (3) ehemalige, lückige Mittelwälder mit Nadelholzbeimischung, (4) lichte Mittelwälder, (5) zweischichtiger Mittelwälder, (6) Eichendickung.

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit den Programmen SAS (stufenweise logistische Regression), Canoco 4.5 (Kanonische Korrespondenzanalyse) und PC-ORD 4.0 (Indikator-Arten-Analyse).

### 1.3. Begriffsdefinitionen

*Indikatorarten* werden als Arten verstanden, die Kombinationen aus Umweltfaktoren, hier Waldstrukturen, anzeigen.

Als *Leitarten* werden Arten bezeichnet, die einem Waldstrukturtyp eigen sind und ihr Optimum in diesem finden (Meyer-Cords & Boye 1999). Leitarten zeigen also einen bestimmten Lebensraumtyp (hier Eichenwaldstrukturen) mit höheren Stetigkeiten oder Siedlungsdichten an (Flade 1994) und lassen auf das Vorkommen anderer Arten schließen (Steiner & Schlick-Steiner 2002).

## 2. Ergebnisse

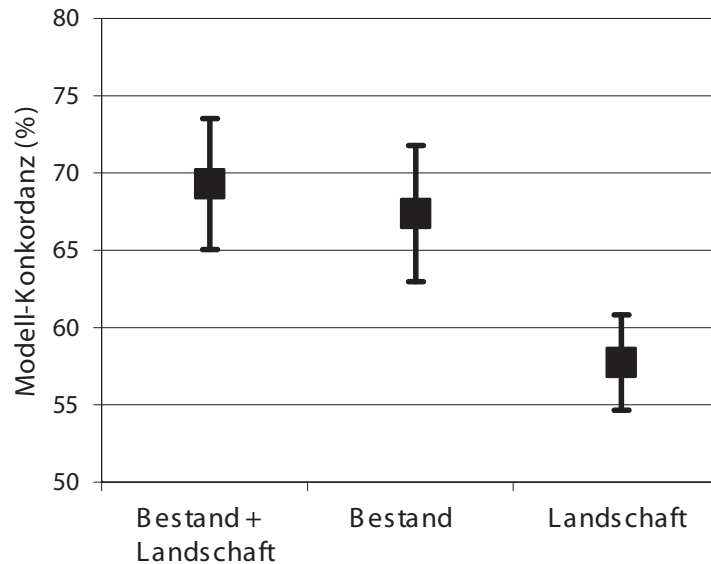
### 2.1. Abhängigkeit der Zusammensetzung der Vogelgemeinschaften von Landschafts- und Bestandesvariablen

Insgesamt erfolgten 3453 Vogelregistrierungen von 57 Arten. Die stufenweise logistische Regression ergab deutliche Unterschiede bezüglich der Bedeutung der Lebensraumvariablen für die Präsenz oder Absenz der Arten (Tab. 2). Übertreffende Variable war die Deckung des Oberholzes (herrschende Baumschicht).

Die Landschaftsvariablen ergaben dabei für weniger Vogelarten eine Erklärung (Konkordanz) als die Bestandesvariablen (Abb. 5). Dies spricht dafür, dass die Struktur des Waldbestandes, hier vor allem die Deckung des Oberholzes, in den Eichenwäldern des Untersuchungsgebietes einen größeren Einfluss auf die Zusammensetzung der Vogelgemeinschaft hat als die Umgebungseffekte.

Man muss allerdings berücksichtigen, dass weniger Landschafts- als Bestandesvariablen geprüft wurden. Zudem überragt die Oberholzdeckung als Bestandesvariable in ihrer Erklärungskraft alle anderen Lebensraumvariablen deutlich (Tab. 2).





**Abb. 5.** Bedeutung von Bestandes- und Landschaftsvariablen für die Zusammensetzung der Avizönosen zur Brutzeit. Angegeben sind die mittleren Konkordanz-Werte und ihre 95%-Konfidenzintervalle von 39 Vogelarten. – *Importance of stand and landscape variables for the composition of bird communities during the breeding season. The mean concordance values and their 95 % confidence intervals of 39 bird species are given.*

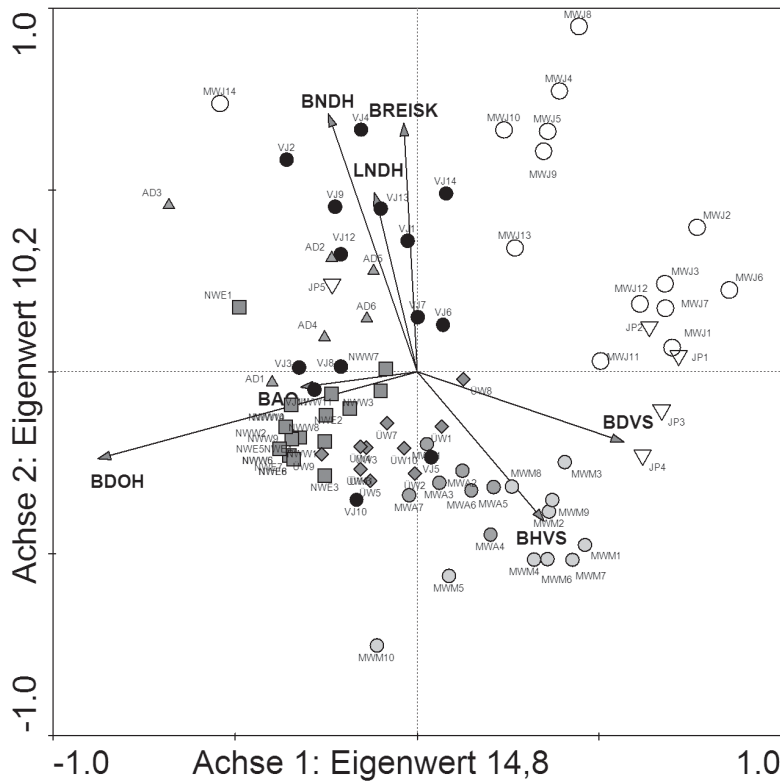
## 2.2. Strukturierung der Artengemeinschaften und Lebensraumvariablen

Mit Hilfe der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) konnte gezeigt werden, dass Brutvogelgemeinschaften im Gegensatz zu Winteravizönosen einen guten Indikator für unterschiedliche Waldstrukturen in Eichenwäldern darstellen. In die CCA einbezogen wurden nur Lebensraumvariablen, die für mindestens vier Vogelarten relevant oder für einzelne Arten nachvollziehbar sehr wichtig waren. Beim Höhlenindex ergab sich z.B. nur ein Zusammenhang mit den Goldammerregistrierungen. Diese Variable wurde daher verworfen. Auch die Entfernung zum Waldrand und der Anteil an Offenland wurden nicht berücksichtigt, da sich infolge von Unterschieden zwischen den drei untersuchten Waldgebieten (vgl. Tab. 1) sowie dem Zuschnitt der Testbestände eine wenig plausible Präferenz der Lichtungsarten für das Waldesinnere ergeben hätte.

In der Brutzeit ist die erste Ordinationsachse mit einem Eigenwert von 14,8 % die wichtigste für Unterschiede in der Artengemeinschaft (Abb. 6). Die zweite Achse zeigt mit 10,2 % geringere Bedeutung. Vergleichsweise untergeordneten Einfluss auf die Struktur des Artdatensatzes besitzen die der dritten (6,4 %) und

vierten Achse (4,3 %) zugrunde liegenden Umweltgradienten. Insgesamt sind die Eigenwerte nicht sonderlich hoch. Dies überrascht nicht, da alle Flächen im Bereich des Eichenwaldes liegen und der Gradient damit geringer ist als z.B. bei Vergleichen von Nadel- und Laubwäldern oder Offenland. Es gilt aber zu bedenken, dass Vogelzönosen auch gradientenunabhängigen Faktoren wie Einflüssen im Überwinterungsgebiet etc. ausgesetzt sind. Daneben ist in ökologischen Datensätzen ein beträchtlicher Anteil der nicht erklärten Artdatenvariation dem sog. «Rauschen» zuzuschreiben, das durch zufallsbedingte Abundanzunterschiede, Kartierfehler, beschränkten Datenumfang etc. entsteht.

Die statistische Überprüfung der ersten kanonischen Achse mit dem Monte-Carlo-Permutationstest (999 Permutationen) ergibt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,002 (F-Wert 5,169). Der größte im Datensatz enthaltene Umweltgradient wird demnach signifikant durch die errechnete Linearkombination gemessener Lebensraumvariablen repräsentiert. Ein Test über die ersten vier Achsen ergibt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,002 (F-Wert 2,466). Somit besitzt die dargestellte kanonische Ordination insgesamt eine statistisch signifikante Beziehung zwischen Artdatensatz



**Abb. 6.** Ordination (Biplot) der 86 Gitterfeldaufnahmen (Artenkombination) zur Brutzeit und der Lebensraumvariablen als Umweltpfeile in einer Kanonischen Korrespondenzanalyse. Die Länge des Parameterpfeils gibt die relative Bedeutung für die Erklärung der Artenkombination wieder. Es ist immer nur die Pfeilhälfte in Richtung der höchsten Werte dargestellt. Der Winkel zu einer Achse zeigt die jeweilige Korrelation mit dieser. Abkürzungen wie in Tab. 1 (Waldbestände) und Tab. 2 (Lebensraumvariablen). – *Ordination (biplot) of the 86 grid mappings (species combination) during the breeding season and the habitat variables shown as arrows in a canonical correspondence analysis. The length of a parameter arrow reflects the relative importance for the explanation of the species data variation. Only the one half of the arrow is shown that is directed towards the highest values. The angle towards an axis reflects the correlation with the axis. Abbreviations: BDOH = cover of overstorey, BAO = age of overstorey, BHVS = mean height of natural regrowth and shrubs, BDVS = cover of natural regrowth and shrubs, BNDH = percentage of conifers in the grid, LNDH = percentage of conifers within 500 m radius, BREISK = number of brushwood heaps and fallen crowns per grid. Other abbreviations as in Table 1.*

und gemessenen Lebensraumvariablen (Jongman et al. 1995).

Die Aufspaltung der Vogelzönosen erfolgt in erster Linie entlang der ersten kanonischen Achse (Abb. 6). Dabei liegen rechts der Achse die lichten, links die dichten Wälder. Die Deckung des Oberholzes nimmt nach links zu, nach rechts in umgekehrter Richtung des Pfeils BDOH ab. Rechts unten findet sich auch zunehmend mehr Unterholz in Form von Verjüngung und Sträuchern. Wie sich zeigt, liegen die

Gitterfelder der einzelnen Teilflächen meist gruppenweise zusammen. Ihre Art- und Lebensraumdaten sind also sehr ähnlich. Einzelne Ausreißer wie die Gitterfelder MWJ14 oder JP5 lassen sich gut mit gitterfeldspezifischen Abweichungen wie einem hohen Nadelholzanteil erklären. Die Gitterfelder des in Verjüngung stehenden Überführungswaldes VJ werden vor allem durch Nadelholzanteile und hohe Bodenstrukturvielfalt mit Reisighaufen und Kronenmaterial aus Holzernteabfällen erklärt.



sel, Kleinspecht, Buntspecht und Kernbeißer. Keine Leitarteneigenschaft lassen u.a. die Ubiquisten Kohlmeise und Rotkehlchen, Singdrossel, aber auch Laubwaldvögel wie Blaumeise und Halsbandschnäpper erkennen.

#### 2.4. Eingrenzung der Indikatorarten

Um den Charakter der einzelnen Vogelarten als Indikatoren für verschiedene Waldstrukturtypen des Eichenmischwaldes noch weiter abzusichern, wurde eine Indikator-Arten-Analyse (IAA) nach Dufrêne & Legendre (1997) durchgeführt.

Die IAA mit den Brutzeitdaten unterstützt die Ergebnisse der CCA (Tab. 3). Arten mit statistisch abgesichertem Indikatorwert sind in den geschlossenen, dichten Eichenwäldern Walddlaubsänger, Buntspecht und Waldbaumläufer. In den Eichendickungen sind es Zilpzalp und Gartengrasmücke. Baumpieper, Wendehals und Heckenbraunelle treten signifikant häufiger in lichten Mittelwäldern mit frischem Unterholztrieb auf. Charakterarten der zweischichtigen Mittelwälder mit Eichenüberhalt und dichtem Unterwuchs sind Pirol, Ringeltaube, Mönchsgrasmücke, Grauspecht und Goldammer. Mittelspecht und Trauerschnäpper kommen bevorzugt in den dichten, alteichen- und totholzreichen Naturwaldreservaten vor. Kleiber, Zaunkönig, Tannenmeise und Sommergoldhähnchen konnten besonders in ehemaligen, lückigen Mittelwäldern mit Nadelholz («Überführungswäldern») nachgewiesen werden. Hier spielen verschiedene Faktoren eine Rolle. Zum einen existieren in diesen Wäldern immer noch Fichtenreste aus den Umwandlungsversuchen auf Nadelholz. Sie sind Lebensgrundlage für Tannenmeise und Sommergoldhähnchen. Gleichzeitig herrscht aber ein hohes Angebot an alten Eichen, die gerade am Rand der Lichtschächte ein hohes Arthropodenangebot stellen. Dies belegen auch die Daten der Käfer aus den Flugelektoren (Simon et al. 2004). Durch Holzerntemaßnahmen ist daneben das Angebot an Kronenmaterial am Boden sehr hoch. Davon profitiert der Zaunkönig.

Die Indikator-Arten-Analyse mit den Wintervogeldata ergab nur bei der Schwanzmeise

*Aegithalos caudatus* eine statistisch abgesicherte Präferenz für einen Strukturtyp, die zweischichtigen Mittelwälder (Indikatorwert = 21,5,  $p = 0,044$ ). Bei den Feldaufnahmen waren bei dieser Art im Winter sowohl Nahrungssuche in den äußeren Zweigspitzen von Alteichen als auch im dichten Unterwuchs der Mittelwälder auffällig.

#### 2.5. Kronentotholz und Halsbandschnäpper

Beim Halsbandschnäpper konnte die logistische stufenweise Regression bezüglich der Bedeutung der Lebensraumvariablen lediglich eine schwache negative Beziehung zwischen der Präsenz der Art und der Deckung von Verjüngung und Sträuchern feststellen. Diese Abhängigkeit der Fliegenschnäpper von freiem Waldboden wird auch aus Buchenwäldern berichtet (Sperber 2000).

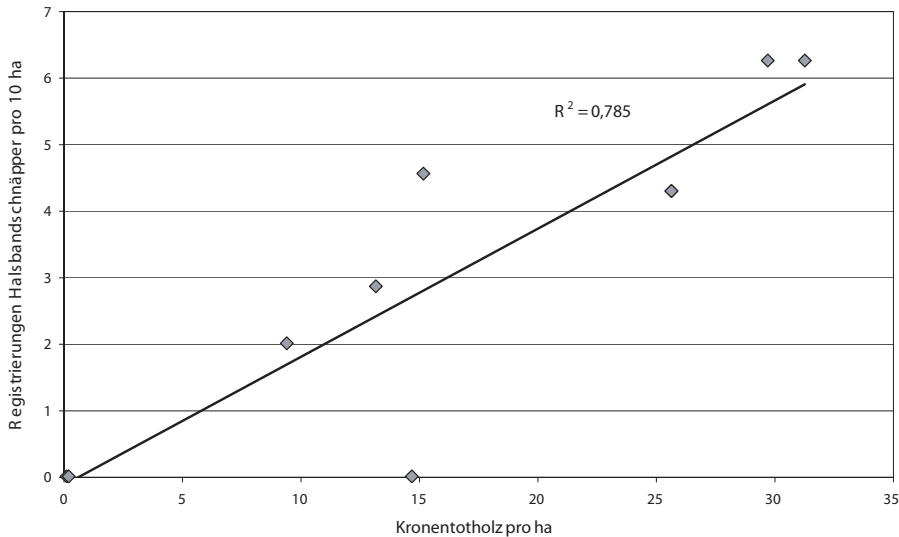
Da der Halsbandschnäpper eine der klassischen Zielarten im Eichenwald ist, wurde versucht, weitere Erklärungen für sein Auftreten zu finden. Im Rahmen der Arthropodenuntersuchungen (Simon et al. 2004) wurde auch das Kronentotholz an Alteichen aufgenommen. Die Art konnte in sieben der neun untersuchten Waldbeständen auf insgesamt 16 Gitterfeldern nachgewiesen werden. Für jeden der neun Waldbestände wurde nun die Summe aller Halsbandschnäpperregistrierungen pro 10 ha berechnet und mit dem Kronentotholz pro ha korreliert (Abb. 8). Der Zusammenhang ist verblüffend eng (Spearman-Rangkorrelation,  $R = 0,7782$ ,  $p = 0,02$ ). In den starken Totästen finden sich offensichtlich zahlreiche Höhlen, die dem Spätheimkehrer ausreichend Nistmöglichkeiten bieten.

### 3. Diskussion

Obwohl sich alle Untersuchungsgitterfelder in Eichenwäldern befinden, lassen sich deutliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Vogelmenschen in Abhängigkeit von der Waldstruktur aufzeigen. Vögel sind damit geeignete Indikatoren für unterschiedliche Waldstrukturen in Eichenwäldern. Damit reiht sich die Untersuchung in die zahlreichen ökologi-

**Tab. 3.** Liste der 39 untersuchten Arten zur Brutzeit mit Angaben zum Ergebnis der Indikator-Arten-Analyse (Monte-Carlo-Test). Arten mit insgesamt weniger als 10 Nachweisen oder mit einem Auftreten in allen Gitterfeldern wurden aus der Analyse ausgeschlossen (siehe Kap. 1.2). – *List of 39 bird species during the breeding season with data on the result of the species-indicator-analysis (Monte Carlo test). Species with less than 10 observations or very high abundance were not analysed.*

Vogelart	Abkürzung	Waldstrukturtyp	Indikatorwert	p-Wert
<i>Arten mit Indikatorwert zur Brutzeit (p &lt; 0,1)</i>				
Waldlaubsänger <i>Phylloscopus sibilatrix</i>	Physib	geschlossene, dichte Eichenwälder	26,1	0,030
Buntspecht <i>Dendrocopos major</i>	Denmaj	geschlossene, dichte Eichenwälder	24,2	0,076
Waldbaumläufer <i>Certhia familiaris</i>	Cerfam	geschlossene, dichte Eichenwälder	23,3	0,079
Zilpzalp <i>Phylloscopus collybita</i>	Phycol	Eichendickung	24,7	0,056
Gartengrasmücke <i>Sylvia borin</i>	Sylbor	Eichendickung	19,5	0,059
Baumpieper <i>Anthus trivialis</i>	Antri	lichter Mittelwald	51,8	0,001
Wendehals <i>Jynx torquilla</i>	Jyntor	lichter Mittelwald	28,6	0,011
Heckenbraunelle <i>Prunella modularis</i>	Prumod	lichter Mittelwald	19,1	0,056
Pirol <i>Oriolus oriolus</i>	Oriori	zweischichtiger Mittelwald	59,0	0,001
Ringeltaube <i>Columba palumbus</i>	Colpal	zweischichtiger Mittelwald	25,5	0,037
Mönchsgrasmücke <i>Sylvia atricapilla</i>	Sylatr	zweischichtiger Mittelwald	23,7	0,064
Grauspecht <i>Picus canus</i>	Piccan	zweischichtiger Mittelwald	12,6	0,088
Goldammer <i>Emberiza citrinella</i>	Embcit	zweischichtiger Mittelwald	14,3	0,098
Mittelspecht <i>Dendrocopos medius</i>	Denmed	dichtes, totholzreiches Eichen-naturwaldreservat	26,5	0,043
Trauerschnäpper <i>Ficedula hypoleuca</i>	Fichyp	dichtes, totholzreiches Eichen-naturwaldreservat	20,1	0,050
Kleiber <i>Sitta europaea</i>	Siteur	ehemaliger, lückiger Mittelwald mit Nadelholz	31,0	0,008
Zaunkönig <i>Troglodytes troglodytes</i>	Trotro	ehemaliger, lückiger Mittelwald mit Nadelholz	34,2	0,009
Tannenmeise <i>Parus ater</i>	Parate	ehemaliger, lückiger Mittelwald mit Nadelholz	21,0	0,057
Sommergoldhähnchen <i>Regulus ignicapillus</i>	Regign	ehemaliger, lückiger Mittelwald mit Nadelholz	20,9	0,096
<i>Arten ohne Indikatorwert für verschiedene Waldstrukturtypen des Eichenmischwaldes zur Brutzeit (p ≥ 0,1)</i>				
Turteltaube <i>Streptopelia turtur</i>	Strtur			
Kuckuck <i>Cuculus canorus</i>	Cuccan			
Grünspecht <i>Picus viridis</i>	Picvir			
Kleinspecht <i>Dendrocopos minor</i>	Denmin			
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>	Erirub			
Wacholderdrossel <i>Turdus pilaris</i>	Turpil			
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>	Turphi			
Misteldrossel <i>Turdus viscivorus</i>	Turvis			
Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i>	Phytro			
Wintergoldhähnchen <i>Regulus regulus</i>	Regreg			
Halsbandschnäpper <i>Ficedula albicollis</i>	Ficalb			
Sumpfmehse <i>Parus palustris</i>	Parpal			
Blaumeise <i>Parus caeruleus</i>	Parcae			
Kohlmeise <i>Parus major</i>	Parmaj			
Gartenbaumläufer <i>Certhia brachydactyla</i>	Cerbra			
Star <i>Sturnus vulgaris</i>	Stuvul			
Eichelhäher <i>Garrulus glandarius</i>	Gargla			
Erlenzeisig <i>Carduelis spinus</i>	Carspi			
Fichtenkreuzschnabel <i>Loxia curvirostra</i>	Loxcu			
Kernbeißer <i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Cocco			



**Abb. 8.** Zusammenhang zwischen dem Angebot an Kronentotholz und Registrierungen des Halsbandschnäppers in den neun untersuchten Waldbeständen. – *Correlation of the amount of dead branches in tree crowns and the occurrence of the Collared Flycatcher in 9 different stands of oakwood.*

schen Studien zu Vögeln und Waldstrukturen ein und ist ein weiterer Hinweis für die Eignung dieser Tiergruppe für vergleichende Untersuchungen von Waldstrukturen und ihren Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften (Nipkow 1995, Utschick 2000).

Die Mehrzahl der Arten mit Leitarten- oder Indikatorarteneigenschaft konnte auch in anderen Untersuchungen bestätigt werden. Abweichende Ergebnisse werden im Kap. 4 diskutiert. Insgesamt muss bei den Ergebnissen berücksichtigt werden, dass es sich nur um eine einjährige Untersuchung handelt, die bei 86 untersuchten, teilweise benachbarten Gitterfeldern nur ein eingeschränktes Datenmaterial liefert. Damit sind alle Ergebnisse nicht als Kausal-, sondern eher als Indizienbeweis zu sehen und zu werten.

Der Vorteil der Kanonische Korrespondenzanalyse liegt darin, eine Vielzahl von Habitatfaktoren auch auf verschiedenen Skalen gleichzeitig mit Vogelmenschen verschneiden zu können. MacFaden & Capen (2002) analysierten mit der CCA Vogelmenschen in New Hampshire und Maine (USA) auf verschiedenen Skalen. Damit lassen sich objektive Aussagen zur Auftrennung von Vogelzönosen

durch Lebensraumparameter, aber auch zu Habitatpräferenzen einzelner Vogelarten auch auf mehreren Skalen erarbeiten. Allerdings ist immer zu beachten, dass die Zeigerwerte von Tierarten auf Grund ihrer Mobilität weit mehr Restriktionen unterliegen als beispielsweise bei Pflanzen.

In den untersuchten Eichenwäldern dominiert zur Brutzeit der Einfluss der Lebensraumvariablen auf der Skalenebene des Waldbestandes, vor allem die Oberholzdeckung, die Deckung von Verjüngung und Sträuchern sowie der Nadelholzanteil.

Allgemein erscheint die Dominanz solcher Bestandeseffekte für in sich ökologisch relativ einheitliche Waldgebiete (hier Eichenwälder) typisch. Dies bestätigen auch die Untersuchungen von Hagan & Meehan (2002) in Wirtschaftswäldern in Maine (USA). Im Winter scheinen die Avizönosemuster dann aber eher von anderen, in der vorliegenden Arbeit nicht erfassten Variablen wie etwa Exposition oder Waldrandlage überlagert zu sein als vom Einfluss der Bestandesstruktur. In Wäldern mit starkem Wechsel aus Nadel- und Laubholzbeständen können dagegen Umgebungseffekte auch zur Brutzeit eine große Rolle spielen (Ut-

schick 2004). Ähnliches gilt für Landschaften mit starkem Gradienten wie z.B. die Küstenwälder Kaliforniens (USA), wo Bolger et al. (1997) eine Dominanz von Landschaftsvariablen beschreiben.

Die Untersuchungen belegen, dass die Brutvogelzönosen besser geeignet sind, um verschiedene Strukturen in Eichenwäldern anzuzeigen und zu werten als die Vogelgemeinschaften im Winter. In dieser Zeit fehlen viele Indikatorarten für Waldstrukturen wie beispielsweise die Fliegenschnäpper. Wintergäste aus Osteuropa oder Skandinavien wie in Nadelwaldlandschaften (Utschick 2004) sind durch den geringen Nadelholzanteil in den Eichenwäldern unterrepräsentiert. Standvögel mit Indikatorcharakter wie Grau- oder Mittelspecht sind im Winter schwieriger zu erfassen. Räumliche Effekte wie Waldränder dürften im Winter den Einfluss der Bestandesstruktur überlagern (s. oben). In Pennsylvania (USA) konnte allerdings beim Vergleich von Kahlschlägen mit unterschiedlich lichten Beständen auch für überwinterte Vogelgemeinschaften ein deutlicher Zeigereffekt gefunden werden (Yahner 1997). In nadelholzdominierten Wäldern mit einem starken Wechsel aus Nadel- und Laubholzbeständen konnte Utschick (2004) gerade im Winter eine starke Attraktivität eichenreicher Laubholzbestände nachweisen. Der wesentliche Unterschied in meinem Untersuchungsgebiet dürfte aber darin liegen, dass immer mindestens einzelne Alteichen als Strukturelemente auf allen Flächen vorhanden waren und echte Kahlschläge fehlten. Gerade in grobborkigen Eichen aber können viele Insekten überwintern. Ergebnislose Zufütterungsversuche in primären Eichenwäldern Ostpolens unterstreichen das gute Nahrungsangebot im winterlichen Alteichenwald (Wesolowski 1995).

#### **4. Vogelartenschutz und Eichenwaldwirtschaft**

Die Analyse der Struktur- und Artenbeziehungen zur Brutzeit ergab klare Präferenzen einiger Vogelarten für dichte, alteichenreiche Bestände (Gartenbaumläufer, Trauerschnäpper,

Mittelspecht, Waldlaubsänger, Kleiber, Waldbaumläufer, Misteldrossel, Kleinspecht, Buntspecht und Kernbeißer). Hier treten fast alle Stammkletterer in höheren Dichten auf. Je dichter und altbaumreicher die Eichenbestände im Untersuchungsgebiet, desto höher ist das Angebot an Stammoberfläche zur Nahrungssuche. Immer wieder wurde angenommen, dass Arten wie Gartenbaumläufer oder Mittelspecht eher lichte Wälder bevorzugen, da hier das Nahrungsangebot höher sei (Hofmann 1979, Müller 1993). Dies dürfte eine Fehleinschätzung aus Sicht des Bodenbeobachters sein, die sich aus den erheblich schwierigeren Beobachtungsbedingungen in belaubten Baumkronen dichter Laubwälder erklärt. Die großen Kronen der Alteichen sind wohl wesentlich stärker von der Sonne durchflutet und erwärmt, als man von unten abschätzen kann. Diese These stützen weiter gehende statistische Analysen (Müller & Hothorn 2004) sowie Untersuchungen der Käfer und Ameisen aus Baumkronenbenebelung und Flugeklektoren im vorliegenden Projekt (Müller & Schlumprecht 2004, Müller in Vorb.): In den Alteichen fanden sich bei beiden Methoden im geschlossenen Naturwaldreservat und in den voll umlichteten Mittelwaldeichen sowohl vergleichbare Individuensummen als auch Artenzahlen. Die Verteilung auf die Nahrungsgilden ist ebenfalls sehr ähnlich und weist auf vergleichbare Wärme- und Feuchtigkeitmilieus in den Kronen unabhängig von der Lichtstellung hin. Einzelne, häufig gefährdete Insektenarten weisen allerdings Präferenzen für die stark umlichteten Kronen auf (Müller et al. 2004b). Auch Untersuchungen in 400-jährigen Eichenhochwäldern im bayerischen Spessart unterstreichen diese Ergebnisse (Müller 2004, Müller et al. 2004a).

Durch die totholzreichen Kronen der Alteichen ist auch in geschlossenen Eichenbeständen die Mittelspechtdichte hoch. Pasinelli (2000) konnte in seinen autökologischen Studien ebenfalls die überragende Bedeutung der Anzahl starker Eichen und von Kronentotholz für die Größe und Qualität des Mittelspechtreviers belegen. Er legt Schwellenwerte von 200 m<sup>3</sup>/ha Eiche bzw. 63 Alteichen/ha als untere Grenze für gut geeignete Mittelspechthabitate fest (Pasinelli 2003). Diese Werte decken

sich gut mit den Vorratswerten der ehemaligen Mittelwälder und Naturwaldreservate. Die lichten Mittelwälder liegen dagegen mit ihren Vorräten und Alteichenzahlen deutlich darunter (Tab. 1). Echte Leitarten der lichten Mittelwälder dagegen sind Baumpieper, Gartengrasmücke, Kuckuck, Turteltaube, Wendehals, Heckenbraunelle und Wacholderdrossel. Diese Arten haben ihre Verbreitungsschwerpunkte außerhalb des Waldes häufig in Streuobstbeständen und Saumgesellschaften. Der Baumpieper nutzt lichte Waldphasen dabei völlig unabhängig von der Waldgesellschaft. Selbst auf Sturmwurfflächen im Bergmischwald des Bayerischen Waldes besiedelt er gerade die ersten Phasen nach Öffnung des Waldes, um nach wenigen Jahren aber wieder zu verschwinden (Leibl 1988, Lang et al. 2003). Im Eichenurwald von Bialowieza nutzt er auch die kleinflächigen Lücken (Tomialojc et al. 1984). Damit ergibt sich ein differenziertes Bild der Leitarten.

Wie viele andere Untersuchungen zeigen, sind es gerade die dichten Überführungswälder mit ihren Alteichen, die vom Mittelspecht genutzt werden (Coch 1997, Nipkow 1995). Um diese Art zu fördern, ist es wenig sinnvoll, eine Mittelwaldwirtschaft wieder einzuführen. Viel wichtiger ist es, eine ausreichende Zahl an Alteichen auf der Fläche zu halten und junge Eichen durch intensives Freistellen auf große Kronen hin zu erziehen. Damit werden sie mit hohen Vorräten an Kronentholz zum Ersatz für sehr alte Eichen an der Seneszenzgrenze.

Auch der Halsbandschnäpper erweist sich nicht als eine Indikatorart des stark aufgelichteten Waldes. Für ihn sind Kronentholz, Höhlenreichtum und vermutlich freier Waldboden wichtig. Dies untermauern auch die Ergebnisse aus alten, totholzreichen und kühl schattigen Buchennaturwaldreservaten im bayerischen Steigerwald (Sperber 2000). Im Alteichenhochwald im Spessart finden sich trotz kühlerer, ungünstigerer Lage durch das hohe Angebot an alten Eichen mit Kronentholz ebenfalls höhere Halsbandschnäpperdichten als in den lichten Mittelwäldern des Untersuchungsgebietes (Müller 2004). Sachslehner (1995) beschreibt die Halsbandschnäpper im Lainzer Tiergarten bei Wien als bezüglich des

Kronenschlusses sehr flexibel und konnte ebenfalls keine Beziehung zwischen Kronenschluss und der Anwesenheit der Art herstellen.

Dennoch zeigen aber die Untersuchungen aus dem Naturwald Bialowieza, dass Arten der Bestandeslücken wie Baumpieper oder Gartengrasmücke auch in relativ geschlossenen Waldbeständen regelmäßig vorkommen, indem sie markante Lücken im Kronendach nutzen. Diese Nutzung kleiner Lücken in alten Primärwäldern durch Lückenbesiedler gilt letztendlich auch für primäre boreale Nadelwälder (Thingstad 1997). Um diese Arten der natürlichen Avizönose im Wald zu erhalten, müssen zumindest kleinflächig diese lichten Bedingungen geschaffen werden (Müller et al. 2004c).

### Zusammenfassung

Die Eignung von Vogelgemeinschaften als Indikatoren für verschiedene Waldstrukturen wurde in unterschiedlich strukturierten bayerischen Eichenwäldern untersucht, nämlich in geschlossenen, dichten Eichenwäldern, ehemaligen, lückigen Mittelwäldern mit Nadelholzbeimischung, lichten Mittelwäldern, zweischichtigen Mittelwäldern, Eichendickungen sowie dichten, totholzreichen Naturwaldreservaten. Basis der Untersuchungen war eine quantitative Gitterfeldkartierung. In den neun untersuchten Waldbeständen wurden insgesamt 86 je 1 ha große Gitterfelder eingerichtet, in denen alle Vögel auf neun Begehungen (fünf zur Brutzeit, vier im Winter) kartiert wurden. Dies ergab eine Liste mit der Summe aller Registrierungen pro Vogelart, Gitterfeld und Jahreszeit (Brutzeit, Winter).

Mit Hilfe der Kanonischen Korrespondenzanalyse konnte gezeigt werden, dass in Eichenwaldgebieten bei vergleichbarem Kartieraufwand und beschränktem Gitterfeldumfang Brutvogelgemeinschaften besser geeignet sind, um Unterschiede in den Waldstrukturen anzuzeigen, als Winteravizönosen. Als Leitarten der lichten Wälder zur Brutzeit (Abb. 7) erwiesen sich Baumpieper *Anthus trivialis*, Gartengrasmücke *Sylvia borin*, Kuckuck *Cuculus canorus*, Turteltaube *Streptopelia turtur*, Wendehals *Jynx torquilla* und Heckenbraunelle *Prunella modularis*. Typisch für die zweischichtigen Wälder sind Pirol *Oriolus oriolus*, Grauspecht *Picus canus*, Wacholderdrossel *Turdus pilaris*, Goldammer *Emberiza citrinella*, Zilpzalp *Phylloscopus collybita* und Fitis *P. trochilus*. Leitarten der ehemaligen, lückigen Eichenwälder mit Nadelholzbeimischung sind die typischen Nadelwaldbewohner Wintergoldhähnchen *Regulus regulus*, Sommergoldhähnchen *R. ignicapil-*



lus, Tannenmeise *Parus ater* und Fichtenkreuzschnabel *Loxia curvirostra*, aber auch der Zaunkönig *Troglodytes troglodytes*. Charakteristisch für die geschlossenen, dichten Wälder sind mit abnehmender Leitarteneigenschaft Gartenbaumläufer *Certhia brachydactyla*, Trauerschnäpper *Ficedula hypoleuca*, Mittelspecht *Dendrocopos medius*, Waldlaubsänger *Phylloscopus sibilatrix*, Kleiber *Sitta europaea*, Waldbaumläufer *Certhia familiaris*, Misteldrossel *Turdus viscivorus*, Kleinspecht *Dendrocopos minor*, Buntspecht *D. major* und Kernbeißer *Coccothraustes coccothraustes*.

Die weitere Absicherung der Indikatoreigenschaften für bestimmte Waldstrukturtypen konnte bei der Mehrzahl der genannten Brutvogelarten mit Hilfe der Indikator-Arten-Analyse erfolgen (Tab. 3). Der Halsbandschnäpper *Ficedula albicollis* zählt neben dem Mittelspecht zu den Zielarten des Vogelschutzes in Eichenwäldern. Für diese Art erbrachte die multivariate Analyse bezüglich der Bedeutung der Lebensraumvariablen nur geringe Erklärungskraft. Es konnte aber eine enge Korrelation mit dem Angebot an Kronentholz in den Alteichenkronen festgestellt werden (Abb. 8).

**Dank.** Mein Dank gilt Christine Franz, Volker Zahner und Rudi Leitl für die Mithilfe bei den Kartierarbeiten. Hans Utschick danke ich für die kritische Manuskriptdurchsicht sowie die umfassende Unterstützung bei der Auswertung und Literatursuche, Daniel Schmidt für Korrekturen und die Übersetzung ins Englische. Den drei unbekannteren Reviewern sei für ihre konstruktive Kritik gedankt.

## Literatur

- BÄRNTHOL, R. (2003): Nieder- und Mittelwald in Franken – Waldwirtschaftsformen aus dem Mittelalter. Schriften des Fränkischen Freilandmuseums Bd. 40.
- BOLGER, D. T., T. A. SCOTT & J. T. ROTENBERRY (1997): Breeding bird abundance in an urbanizing landscape in coastal southern California. *Conserv. Biol.* 11: 406–421.
- BUBLER, H. & J. MÜLLER (2004): Borkenkäferzönosen in wärmegetönten Eichenmischwäldern Nordbayerns. *Forst Holz* 59: 175–178.
- BUBLER, H., J. MÜLLER & U. SIMON (2004): Erfassung xylobionter Käfer in Waldökosystemen. *Nat.schutz Landsch.plan.* 36: 137–201.
- COCH, T. (1997): Spechte (Gattung *Picoides*) und Strukturmerkmale als Wegweiser einer Eigenart bewahrenden Pflege und Entwicklung ehemaliger Mittelwälder. Diplomarb. Albert-Ludwigs-Univ. Freiburg i.B.
- DENZ, O. (2003): Rangliste der Brutvogelarten für die Verantwortlichkeit Deutschlands im Artenschutz. *Vogelwelt* 124: 1–16.
- DUFRENE, M. & P. LEGENDRE (1997): Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.* 67: 345–366.
- FLADE, M. (1994): Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands: Grundlagen für den Gebrauch vogelkundlicher Daten in der Landschaftsplanung. IHW-Verlag, Eching.
- HAGAN, J. M. & A. L. MEEHAN (2002): The effectiveness of stand-level and landscape-level variables for explaining bird occurrence in an industrial forest. *For. Sci.* 48: 231–242.
- HOFMANN, J. (1979): Vergleichende Untersuchungen zur Vogelbesiedlung naturnaher Wälder und nutzungsbedingter Forsten im Steigerwald. Diplomarb. Univ. Erlangen-Nürnberg.
- JOKIC, Z., C. STRÄTZ & J. MÜLLER (2004): Waldökologischer Vergleich von Mittelwäldern und Eichenmischwäldern anhand der Landschneckenfauna. *Nat.schutz Landsch.plan.* 36: 237–244.
- JONGMAN, R. H. G., C. J. F. TER BRAAK & O. F. R. VAN TONGEREN (1995): *Data analysis in community and landscape ecology*. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- LANG, C., W. SCHERZINGER & W. KONOLD (2003): Sukzession der Avifauna auf Störflächen im Nationalpark Bayerischer Wald. *Ornithol. Anz.* 42: 1–15.
- LEIBL, F. (1988): Ökologisch-faunistische Untersuchungen an Vögeln in Windwurfflächen im Nationalpark Bayerischer Wald. *Ornithol. Anz.* 24: 227–264.
- MACFADEN, S. W. & D. E. CAPEN (2002): Avian habitat relationships at multiple scales in a New England forest. *For. Sci.* 48: 243–254.
- MEYER-CORDS, C. & P. BOYE (1999): Schlüssel-, Ziel-, Charakterarten. Zur Klärung einiger Begriffe im Naturschutz. *Nat. Landsch.* 74: 99–101.
- MIRANDA, B., G. PASINELLI, K. C. EWALD & T. COCH (in Vorb.): Distance sampling: a novel approach to assess woodpecker population size.
- MÜLLER, D. (1993): Bestandserhebungen von Mittelspecht- und Halsbandschnäppervorkommen in ausgewählten Gebieten der Landkreise Schweinfurt und Kitzingen im Rahmen der Artenschutzkartierung sowie Darstellung ihrer Verbreitung in einem größeren Untersuchungsraum. Unveröff. Schlussbericht. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg.
- MÜLLER, J. (2004): Welchen Beitrag leisten Naturwaldreservate zum Schutz von Waldvogelarten. *Ornithol. Anz.* 43: 3–18. – (in Vorb.): Ist der Mittelspecht eine geeignete Leitart für lichte Wälder, ein Diskussionsbeitrag unter Berücksichtigung der Arthropodenfauna in Eichenkronen.
- MÜLLER, J., H. BUBLER & O. SCHMIDT (2004a): Im Reich der Trophäenträger. *Nationalpark 2004/2*: 34–36.
- MÜLLER, J., H. BUBLER, U. SIMON & H. HACKER (2004b): Eichenfurnier trotz Widderbock. *AFZ/Wald* 2004/16: 879–882.
- MÜLLER, J. & T. HOTHORN (2004): Maximally selected two sample statistics as a new tool for the identification and assessment of habitat factors with an application to breeding bird communities

- in oak forests. *Eur. J. For. Res.* 123: 219–228.
- MÜLLER, J. & H. SCHLUMPRECHT (2004): Ameisen oben auf: Vergleich der Ameisenfauna zwischen Baumkronen und Waldboden von Eichenmischwäldern und Mittelwäldern. *Ameisenschutz aktuell* 18 (1): 1–9.
- MÜLLER, J., U. SIMON, H. BUBLER, Z. JOKIC, C. STRÄTZ, G. MÄRKL, S. MÜLLER-KROEHLING, H. HACKER & H. SCHLUMPRECHT (2004c): Waldökologischer Vergleich von Eichenmischwäldern und Mittelwäldern. Abschlussbericht. <http://www.lwf.bayern.de/projekte/sg5-V56-waldoekologischer-vergleich.htm>, Stand 26. Januar 2005. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising.
- NIPKOW, M. (1995): Avifaunistische Untersuchungen in den Wäldern der Trockenau am südlichen Oberrhein. *Schr.reihe Inst. Landespf. Univ. Freiburg* 20.
- PASINELLI, G. (2000): Oaks (*Quercus* sp.) and only oaks? Relations between habitat structure and home range size of the middle spotted woodpecker (*Dendrocopos medius*). *Biol. Conserv.* 93: 227–235. – (2003) *Dendrocopos medius* Middle Spotted Woodpecker. *BWP Update* 5: 49–99.
- SACHSLEHNER, L. (1995): Reviermerkmale und Brutplatzwahl in einer Naturhöhlen-Population des Halsbandschnäppers *Ficedula albicollis* im Wienerwald. *Vogelwelt* 116: 245–254.
- SIMON, U., H. BUBLER & J. MÜLLER (2004): Waldökologischer Vergleich von Eichenmischwäldern und Mittelwäldern. Teil 6: Xylobionte und phytophage Käfer. Abschlussbericht. <http://www.lwf.bayern.de/projekte/sg5-V56-waldoekologischer-vergleich.htm>, Stand 26. Januar 2005. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising.
- SPERBER, G. (2000): Veränderungen im Brutvogelbestand älterer Perlgras- und Hainsimsen-Buchen-Traubeneichenwälder unter dem Einfluss von 25 Jahren naturgemäßer Bewirtschaftung. Vortrag 132. Jahresversammlung der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft, Bayreuth. *J. Ornithol.* 141: 229–230.
- STEINER, F. & B. SCHLICK-STEINER (2002): Einsatz von Ameisen in der naturschutzfachlichen Praxis – Begründung ihrer vielfältigen Eignung im Vergleich zu anderen Tiergruppen. *Nat.schutz Landsch.pl.* 34: 5–12.
- STICKROTH, H., G. SCHMITT, R. ACHTZIGER, U. NIGMANN, E. RICHERT & H. HEILMEIER (2003): Konzept für ein naturschutzorientiertes Tierartenmonitoring – am Beispiel der Vogelfauna. *Angew. Landsch.ökol.* 50: 1–397.
- THINGSTAD, G. (1997): Challenges to conservation of biological diversity in boreal forestry landscape; a case study using bird guilds as environmental indicators. *Fauna norv. Ser. C* 20: 49–68.
- TOMIALOJC, L., T. WESOŁOWSKI & W. WALANKIEWICZ (1984): Breeding bird community of a primaeval temperate forest (Białowiza National Park, Poland). *Acta ornithol.* 20: 241–310.
- UTSCHICK, H. (2000): Walddynamik und Auwald-Avizönosen nach Staustufenbau. S. 78–93 in: Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz, TU München (Hrsg.): Landnutzungsplanung und Naturschutz – Aktuelle Forschungsberichte. – (2002): Vergleichende walddökologische Untersuchungen in Naturwaldreservaten (unge nutzte Wälder) und Wirtschaftswäldern unterschiedlicher Naturnähe (unter Einbeziehung der Douglasie) in Mittelschwaben. Abschlussbericht Teilband 5/2 Vögel. Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz, TU München. – (2004): Saisonale Veränderungen der Raumnutzungsmuster von mittelschwäbischen Waldvogelzönosen. *Ornithol. Anz.* 43: 19–48.
- WALENTOWSKI, H., H.-J. GULDER, C. KÖLLING, J. EWALD & W. TÜRK (2001): Die regionale Waldzusammensetzung in Bayern. *Ber. Bayer. Landesanstalt Wald Forstwirtschaft.* 35.
- WESOŁOWSKI, T. (1995): Birds from a primaeval temperate forest hardly use feeders in winter. *Ornis Fenn.* 72: 132–134.
- WITT, K., H.-G. BAUER, P. BERTHOLD, P. BOYE, O. HÜPPOP & W. KNIEF (1998): Rote Liste der Brutvögel (Aves), korrigierte 2. Fassung. S. 40–47 in: M. BINOT (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. *Schr.reihe Landsch.pfl. Nat.schutz* 55.
- YAHNER, R. (1997): Long-term dynamics of bird communities in a managed forested landscape. *Wilson Bull.* 109: 595–613.

*Manuskript eingegangen 9. Februar 2004  
Bereinigte Fassung angenommen 14. Januar 2005*