

## Einfluss eines Fichtenwaldrands auf den Bruterfolg von höhlenbrütenden Kleinvögeln

Martin Weber, Hans Utschick und Werner Heitland

Influence of forest margins on the reproductive success of small hole-nesting birds

In 2007, 60 nest-boxes were placed in spruce stands of the Ebersberger Forst, 30 km east of Munich. The boxes were installed in clusters of five along transects at varying distances (20 m, 100 – 150 m, 700 – 1200 m) from the woodland margin and with spacing of either 10 m or 50 m between boxes within the clusters. Boxes were checked between April and July for occupancy and breeding success. This was supplemented by recording of birds along the transects. Boxes were occupied by five bird species: Great Tits and Blue Tit (together 26 boxes), with Coal Tit, Nuthatch and Pied Flycatcher each in one box. The distribution of the dominant species, the Great Tit, was not influenced by distance from the woodland edge. The Blue Tit was however most frequent at the edge and was absent from central locations. Comparison of closely and widely spaced groups of boxes indicate that the closely spaced boxes were occupied by especially strong, dominant individuals. This occurred twice as often at the woodland edge as along the more central transects. Boxes near the edge also showed the highest occupancy, clutch and brood sizes and were occupied sooner than those in the centre. Recording of birds along the transects showed a similar pattern. In all months of the nesting season, the highest density of birds was recorded at the woodland margin, this being particularly pronounced for the Chaffinch, Blue Tit, Willow Warbler and Greenfinch. It is concluded that the woodland edge is more attractive than the centre. From the literature may be gathered that better habitat qualities at the margins are responsible.

On the other hand, mortality rates at the woodland margin are higher as a consequence of higher predation and competition here. All nestlings in centrally placed boxes fledged successfully. Therefore, the reproductive contributions of woodland edge and central locations at the population level are similar.

**Key words:** breeding phenology, hole nesting birds, fitness, forest margin, nest box, reproductive success

Martin Weber, Grund 6, 85570 Ottenhofen

E-Mail: webermartin@gmx.de

Dr. Hans Utschick, Dr. Werner Heitland, Lehrstuhl für Tierökologie der TUM, Am Hochanger 13, 83354 Freising

E-Mail: Hans.Utschick@lrz.tum.de

### Zielsetzung

Viele Untersuchungen deuten darauf hin, dass für die meisten Vogelarten Waldränder attraktiver sind als geschlossene Waldkomplexe. Als Ursachen werden meist höhere Lichtenergie durch Seitenlicht, Nährstoffeinträge aus dem Offenland, Leitlinienwirkung oder Vorteile für Habitatwechsler vermutet (Harwood & MacNally 2005, Paquet et al. 2006, Rodewald & Brit-

tingham 2002, Vergara & Simonetti 2003). Dazu kommen häufig an Waldrändern vorteilhaftere Habitatstrukturen, vor allem, wenn diese Waldränder südexponiert, breit, mehrstufig und naturnah aufgebaut sind (zu optimalen Waldrandstrukturen siehe z. B. Bergstedt 1992). Experimentelle Nachweise für höhere Brutvogeldichten an Waldrändern sind allerdings eher selten (Batary & Baldi 2004, Harwood & MacNally 2005, Ibarzabal & Desrochers 2004), obwohl sich

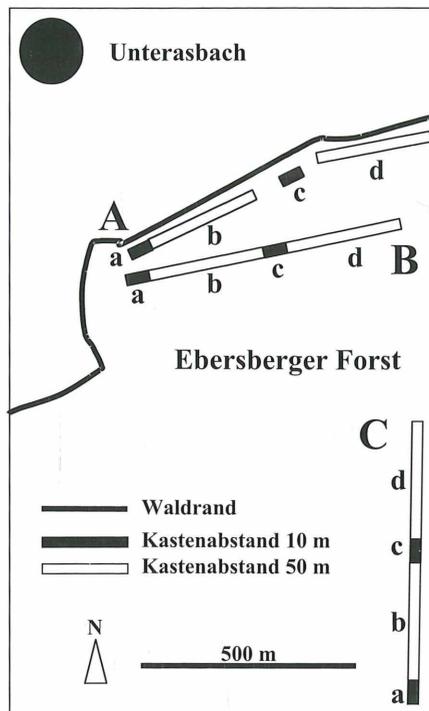
Tests mit künstlichen Nistgeräten vor allem bei höhlenbrütenden Kleinvogelarten geradezu anbieten (vgl. hohe Indikationsleistung u.a. im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels z. B. in Moning et al. 2007 sowie Gaedecke & Winkel 2005).

Ziel dieser Arbeit war es, mittels eines Nistkastenexperiments folgende Fragestellungen zu prüfen:

1. Existieren Waldrandeffekte auch bei pessimalen Habitatqualitäten, wie sie nordexponierte, harte Waldränder in Fichtenforsten darstellen und die an vielen Waldrändern vogelfreundlicheren Waldhabitatstrukturen als Erklärung für höhere Vogeldichten am Waldrand ausscheiden. Nimmt auch hier die Brutvogeldichte vom Waldrand zum Waldinneren hin ab?
2. Werden an einem solchen Waldrand mehr Kästen bezogen als in zentraleren Waldteilen? Welche Höhlenbrüter bevorzugen Waldrandsituationen besonders stark?
3. Erfolgen Revier- bzw. Kastenbezug (intensive Kasteninspektion, Eintrag erster Nistmaterialien), Nestfertigstellung und Eiablage am Waldrand früher als im Waldinneren?
4. Sind die Gelegestärken, die Nestlingszahlen und die Anzahl der ausfliegenden Jungvögel am Waldrand größer? Sind Eiverluste und Nestlingsmortalität geringer? Leisten somit Waldränder im Hinblick auf Vogelpopulationen einen höheren Reproduktionsbeitrag als zentrale Waldflächen?
5. Gilt dies alles auch noch, wenn das Höhlenangebot infolge dicht hängender Nistgeräte nicht mehr limitierender Faktor des Revieraufbaus ist und verstärkt Konkurrenz (aggressive Revierverteidigung) greift? Ist die Besetzungsquote daher in dicht hängenden Kastengruppen geringer als in weit hängenden? Werden dabei am Waldrand dicht hängende Kästen häufiger, früher und erfolgreicher genutzt als im Waldinneren?

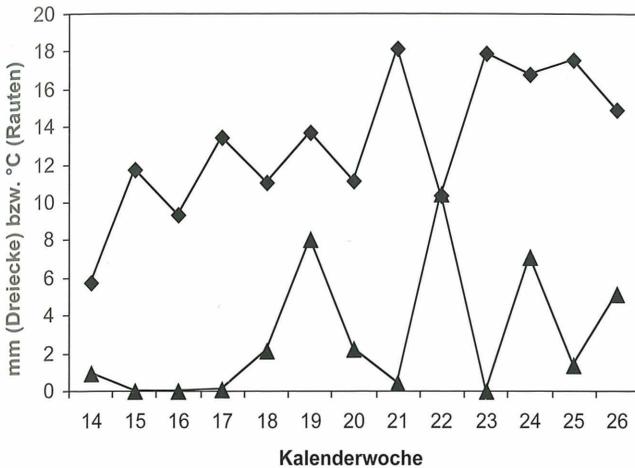
## Untersuchungsgebiet und Methode

**Lage, Klimaverhältnisse und Struktur der Untersuchungsflächen.** Die Testflächen lagen im Ebersberger Forst etwa 30 km östlich von München im Distrikt Schwaberwegen (Abt. 9, 10, 12 und 19) nahe Unterասbach, ca. 1 km östlich von Anzing (Abb. 1). Der rund 90 km<sup>2</sup> umfassende Forst zählt zu den größten zusam-



**Abb. 1.** Lage der Untersuchungsflächen und Nistkastenlinien A (Waldrand), B (Mitte) und C (Zentrum) sowie Abschnitte mit unterschiedlichen Kastenverdichtungen (je 5 Kästen mit unterschiedlichen Kastenabständen). – Site, nest box lines (A, B, C) and 5-box-units with an interspace of 10 m (a, c) and 50 m (b, d).

menhängenden Waldgebieten Bayerns. Die dominierende Baumart ist die Fichte *Picea abies*, wobei zunehmend neben Tanne *Abies alba* und Douglasie *Pseudotsuga menziesii* auch Buche *Fagus sylvatica* und andere Laubbaumarten beigemischt werden. Mit einer Jahresmitteltemperatur von 7 – 8 °C und einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 950 – 1100 mm weisen die Bestände für weite Teile Bayerns repräsentative Werte auf. Trotz vergleichsweise homogenem Klima (Geofachdatenatlas Bayern 2008) besteht jedoch stellenweise Früh- und Spätfrostgefahr. Abb. 2 zeigt Daten der Waldklimastation Ebersberg für den Untersuchungszeitraum (freigegeben von der Bayerischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft). In der Brutsaison 2007 weisen Tagestemperaturen- und Niederschlagsverlauf trotz einiger Nachfröste und 3 Tagen mit Maximaltemperaturen unter 10 °C auf konstant gute Wetterbedingungen hin.



**Abb. 2.** Durchschnittstagestemperatur (°C, Rauten) und -tagesniederschlag (mm, Dreiecke) pro Kalenderwoche an der Waldklimastation Ebersberg von April bis Juni 2007. – Average temperature (rhombuses) and precipitation (triangles) from April till June 2007 recorded at the forest climate station Ebersberg.

Auch die kurze Schlechtwetterphase Ende Mai hatte keine gravierenden Auswirkungen.

Die Testflächen wurden mithilfe forstlicher Bestandskarten und über Google Earth verfügbarer Waldbilder vorausgewählt und nach Begang in drei möglichst homogene Sektionen (A–C) mit unterschiedlichem Abstand zum Waldrand organisiert. Jede Sektion wurde dann in vier Abschnitte (Abteilungen a – d) mit alternierend unterschiedlich dicht hängenden Kästen unterteilt (Abb. 1). In Sektion A befanden sich die Kästen rund 20 m vom Waldrand entfernt, in Sektion B 100 – 150 m und in Sektion C 700 – 1200 m. In den Abteilungen a und c betrug die Abstände zwischen den Kästen nur 10 m, in den Abteilungen b und d 50 m. Abteilungen mit nicht vergleichbarer Waldstruktur (Baumartenzusammensetzung, Alter, vertikale Schichtung etc.) blieben unberücksichtigt. Dies betraf zwei rund 150 m lange, relativ naturnahe und auch etwas ältere Waldbestandsteile mit üppiger Bodenvegetation beiderseits Abteilung c in Sektion A (Abb. 1).

Die Waldstruktur (Fichtenanteil, Alter, Beschirmungsgrad, vertikale Schichtung, Deckungsgrad der Bodenvegetation, Überhälter, Totholzreichtum, Vitalität und Erschließungsgrad durch Wege und Rückegassen) war in allen Abschnitten relativ gut vergleichbar. So lag der Fichtenanteil bei fast allen Abteilungen zwischen 97 und 100 % (Ausnahme Bb mit 25 % Buche und Douglasie). Sektion C war zwar mit 55 Jahren und einem Beschirmungsgrad von 65 – 70 % um 10 Jahre älter und etwas offener als die beiden anderen Sektionen, was aber in dieser Altersphase für

Vögel nicht relevant ist. In allen Abschnitten waren die Bestände vital (Kronenbenadelung 80 – 100 %), einschichtig und totholzarm. Der Deckungsgrad der Bodenvegetation lag meist zwischen 5 und 25 % (Aa 55 %). Naturhöhlen und Altbäume, die das Ergebnis hätten beeinträchtigen können, fehlten. Der Erschließungsgrad wurde in einem 10 m breiten Transekt entlang der Kastenlinie aufgenommen (Fläche kreuzender Rückegassen und Wege) und erreichte in fast allen Abschnitten 50 – 100 m<sup>2</sup> pro ha. Nur in Ba und Ca (150 – 160 m<sup>2</sup> pro ha) war verstärkt mit für Waldinnenränder typischen Konsequenzen wie Leitlinien- (u. a. höhere Prädationsraten) oder Lichtschachteffekten (Utschick 1991, Kanold et al. 2008) zu rechnen.

**Nistkästen.** Als Nistkastenmaterial fanden 60 Holznistkästen der Marke „Berlin“ der Firma „Vivara“ mit den Maßen 16,5 x 23 x 30 cm bei einer Einflugöffnung von 32 mm Verwendung. Sie wurden vom 13. bis 15. März 2007 in 5er-Gruppen gemäß der für die Abteilungen vorgesehen Abstände in Höhen von 2,50 m bis 3,00 m ost- oder südostexponiert ausgebracht. Beeinträchtigungen der Brutergebnisse durch starke Sonneneinstrahlung oder zu feuchte Bedingungen (vgl. Henze 1949, Gaedecke & Winkel 2005) konnten somit ausgeschlossen werden. Um die Bäume nicht zu beschädigen, wurden die Nistkästen mit einer Drahtschlinge befestigt.

**Vogelbestandsaufnahmen.** In 11 Kontrollgängen vom 02.04. bis 01.07.2007 wurden alle Nistkästen in ca. wöchentlichen Abständen kontrol-

liert und dabei folgende Daten erhoben: Erstbezug des Kastens, Vogelart, Vollendung des Nestes, Eizahl, Anzahl lebender bzw. toter Jungvögel. Aus diesen Daten wurden dann die Parameter „Legebeginn“ (Rückrechnung unter der Annahme täglicher Eiablage), Gelegegröße, Schlupfrate und Ausflurrate ermittelt (vgl. u.a. Oberleitner 2003).

Ergänzend hierzu wurden einmal monatlich von April bis Juni entlang der Sektionslinien in 50 m breiten Transekten Linientaxierungen durchgeführt.

**Statistische Auswertung.** Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistik-Paket R Version 2.6.2 (Cran Software). Bei der statistischen Untersuchung der Daten musste berücksichtigt werden, dass die Datensätze nicht normalverteilt waren. Aus diesem Grund wurden parameterfreie Tests (Chi<sup>2</sup>-Test und Spearman-Rank-Korrelation) bzw. angepasste multivariate Tests verwendet. Die Untersu-

chung der Mortalitätsdaten (Anzahl ausgeflogener Vögel im Verhältnis zur Zahl abgelegter Eier) erfolgte mit dem General Linear Modelling (GLM) korrigiert für Binominalfehler. Bei der Zahl der Eier je Nest in Abhängigkeit von Sektion und Nistkastenabstand handelt es sich um Zählwerte. Aus diesem Grund erfolgte hier die statistische Untersuchung mithilfe von GLM korrigiert für Poissonfehler. Bei beiden Fragestellungen wurde zunächst das maximale Modell aufgerufen (d. h. Einbindung der Faktoren Sektion, Kastendichte und die Interaktion der beiden Faktoren) und dieses Modell dann schrittweise vereinfacht, indem nicht signifikante Terme entfernt wurden (Crawley 2007). Wenn notwendig, wurde auf Überdispersion hin korrigiert. Zur Abhängigkeit von Standortfaktoren auf die Nistkastenbelegung wurden die Eizahlen je Nistkasten einer Abteilung gemittelt. Diese Werte wurden dann gegen den jeweiligen Standortfaktor mithilfe der Rangkorrelation nach Spearman überprüft.

**Tab. 1.** GLM der Mortalitätsraten in Abhängigkeit von Waldrandnähe und Kastendichte. – *General Linear Modelling for egg- and chick-mortality depending on distance to forest margin and nestbox density.*

	Sektion		Kastendichte		Interaktion Sektion*Kastendichte	
Eimortalität	0.02829 *		n.s.		0.03570 *	
Nestlinge	0.01365 *		n.s.		n.s.	
Gesamt mortalität	0.04554 *		n.s.		n.s.	

Kastenabstand	Eimortalität		Nestlingsmortalität		Gesamt mortalität Eier/Nestlinge	
	10 m	50 m	10 m	50 m	10 m	50 m
Sektion A	0,10	0,37	0,11	0,16	0,20	0,59
Sektion B	0,11	0,04	0,08	0,30	0,19	0,41
Sektion C	0,29	0,09	0	0	0,29	0,09

	Eimortalität	Nestlingsmortalität	Gesamt mortalität Eier/Nestlinge
Sektion A	0,26	0,14	0,44
Sektion B	0,06	0,24	0,37
Sektion C	0,11	0	0,21
Kastenabstand 10 m	0,13	0,08	0,21
Kastenabstand 50 m	0,16	0,15	0,30

## Ergebnisse

### Gelegegröße und Mortalität in Abhängigkeit von Waldrandnähe und Kastendichte (GLM).

Legt man nur die Datensätze zu bezogenen Nistkästen (zumindest Nestbau, meist Eiablage) zugrunde, dann ergeben sich im GLM keine signifikanten Beziehungen zwischen Waldrandnähe (Sektion) bzw. Kastendichte und Gelegegröße. Bezieht man auch die nicht belegten Kästen mit ein, dann hängt die Gelegegröße signifikant ( $p = 0,005$ ) von der Kastendichte ab (vgl. Diskussion).

Im Gegensatz dazu wirkt sich im GLM die Waldrandnähe stark negativ auf die Ei- und Nestlingsmortalität aus (Tab. 1), wobei nur bei der Eimortalität auch die Kastendichte eine untergeordnete Rolle spielen könnte (vgl. Diskussion). Hohe Kastendichte scheint in Waldrandnähe tendenziell Eiverluste zu reduzieren, im Waldinneren Eiverluste zu induzieren (vgl. Diskussion).

**Waldrandnähe, Besatz und Artenspektrum.** In den 60 Kästen fanden sich 29 Gelege, wovon 20 auf die Kohlmeise, 6 auf die Blaumeise und jeweils eines auf Kleiber, Tannenmeise bzw. Trauerschnäpper entfielen (Abb. 3). 31 Kästen wiesen keine Eiablage auf, wurden aber zum Teil intensiv inspiziert, enthielten Einträge von Nistmaterial oder waren von Wespen besetzt.

In drei Nistkästen kam es zu Zweitbruten, wovon jedoch nur eine mit 7 ausgeflogenen Jungen erfolgreich war. Die folgenden Auswertungen beziehen sich daher nur auf Kästen mit Erstbruten. Zweitbruten von Revierinhabern mit Wechsel in einen bisher unbelegten Nistkasten wurden wie Erstbruten gewertet.

Die drei Sektionen unterschieden sich in der Artenverteilung (Abb. 3): Die Blaumeise nutzte vor allem Kästen der Sektion A und fehlte in Sektion C. Die Kohlmeise war dagegen in allen 3 Sektionen relativ gleichmäßig vertreten.

Insgesamt nahm die Anzahl der belegten Kästen vom Waldrand (11 Kästen) zur Waldmitte hin ab (je 9 in den Sektionen B und C). Diese Tendenz zeigt sich auch, wenn Kästen bereits bei Eintrag von Nistmaterial als belegt gewertet werden (Nestbaubeginn). Die Unterschiede zwischen den Sektionen waren aber in keinem Fall signifikant ( $\text{Chi}^2$ -Tests).

Je dichter Nistkästen hängen, umso größer ist der Konkurrenzdruck durch Reviernachbarn, was wiederum niedrigere Besatzquoten bedingt. Erwartungsgemäß wiesen daher die 10-m-Abteilungen (a, c) einen signifikant geringeren Besatz auf als die 50-m-Abteilungen (Abb. 4;  $\text{Chi}^2$ -Test:  $c^2 = 9,72$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,0018^{**}$ ). Einem Belegungsquotienten von 27% (8 Kästen mit Gelegen) in den 10-m-Abteilungen stehen 70% (21 Kästen) in den 50-m-Abteilungen gegenüber.

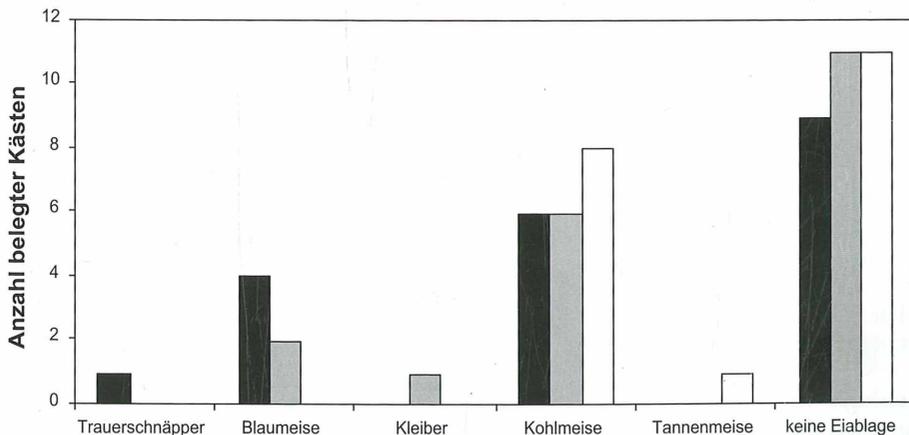
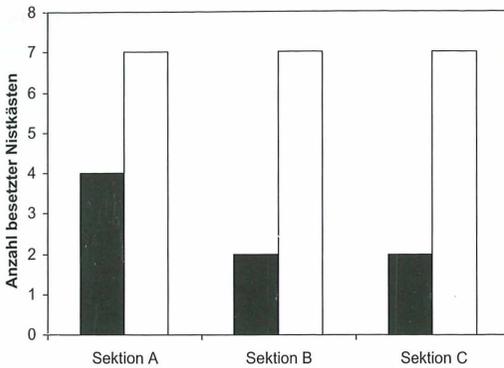


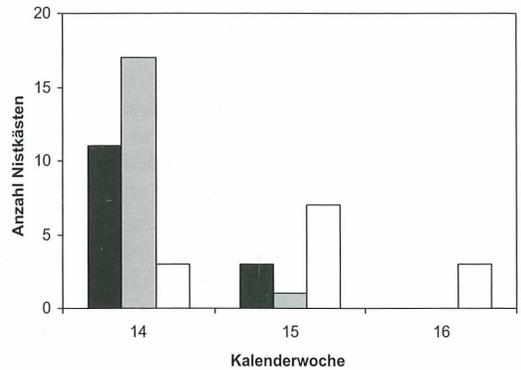
Abb. 3. Nistkastenbelegung von 20 Kohlmeisen, 6 Blaumeisen und 3 weiteren Arten in den 3 Sektionen A (Waldrand, schwarz), B (Übergang, grau) und C (Zentrum, weiß). 31 Nistkästen blieben ohne Eiablage. – Use of nest boxes by Great Tits (20), Blue Tits (6), and 3 other species at: A the woodland margin (filled); B the transition area (light); and C in the centre of the forest (open).



**Abb. 4.** Nistkastenbesatz innerhalb der Sektionen A (Waldrand), B (Übergang) und C (Zentrum) bei Nistkastenabständen von 10 m (schwarz) bzw. 50 m (weiß). – *Occupancy of box units with spacings of 10 m (filled) and 50 m (open) at the forest margin (A), in the transition area (B) and in the centre of the forest (C).*

Geht man davon aus, dass Waldränder hochwertigere Lebensräume für höhlenbrütende Kleinvögel darstellen als das Waldinnere, dann sollten dort auch kleinere Reviere und damit höhere Besatzquoten bei geringen Nistkastenabständen möglich sein. Vergleicht man die drei Sektionen, so erreicht die „Waldrandsektion“ A bei den 10-m-Abteilungen mit einer Kastenbelegung (Eiablage) von 40% doppelt so hohe Werte als die Sektionen B und C mit je 20% (Abb. 4). In den beiden inneren Sektionen wurden zudem nur Kästen der randlich gelegenen Abteilung a besetzt (vgl. Abb. 1), während die Abteilungen c anscheinend komplett im Revierbereich der in den Abteilungen b oder d brütenden, konkurrenzstarken Vögel lagen. In den 50-m-Abteilungen, in denen das Höhlenangebot zum limitierenden Faktor wird, spielt dann die Waldrandnähe zumindest bei der Kastenbelegung keine Rolle mehr. Der „Waldrandeffekt“ beruht offenbar auf besonders attraktiven Lebensraumbedingungen, wodurch hoher Konkurrenzdruck durch eng gruppierte Reviere eher akzeptiert wird als im Waldinneren.

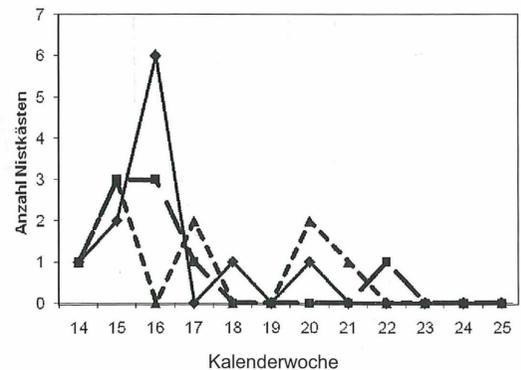
**Brutphänologie und Waldrandnähe.** Der Bezug der meisten Kästen erfolgte in der 14. bis 16. Kalenderwoche (Anfang April) mit Eintragung von Nistmaterial (Abb. 5). In den waldrandnahen Sektionen A und B geschah dies überwiegend in der 14. KW, während sich dies in Sektion C über 3 Wochen hinweg, mit Schwerpunkt



**Abb. 5.** Kastenbezugsdatum mit Eintrag von Nistmaterial in den 3 Sektionen A (Waldrand, schwarz), B (Übergang, grau) und C (Zentrum, weiß) im April (14. – 16. KW). – *Week of first box occupation (placing nest materials) at the forest margin (A, filled), in the transition area (B, light) and in the centre of the forest (C, open).*

in der 15. KW. Diese Zeitverschiebung ist allerdings nicht signifikant ( $\chi^2$ -Test:  $c^2 = 0.0576$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.8103$ ). In den Sektionen A und B kam es in der 22. bzw. 23. KW noch zu Zweitbruten in bis dahin ungenutzten Nistkästen.

Auch beim Eiablagebeginn sind trotz fehlender Signifikanz Unterschiede zwischen den Sektionen zu erkennen (Abb. 6;  $\chi^2$ -Test:  $c^2 = 0.8076$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.6678$ ). So erfolgte die Ablage des ersten Eies in Sektion A zu fast 80 % wäh-



**Abb. 6.** Eiablagebeginn in Nistkästen der 3 Sektionen A (Waldrand, Rauten), B (Übergang, Quadrate) und C (Zentrum, Dreiecke) zwischen Anfang April (14. KW) und Anfang Juni (22. KW). – *Number of nest boxes at the forest margin (A, rhombes), in the transition area (B, squares) and in the centre of the forest (C, triangles) with first egg dates in weeks 14 to 25 (April to June).*

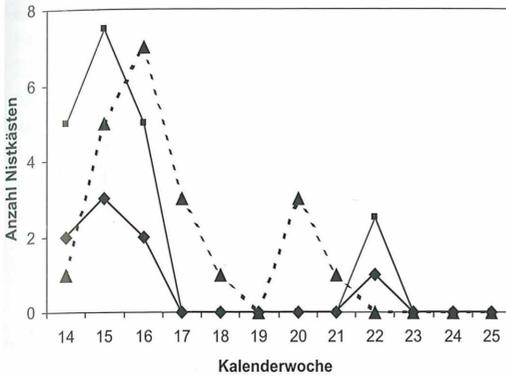


Abb. 7. Eiablagebeginn in eng (Rauten) bzw. weit hängenden (Dreiecke) Nistkastengruppen (Anfang April bis Anfang Juni). Quadrate veranschaulichen die Legedynamik bei Ausblendung von Raumkonkurrenzeffekten. – Number of closely (10 m, rhombes) and widely (50 m, triangles) spaced nest boxes with first egg dates in weeks 14 to 25. Squares show the laying dynamics without territory effects.

rend nur einer Woche (16. KW), während sie in den Sektionen B und C drei Wochen überspannte und vor allem in Sektion C ab der 20. Kalenderwoche erneut kulminierte.

In den 10-m-Abteilungen begann die Eiablage tendenziell früher und es dauerte nur drei Kalenderwochen, bis so gut wie alle brutwilligen Paare ihr erstes Ei abgelegt hatten, während die Eiablagedaten in den 50-m-Abteilungen deutlich stärker streuten (Abb. 7). Auch diese Zeitverschiebung ist im Chi<sup>2</sup>-Test nicht signifikant ( $\chi^2 = 2,7688$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,09612$ ). Sie deutet aber darauf hin, dass dichte Höhlenkonzentrationen für frühe Revierbesetzer besonders attraktiv sind, während späte Besetzer der zunehmenden Konkurrenz aus dem Weg zu gehen versuchen und eher weit auseinander hängende Kastenlinien bevorzugen. Macht man für die 2,5-fach höheren Besetzungsquoten in den 50-m-Abteilungen ausschließlich diesen Konkurrenzfaktor verantwortlich und normiert die Werte zu den 10-m-Abteilungen entsprechend, dann läge die Besatzquote in den 10-m-Abteilungen in der 14. Kalenderwoche um das Fünffache und in der 15. Kalenderwoche um das 1,5-fache über der Quote der 50-m-Abteilungen (Abb. 7).

**Gelegegrößen und Waldrandnähe.** Die Gelegegrößen lagen bei der Kohlmeise bei 6,8 (5 – 11),

bei der Blaumeise bei 9,3 (7 – 13) Eiern. Am Waldrand streuten die Eizahlen mit bis zu 13 Eiern stark, während sie sich zur Waldmitte hin zunehmend auf sechs bis acht Eier zentrierten (Abb. 8). Ein Trauerschnäppergelege (6 Eier; Sektion A) ging verloren, während Tannenmeise (Sektion C; 9 Eier, 8 flügge Jungvögel) und Kleiber (Sektion B; 5 flügge Jungvögel) erfolgreich reproduzierten.

Auf die Gesamtzahl der Kästen umgerechnet, ergibt sich eine Durchschnittszahl von 4,35 Eiern je Kasten für Sektion A bzw. 3,40 für Sektion B und 3,15 für Sektion C. Dieser Anstieg zum Waldrand hin ist signifikant (GLM,  $p < 0,001$ ). Dass die Gelegegröße ein gutes Kriterium für die Revierqualität (Habitatqualität, Konkurrenzverhältnisse) darstellt, zeigt auch ein Vergleich der Gelegegrößen in den Abteilungen. Die mittlere Eizahl je Kasten ist in den 50-m-Abteilungen mit 5,10 deutlich und signifikant (GLM,  $p < 0,001$ ) höher als der mittlere Wert von 2,17 in den 10-m-Abteilungen, ein deutliches Zeichen für zunehmenden Stress durch Konkurrenz (kleinere Reviere und damit höherer Aufwand bei der Revierverteidigung etc.). Vergleicht man nur die besetzten Kästen, dann liegen die mittleren Eizahlen bei 7,14 (50-m-Abteilungen) bzw. 8,13 (10-m-Abteilungen). In Sektion A ist dabei das Verhältnis mit 7,71 zu 9,25 Eiern pro besetzten Kasten stark zugunsten der 10-m-Abteilungen verschoben, während in Sektion B (7,57 zu 7,50) und C (7,14

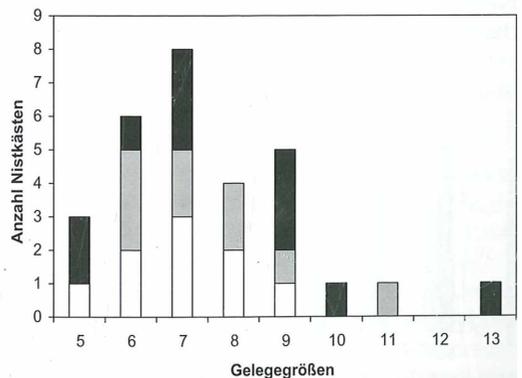
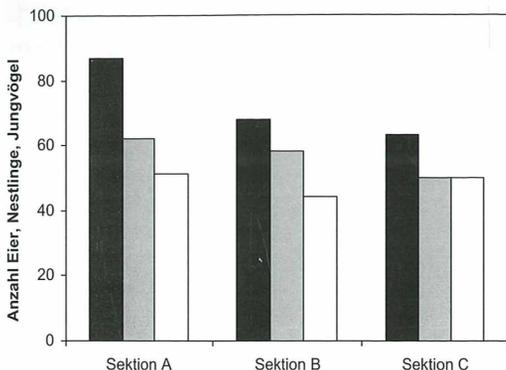
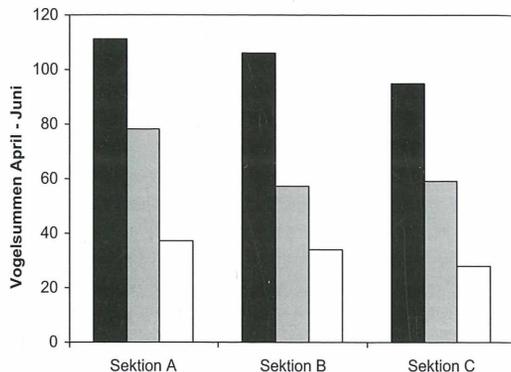


Abb. 8. Verteilung der Gelegegrößen in den 3 Sektionen A (Waldrand, schwarz), B (Übergang, grau) und C (Zentrum, weiß). – Clutch size distribution at the forest margin (A, filled), in the transition area (B, light) and in the centre of the forest (C, open).



**Abb. 9.** Bruterfolg (schwarz: Eizahlen, grau: Nestlinge, weiß: ausgeflogene Jungvögel) in den Sektionen A (Waldrand), B (Übergang) und C (Zentrum). – *Breeding success (filled: number of eggs, light: nestlings, open: fledglings) at the forest margin (A), in the transition area (B) and in the centre of the forest (C).*



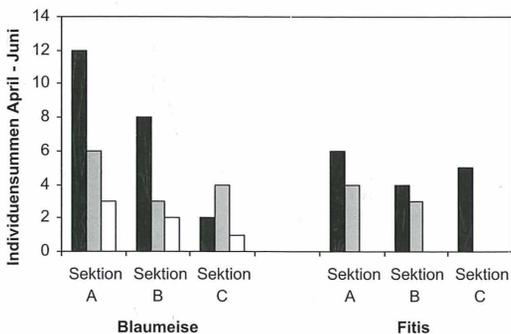
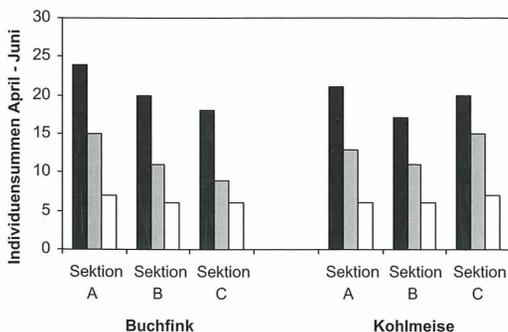
**Abb. 10.** Vogelsummen (April, schwarz; Mai, grau; Juni, weiß) aus Linientaxierungen am Waldrand (Sektion A), im Übergangsbereich (Sektion B) und im Waldzentrum (Sektion C). – *Cumulative bird counts (April, filled; May, light; June, open) along transects at the forest margin (A), in the transition area (B) and in the centre of the forest (C).*

zu 6,50) kaum Unterschiede auftreten. Ein Erklärungsmodell hierfür könnte sein, dass für die Vögel hohe Höhlenkonzentrationen besonders attraktiv sind, sich dort aber nur die fittesten Exemplare gegen starke Konkurrenz durchsetzen können. Solche starken und erfahrenen Vögel garantieren in der Regel einen hohen Bruterfolg.

**Bruterfolg.** Mit 29 % waren die Eiverluste am Waldrand (Sektion A) erheblich höher als in Sektion B (15 %) oder Sektion C (21 %). Noch deutlicher wird der Waldrandeinfluss bei den Nestlingsverlusten. Im Waldzentrum wurden dagegen alle geschlüpften Jungvögel erfolg-

reich aufgezogen, während deren Mortalität in Sektion A bei 18 % und in Sektion B bei 24 % lag (Abb. 9).

Hohe Nistkastendichten führen allerdings nicht zu höheren Verlustquoten. Bei den Eiverlusten waren die Werte mit 21,5 % in den 10-m-Abteilungen und 20,7 % in den 50-m-Abteilungen vergleichbar, während bei den Nestlingen mit Ausfallquoten von nur 7,9 % in den 10-m-Abteilungen die Mortalität erheblich geringer war als in den 50-m-Abteilungen (17,7 %). Für Sektion A ist dieses Ergebnis signifikant (GLM,  $p = 0.0281$ ). Wie bei den Gelegegrößen dürfte auch hier der Grund in der Fitness der Einzelvögel zu suchen sein.



**Abb. 11.** Antreffhäufigkeit von Buchfink, Kohlmeise, Blaumeise und Fitis im April (schwarz), Mai (grau) und Juni (weiß) am Waldrand (Sektion A), im Übergangsbereich (Sektion B) und im Waldzentrum (Sektion C). – *Cumulative counts of Chaffinch, Great Tit, Blue Tit, and Willow Warbler at the forest margin (A), in the transition area (B) and in the centre of the forest (C) in April (filled), May (light) and June (open).*

**Linientaxierung der Vogelzönosen.** Auch die Ergebnisse der Linientaxierung weisen bei allen Zählungen (April – Juni) auf zum Waldrand hin steigende Vogeldichten hin (Abb. 10). Im Mittel sanken die Dichten in Sektion B auf 87 % und in Sektion C auf 80 % der am Waldrand erreichten Werte. Auffällig war dies v. a. beim Buchfink, während die Kohlmeise allenfalls im April den Waldrand bevorzugte und bis Juni immer höhere Anteile in Sektion C verlagerte. Auch bei der Blaumeise verringerte sich im Verlauf der Brutsaison die enge Bindung an den Waldrand etwas (Abb. 11). Fitis und Grünling zogen sich dagegen mit zunehmender Jahreszeit in waldrandnahe Bereiche zurück. Keinen Reaktionsmustern zugeordnet werden konnten Kleiber, Amsel, Rotkehlchen, Zilpzalp, Mönchsgrasmücke und Zaunkönig.

## Diskussion

**Fehlerdiskussion.** Durch die bodennahe Anbringung der Nistkästen und das relativ große Einflugloch wurde die Kohlmeise vermutlich stark bevorzugt (vgl. Löhrl 1984).

Bei der Nestlingsmortalität wurden nur solche Jungvögel berücksichtigt, die tot im Nest zurückblieben oder, bei Totalverlusten, aufgrund ihres Alters noch nicht ausgeflogen sein konnten. Aktiv von den Eltern aus dem Nest entfernte Leichen (vgl. Henze 1935) konnten nicht erfasst werden. Des Weiteren ist nicht auszuschließen, dass bei einigen Nistkästen nicht von der Waldrandnähe abhängige Lagebeziehungen das Ergebnis beeinträchtigt haben. So mussten zu Erhaltung gleicher Nistkastenabstände v. a. in den 10-m-Abteilungen 4 Kästen relativ nahe an Rückegassen aufgehängt werden. In einem davon kam es zu einem Totalverlust (Blaumeise), eventuell eine Folge des an Waldinnenrändern steigenden Prädations- und Konkurrenzdrucks.

Die in Sektion A beiderseits Abteilung c ausgesparten, naturnäheren Bestandesteile (vgl. Abb. 1) hatten dagegen keinen Einfluss auf das Brutgeschehen in den angrenzenden Abteilungen. Gelegegröße, geschlüpfte Jungvögel oder Ausflugsrate zwischen den direkt vergleichbaren Abteilungen Aa und Ac unterschieden sich kaum. Ähnliches gilt unter Berücksichtigung der 50-m-Kastenabstände auch für Vergleiche mit Ab und Ad.

**Artenspektrum und Waldrandbezug.** Aufgrund der Lage der Versuchsflächen in einem fast reinen Fichtenforst war eine vergleichsweise geringe Artenvielfalt zu erwarten (Steverding & Leuschner 2002). Nach Moning et al. (2007) sind in solchen Beständen am ehesten Kohlmeise *Parus major*, Blaumeise *Cyanistes caeruleus* und Kleiber *Sitta europaea* anzutreffen, bei starker Dominanz der Kohlmeise (Kiziroglu 1984, Löhrl 1973). Die Ergebnisse im Ebersberger Forst bestätigen dies.

Die waldrandnahen Kästen der Sektion A wurden von der Blaumeise bevorzugt angenommen, einer Art, die dunkle, geschlossene Nadelwälder meidet (Löhrl 1976, Perrins 1979) und in Sektion C komplett fehlte. Die Kohlmeise war dagegen in allen 3 Sektionen relativ gleichmäßig vertreten. Die Ergebnisse der Linientaxierung bestätigen für diese beiden Meisenarten Dominanzverhältnisse und Sektionsbezug. Insgesamt deuten die Ergebnisse an, dass sowohl die Artenvielfalt als auch die Belegung der Kästen am Waldrand höher ist als im Inneren. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen bereits Paquet et al. (2006).

**Brutphänologie und Witterungsverlauf.** Der Witterungsverlauf hat die Brutphänologie kaum beeinflusst, worauf u. a. die Eiablagen während des einzigen Schlechtwettereinbruchs in der 22. Kalenderwoche hinweisen. Auffällig ist allerdings, dass der Besatz um ca. zwei Wochen früher stattfand als von Kiziroglu (1984) für den Ebersberger Forst beschrieben. Leider ist aus dieser Arbeit nicht abzulesen, ob die Untersuchungsflächen v. a. im Inneren großer Waldkomplexe lagen, oder ob es sich nur um eine Folge des Klimawandels handelt (vgl. z. B. Hüppop & Hüppop 2005).

**Gelegegrößen und Bruterfolg.** Die vorgefundene Verteilung der Gelegegrößen entspricht der in vergleichbaren Arbeiten (Kiziroglu 1984). Auffällig sind die starken Blaumeisengelege in Waldrandnähe. Vor allem bei dieser Art ist bekannt, dass die Gelegegröße mit der Habitatqualität steigt (Baldi & Csörgö 1993, Lambrechts & Caro 2004). Eventuell führen Waldrandsituationen aufgrund höherer Nischendiversität, Lichtschacht- und Refugialeffekten zu einer größeren Zahl an Beutetieren und damit günstigen Nahrungsbedingungen.

Allerdings sind auch die Verlustquoten in Waldrandnähe höher, laut Literatur meist sowohl die Folge einer intensiveren Prädation als auch – infolge höherer Vogeldichten – stärkerer Konkurrenz (Chalfoun et al. 2002, Brand & George 2000, Deng & Gao 2005). In Sektion B (Distanz zum Waldrand 100 – 150 m) überlagern sich eventuell noch starke Prädation mit bereits deutlich gesunkener Lebensraumqualität und führen so zu besonders großen Verlusten.

**Bruthöhlendichte.** Bei hohen Kastendichten spricht vieles dafür, dass sie vor allem sehr konkurrenzstarke Vögel anlocken, die dann einen Kasten besetzen und dafür sorgen, dass alle Nachbarkästen leer bleiben (inner- plus zwischenartliche Konkurrenz). Der Besatz der 50 m auseinander hängenden Kästen war deshalb um das 2,5-fache höher als der in nur 10 m voneinander entfernten Kastengruppen, in der waldrandfernen Sektion sogar um das 3,5-fache. Nur am Waldrand wurden vermehrt auch dicht hängende Kästen besetzt. Dass es sich dabei überwiegend um Konkurrenzeffekte handelt und nicht um höhere Habitatqualitäten in den 50-m-Abteilungen zeigen vor allem die Verhältnisse am Waldrand. Hier stehen durchschnittlich 9,3 Eier in 4 dicht hängenden Kästen 7,7 Eiern in 7 weit hängenden Kästen gegenüber, während in den Sektionen B und C die durchschnittlichen Gelegegrößen in den 50-m-Abteilungen tendenziell höher sind.

**Abhängigkeit des Bruterfolgs von der Waldrandnähe.** Vogelweibchen mit hoher Fitness sind bei reichhaltigem Nahrungsangebot in der Lage, große Eizahlen zu produzieren, wohingegen Weibchen mit schwächerer körperlicher Verfassung bzw. unter hohem Konkurrenzdruck nur wenige Eier legen (Baldi & Csörgö 1993). Wenn dies gilt, dann bevorzugen im Ebersberger Forst zumindest bei Kohl- und Blaumeise die fittesten Vögel die meist stark umkämpften Reviere an Waldrändern, besonders bei hoher Höhlendichte. In tiefer im Wald liegenden Bereichen scheint zumindest bei niedrigem Konkurrenzdruck (50-m-Abteilungen) die Fitness gleichmäßig verteilt zu sein (meist Gelegestärken von 5 bis 9 Eiern). Leistungsstark sind in der Regel auch alle Vögel, die in der Lage sind, Reviere sehr früh zu besetzen, meist solche mit den regional und lokal besten Habitatqualitäten. Auch von diesen Vögeln

werden im Ebersberger Forst Waldrandsituationen stark bevorzugt, was sich positiv auf Legebeginn und Ausflugstermin auswirkt.

Andererseits sind die Prädationsraten an Waldrändern deutlich höher als im Waldinneren, was vor allem unerfahrenen Brutpaaren hohe Verluste einbringt, während Leistungsträger wie im Ebersberger Forst ihre Brut mit überdurchschnittlich gutem Erfolg abschließen. Dass die hohen Brutvogeldichten an Waldrändern starke Verluste durch Prädation nach sich ziehen, vor allem bei zunehmender Fragmentierung von Waldlandschaften, belegen zahlreiche experimentelle Untersuchungen vor allem mit Kunstgelegen, aber auch bei Bruten im Nestlingsstadium (Brand & George 2000, Chalfoun et al. 2002, Donovan et al. 1997, Ford et al. 2001, Major et al. 1999, Piper & Catterall 2004, Sandström 1991). Letztendlich tragen aber Brutvögel, die Waldränder bevorzugen, nicht mehr zu Erhaltung einer Population bei als den Waldrand meidende Vogelindividuen, die häufig älter und erfolgreicher sind als ihre „Lotto spielenden“ Artgenossen am nahrungsreichen Waldrand (Harris & Reed 2002, With & King 2001). Auch im Ebersberger Forst unterscheiden sich die reproduktiven Nettobeiträge (ausgeflogene Jungvögel) von Sektion A und Sektion C nicht.

Besonders intensiv betroffen ist der äußerste Waldrand auf rund 15 – 30 m Breite, wobei dichte Waldrandvegetation die Prädationsraten verringert. Negative Effekte sind aber, exponentiell abnehmend, noch bis 200 m ins Waldinnere spürbar (Andrén & Angelstam 1988, Brand & George 2000, Hatchwell et al. 1996, Keyser 2002). Am äußersten Waldrand suchen v. a. Vogelprädatoren (häufig Rabenvögel) Baum- und Strauchnester heim, in zentraleren Bereichen Kleinsäuger Bodennester (Andrén 1992, De Graaf et al. 1999, Ibarzabal & Desrochers 2004, Kurzmann & Winkler 1994, Marini 1995). Bei Höhlennutzern (nicht bei Höhlenbauern) gehen zudem am Waldrand vermehrt Bruten durch die dort zahlreicheren Konkurrenten verloren (Deng & Gao 2005).

Die produktiven Vorteile waldrandnaher Lebensräume werden durch geringere Prädation (Altvögel mit Totalverlust, Eier, Nestlinge) im Waldinneren ausgeglichen. Da Waldränder auch dichter und früher besiedelt werden als das Waldinnere, müssen deren qualitativ hochwertigeren Habitatstrukturen für die Attrak-

tivität eines Vogelreviers entscheidender oder leichter erkennbar sein als Feindvermeidung.

**Abhängigkeit von Waldrandnähe und Kastendichte (GLM).** Die Einbeziehung von Höhlendichten (hier Kastendichten) in Abhängigkeitsmodelle ist nur für Wertebereiche sinnvoll, die von Vögeln nutzbar sind. Kastenabstände von 10 m bewirken ein nicht mehr nutzbares Überangebot, mit dem Einzelkasten bezogen die Konkurrenz zwischen Brutvogelpaaren verschärft wurde, um die Effekte der Waldrandnähe bei unterschiedlich hohen Konkurrenzlevels vergleichen zu können.

Wie erwartet ergab das GLM daher nur, dass unter Einbeziehung auch der nicht belegten Kästen die durchschnittlichen Gelegegrößen bei großen Kastenabständen höher sind.

Bezüglich der Mortalitätsraten wird vor allem die kombinierte Ei- und Nestlingsmortalität und damit die Ausflugsrate fast ausschließlich von der Nähe zum Waldrand bestimmt (nachhaltige Abnahme zum Waldinneren hin; vgl. Tab. 1). Lediglich bei der Eimortalität scheint auch die Kastendichte in Verbindung mit der Waldrandnähe (Sektion) Einfluss zu besitzen. Das Material hierzu ist aber so gering, dass dieses Ergebnis nur auf einen Trend hinweist.

**Lebensraumqualität von Waldrändern.** In optimalen Waldlebensräumen wie reifen Laubwäldern erreichen v. a. Kohlmeisen, Blaumeisen und Kleiber als die diesbezüglich am besten untersuchten Arten höhere Dichten als in Misch- und Nadelwäldern, Hecken oder Gärten. Auch starten sie früher in die Brutsaison und weisen größere Gelege, schwerere Nestlinge sowie höhere Ausflugsquoten auf (Burkhardt et al. 1998, Riddington & Gosler 1995). Gleiches passiert bei künstlicher Zufütterung vor allem in suboptimalen Habitaten, bei starkem Überangebot unter Verzicht auf Revierverteidigung (Kraft 1988, 1995, Nilsson & Svensson 1993, Svensson & Nilsson 1995). Verursacht wird dies durch unterschiedliches Nahrungsangebot mit Schmetterlingsraupen als Schlüsselgruppe, das in suboptimalen Habitaten besonders gegen Ende der Nestlingszeit limitierend wirkt und sogar zur Reduzierung der Eigrößen in Nachgelegen führen kann (Mänd et al. 2007, Stauss & Glück 1995, Svensson & Nilsson 1995). Es ist zu erwarten, dass für die an Waldrändern gegen-

über dem Waldinneren höheren Brutvogeldichten ähnliche Ursachen greifen. Sehr viel größere Invertebratendichten und -spektren zumindest bei Käfern, Wanzen und Hautflüglern belegen für den unmittelbaren Waldrand sowie für die angrenzenden Offenlandstrukturen Müller et al. (2007), wobei dies sowohl im bodennahen als auch im Kronenbereich, an Außenwaldrändern und in Waldlichtungen gilt. In zentralen Waldflächen oder im unmittelbaren Nestbereich entscheiden dagegen eher lebensraumtypische Habitatstrukturen über die Vogeldichten, besonders bei auf Waldrandsituationen reagierenden Arten (Burkhardt et al. 1998, Watson et al. 2004).

Diese an Waldrändern, in Waldvorsprüngen, in kleinen Waldinseln oder linearen Waldstrukturen höheren Vogeldichten behandeln Kontinent übergreifend eine Vielzahl von Arbeiten (z. B. Bollinger & Switzer 2002, Grunwald 1997, Harwood & MacNally 2005, Lentner 1997, Paquet et al. 2006, Tubelis et al. 2004, Watson et al. 2004). Untersucht wurden meist Außenwaldränder mit durch die Randlage induzierten Gradienten der Vogeldichten auf bis zu 140 m Tiefe (Brand & George 2001, Dunford & Free-mark 2005). In eher grob strukturierten Waldlandschaften werden vergleichbare Effekte aber auch für Innenwaldränder beschrieben, wobei hier dem Altersklassenwechsel eine gewisse Bedeutung zukommt (Hawrot & Niemi 1996, Muller 1999). Auch außerhalb der Brutzeit zeichnen sich Waldränder durch größere Vogeltrupps mit längeren Aufenthalten aus, in Spanien u. a. als Folge eines höheren Zapfenangebots (Brotons & Herrando 2003, Rodewald & Brittingham 2002). Hinweise auf in großen Waldflächen abnehmende Vogeldichten auch für typische Arten des Waldinneren (Lee et al. 2002) werden allerdings von Chan & Ranganathan (2005) infrage gestellt.

**Waldrandvögel.** In Deutschland gibt es eigentlich außer der Heidelerche *Lullula arborea* keine „typischen“ Waldrandarten (Jedicke 1995, Schäfer & Vogel 2000). Allerdings erreichen besonders Arten mit Nestanlage in Gehölzen und bevorzugtem Nahrungsraum in offenen Lebensräumen an Waldrändern ihre höchsten Brutdichten (Berg 1997, Erlinger 1982, Peach et al. 2004). Auch in unter Waldrandgesichtspunkten publizierten kleinräumigen Revierkartierungen ist eine deutliche Bevorzugung von

waldrandnahen Bereichen erkennbar, besonders in eher suboptimalen Lebensräumen (Bonkwald 1984, Burkhardt et al. 1998, Erlinger 1982, Jedicke 1995). Dabei können vor allem „weiche“ Übergänge und Pufferstreifen (z. B. Strauch-, Kraut-, Brachen-, Röhrichsäume etc.) die Vogelzönosen verschiedener Lebensräume verbinden und so zu höherem Artenreichtum und höheren Gesamtdichten bei oft intermediären Dichten der Einzelarten führen (Elle 2003, Weißgerber 2000, Paquet et al. 2006).

### Zusammenfassung

Von April bis Juni 2007 wurden in Fichtenbeständen des 30 km östlich von München gelegenen Ebersberger Forstes in verschiedenen Entfernungen zum Waldrand (20 m, 100 – 150 m, 700 – 1200 m) unterschiedlich verdichtet (Kastenabstände 10 m bzw. 50 m) 60 Nistkästen exponiert und auf Besatz und Bruterfolg kontrolliert. Ergänzt wurde dies durch Linientaxierung entlang der Kastenlinien. Die Kästen wurden von 5 Vogelarten (Kohlmeise, Blaumeise, Tannenmeise, Kleiber, Trauerschnäpper) angenommen, wobei die dominierende Kohlmeise in ihrer Verteilung nicht auf den Waldrandgradienten reagierte. Die Blaumeise war dagegen am Waldrand am häufigsten und fehlte in zentralen Waldflächen. Die übrigen 3 Arten waren nur in einem Brutpaar vertreten.

Vergleiche von dicht und weit hängenden Kastengruppen zeigen, dass die dicht hängenden vor allem von besonders leistungsstarken, dominanten Vögeln besetzt wurden, und dies am unmittelbaren Waldrand doppelt so oft wie in den zentraleren Kastenlinien. In den waldrandnahen Kästen waren auch Belegungsquote sowie Gelege- und Nestlingszahlen am höchsten und sie wurden früher besetzt als die im Waldzentrum liegenden. Ähnliches ergab die Linientaxierung. So wurden in allen Monaten der Brutsaison die höchsten Vogeldichten am Waldrand erreicht, besonders auffällig bei Buchfink, Blaumeise, Fitis und Grünling. Dies lässt auf eine größere Attraktivität des Waldrandes im Vergleich zum Waldinneren schließen. Aus der Literatur ist abzuleiten, dass hierfür höhere Habitatqualitäten verantwortlich sind.

Andererseits sind auch die Mortalitätsraten am Waldrand höher, eine Folge der dort höhe-

ren Prädation und Konkurrenz. In den zentral liegenden Nistkästen wurden dagegen alle Nestlinge flügge. Von ihren reproduktiven Beiträgen zu den Populationen unterscheiden sich daher Waldrand und Waldinneres nicht.

**Dank.** Zu Dank verpflichtet sind wir Dr. Heinz Utschig und dem Forstbetrieb Wasserburg der Bayerischen Staatsforsten für die Erlaubnis, ihre Waldflächen für diese Untersuchung nutzen zu dürfen, sowie für die unbürokratische und großzügige Unterstützung mit Karten- und Bildmaterial. Die Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft stellte dankenswerterweise lokale Klimadaten zur Verfügung.

### Literatur

- Andrén, H. & P. Angelstam (1988): Elevated predation rates as an edge effect in habitat islands: experimental evidence. *Ecol.* 69: 544-547.
- Andrén, H. (1992): Corvid density and nest predation in relation to forest fragmentation: a landscape perspective. *Ecol.* 73: 794-804.
- Baldi, A. & T. Csörgö (1993): Effect of habitat on the clutch size and egg dimensions of the Great Tit (*Parus major*). *Aquila* 100: 201-209.
- Batary, P. & A. Baldi (2004): Evidence of an edge effect on avian nest success. *Conserv. Biol.* 18: 389-400.
- Bergstedt, J. (1992): Handbuch angewandter Biotopschutz. Ecomed, Landsberg.
- Bollinger, E.K. & P.V. Switzer (2002): Modeling the impact of edge avoidance on avian nest densities in habitat fragments. *Ecol. Appl.* 12: 1567-1575.
- Brand, L.A. & T.L. George (2000): Predation risks for nesting birds in fragmented coast Redwood forest. *J. Wildl. Manage.* 64: 42-51.
- Brand, L.A. & T.L. George (2001): Response of passerine birds to forest edge in Coast redwood forest fragments. *Auk* 118: 678-686.
- Brotons, L. & S. Herrando (2003): Effect of increased food abundance near forest edges on flocking patterns of Coal Tit *Parus ater* winter groups in mountain coniferous forests: Individuals concentrated near forest edges in bigger social groups than in forest interiors and foraged more on pine cones which were more abundant there. *Bird Study* 50: 106-111.

- Burkhardt, J.F., W. Schlund & M. Stauss (1998): Einfluß des räumlichen Maßstabs auf die Habitatwahl von Kleibern (*Sitta europaea*) zur Brutzeit in zwei unterschiedlichen Waldgebieten. *J. Ornithol.* 139:37-48.
- Chalfoun, A. D., M. J. Ratnaswamy & F. R. Thompson III (2002): Songbird nest predators in forest-pasture edge and forest interior in a fragmented landscape. *Ecol. Appl.* 12: 858-867.
- Chan, K.M.A. & J. Ranganathan (2005): Testing the importance of patch scale on forest birds. *Oikos* 111: 606-610.
- Crawley, M.J. (2007): *The R Book*. 2. Aufl., John Wiley, New York, 736 Seiten.
- DeGraaf, R.M., T.J. Maier & T.K. Fuller (1999): Predation of small eggs in artificial nests: effects of nest position, edge, and potential predator abundance in extensive forest. *Wilson Bull.* 111: 236-242.
- Deng, W.-H. & W. Gao (2005): Edge effects on nesting success of cavity-nesting birds in fragmented forests. *Biol. Conserv.* 126: 363-370.
- Donovan, T.M., P.W. Jones, E.M. Annand & F.R. Thompson III (1997): Variation in local-scale edge effects: mechanisms and landscape context. *Ecol.* 78: 2064-2075.
- Dunford, W. & K. Freemark (2005): Matrix matters: Effects of surrounding land uses on forest birds near Ottawa, Canada. *Landscape Ecol.* 20: 497-511.
- Ford, T.B., D.E. Winslow, D.R. Whitehead & M.A. Koukol (2001): Reproductive success of forest-dependent songbirds near an agricultural corridor in South-central Indiana. *Auk* 118: 864-873.
- Gaedecke, N. & W. Winkel (2005): Bevorzugen Meisen *Parus* spp. und andere in Höhlen brütende Kleinvögel bei der Wahl ihres Brutplatzes die vom Wetter abgewandte Seite? *Vogelwarte* 43: 15-18.
- Geofachdatenatlas Bayern, [www.bis.bayern.de](http://www.bis.bayern.de)
- Grunwald, T. (1997): Untersuchungen zum Einfluss von Waldrandstrukturen auf die Avifauna. *Vogel und Umwelt* 9: 119-138.
- Harris, R.J. & J.M. Reed (2002): Effects of forest-clearcut edges on a forest-breeding songbird. *Can. J. Zool.* 80: 1026-1037.
- Harwood, W. & R. MacNally (2005): Geometry of large woodland remnants and its influence on avifaunal distributions. *Landscape Ecol.* 20: 401-406.
- Hatchwell, B.J., D.E. Chamberlain & C.M. Perrins (1996): The reproductive success of Blackbirds (*Turdus merula*) in relation to habitat structure and choice of nest site. *Ibis* 138: 256-262.
- Hawrot, R.Y. & G.J. Niemi (1996): Effects of edge type and patch shape on avian communities in a mixed conifer-hardwood forest. *Auk* 113: 586-598.
- Henze, O. (1935): *Vogelschutz gegen Insekten-schäden in der Forstwirtschaft*. F. Bruckmann, München.
- Henze, O. (1949): *Kontrollbuch für Vogelnist-kästen in der Forstwirtschaft*. Selbstverlag der staatlichen Vogelschutzwarte Garmisch-Partenkirchen.
- Hüppop, K. & O. Hüppop (2005): *Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Teil 3: Veränderungen von Heim- und Wegzugzeiten von 1960 bis 2001*. *Vogelwarte* 43: 217-248.
- Ibarzabal, J. & A. Desrochers (2004): A nest predator's view of a managed forest: Gray jay (*Perisoreus canadensis*) movement patterns in response to forest edges. *Auk* 121: 162-169.
- Kanold, A., N. Rohrmann & J. Müller (2008): Einflussfaktoren auf das Baumhöhlenangebot und dessen Auswirkungen auf die Arten und Dichten von Höhlenbrütern in Bergwäldern. *Ornithol. Anz.* 47: 116-129.
- Keyser, A.J. (2002): Nest predation in fragmented forests: landscape matrix by distance from edge interactions. *Wilson Bull.* 114: 186-191.
- Kiziroglu, I. (1984): Untersuchungen über die Brutbiologie der höhlenbrütenden Vogelarten im Ebersberger Forst. *Anz. ornithol. Ges. Bayern* 23: 205-214.
- Kraft, M. (1988): Untersuchungen zur Siedlungsdichte und Territorialbiologie freilebender Vögel bei zusätzlich verabreichtem Futter. *Verh. ornithol. Ges. Bayern* 24:555-590
- Kraft, M. (1995): Untersuchungen zu Brutbiologie und Populationsdynamik höhlenbrütender Vögel bei ganzjährig verabreichter Zusatznahrung. *Ornithol. Verh.* 25:193-210.
- Kurzmann, C. & H. Winkler (1994): Predation pressure on nests in woodland ecotone: effects of edge distance. *J. Ornithol.* 135, Sonderheft:198.
- Lambrechts, M.M. & S. Caro (2004): Habitat quality as a predictor of spatial variation in

- blue tit reproductive performance: a multi-plot analysis in a heterogeneous landscape. *Oecologia* 144(4): 555- 561.
- Lee, M., L. Fahrig, K. Freemark & D.J. Currie (2002): Importance of patch scale vs landscape scale on selected forest birds. *Oikos* 96: 110-118.
- Lentner, R. (1997): Die Vogelwelt des Kulturlandschaft des Krappfeldes in Kärnten: Brutzeitliche Habitatpräferenzen, Strukturbeziehungen und Managementvorschläge. *Egretta* 40: 85-128.
- Löhrl, H. (1973): Nisthöhlen, Kunstnester und ihre Bewohner. DBV-Verlag Stuttgart.
- Löhrl, H. (1976): Die Sumpfmehle als Brutvogel des Fichtenwaldes im Vergleich zu Tannen-, Blau- und Kohlmeise. *Vogelwelt* 97: 217- 223.
- Löhrl, H. (1984): Vögel in ihrer Welt. Franckh Verlag, Stuttgart.
- Major, R.E., F.J. Christie, G. Gowing & T.J. Ivison (1999): Elevated rates of predation on artificial nest in linear strips of habitat. *J. Field Ornithol.* 70: 351-364.
- Mänd, R., V. Tilgar, P. Kilgas & M. Mägi (2007): Manipulation of laying effort reveals habitat-specific variation in egg protection constraints in Great Tits (*Parus major*). *J. Ornithol.* 148: 91-97.
- Marini, M.A. (1995): Edge effects on nest predation in the Shawnee National Forest, Southern Illinois. *Biol. Conserv.* 74: 203-213.
- Moning, C., M. Lauterbach & C. Franz (2007): Vogelmonitoring im bayerischen Staatswald 1999-2004. *LWF Wissen* 56, 133 S..
- Müller, J., H. Bußler, M. Goßner, A. Gruppe, A. Jarzabek-Müller, M. Preis & T. Rettelbach (2007): Forest edges in the mixed-montane zone of the Bavarian Forest National Park – hot spots of biodiversity. *Silva Gabretta* 13: 121-148.
- Muller, Y. (1999): Recherches sur l'écologie des oiseaux forestiers de Vosges du nord VII: étude de l'effet de lisière. *Ciconia* 23(2): 51-75.
- Nilsson, J.-A. & E. Svensson (1993): Energy constraints and ultimate decisions during egg-laying in the Blue tit. *Ecol.* 74: 244-251.
- Oberleitner, S. (2003): Bruterfolg von Vögeln in Nistkästen in zwei Gebieten im Forstamtsbereich Freising. Diplomarbeit an der TU München, 91 S.
- Paquet, J.-Y., X. Vandevyvre, L. Delahaye & J. Rondeux (2006): Bird assemblages in a mixed woodland-farmland landscape: The conservation value of silviculture-dependent open areas in plantation forest. *For.Ecol.Mgmt.* 227: 59-70.
- Perrins, C.M. (1979): *British Tits*. Collins, London.
- Piper, S.D. & C.P. Catterall (2004): Effects of edge type and nest height on predation of artificial nests within subtropical Australian eucalypt forests. *For.Ecol.Mgmt.* 203: 361-372.
- R Cran-Software: <http://cran.r-project.org/>
- Riddington, R. & A.G. Gosler (1995): Differences in reproductive success and parental qualities between habitats in the Great tit (*Parus major*). *Ibis* 137: 371-378.
- Rodewald, P.G. & M.C. Brittingham (2002): Habitat use and behavior of mixed species landbird flocks during fall migration. *Wilson Bull.* 114: 87-98.
- Sandström, U. (1991): Enhanced predation rates on cavity bird nests at deciduous forest edges – an experimental study. *Ornis Fenn.* 68: 93-98.
- Stauss, M.J. & E. Glück (1995): Einfluß unterschiedlicher Habitatqualität auf Brutphänologie und Reproduktionserfolg bei Blau-meisen (*Parus caeruleus*). *Vogelwarte* 38: 10-23.
- Steverding, M. & C. Leuschner (2002): Auswirkungen des Fichtenanbaus auf die Brutvogelgemeinschaften einer submontan-montanen Waldlandschaft (Kaufunger Wald, Nordhessen). *Forstwiss. Cbl* 121: 83–96.
- Svensson, E. & J.A. Nilsson (1995): Food supply, territory quality and reproductive timing in the Blue tit (*Parus caeruleus*). *Ecol.* 76: 1804-1812.
- Tubelis, D.P., A. Cowling & C. Donnelly (2004): Landscape supplementation in adjacent savannas and its implications for the design of corridors for forest birds in the central Cerrado, Brazil. *Biol. Conserv.* 118: 353-364.
- Vergara, P.M. & J.A. Simonetti (2003): Forest fragmentation and rhinocryptid nest predation in central Chile. *Acta Oecologica* 24: 285-288.
- Utschick, H. (1991): Beziehungen zwischen Totholzreichtum und Vogelwelt in Wirtschaftswäldern. *Forstwiss. Cbl.* 110: 135-148.
- Watson, J.E.M., R.J. Whittaker & T.P. Dawson (2004): Habitat structure and proximity to forest edge affect the abundance and distri-

bution of forest-depending birds in tropical coastal forests of southeastern Madagascar. Biol. Conserv. 120: 311-327.

With, K.A. & A.W. King (2001): Analysis of landscape sources and sinks: the effect of spatial pattern on avian demography. Biol. Conserv. 100: 75-88.

Eingereicht am 28. Oktober 2008

Revidierte Fassung eingereicht am 29. April 2009

Angenommen am 10. Mai 2009



**Martin Weber**, Jg. 1984, B.Sc. „Forstwissenschaften und Ressourcenmanagement“ 2008 an der TU München; derzeit M.Sc.-Studium „Wildtierökologie und Wildtiermanagement“ an der Univ. für Bodenkultur in Wien; ornithologische Schwerpunkte: Fotografie, Konfliktbereich Mensch-Wildtier.



**Dr. Hans Utschick**, Jg. 1949, Diplombiologe; seit 1980 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der LMU München, ab 1999 an der TU München (Forstwissenschaften); ornithologische Schwerpunkte: Graureiher, Innstauseen, Einsatz von Vogeldaten in Landschaftsplanung und Naturschutz.



**Dr. Werner Heitland**, Jg. 1956, Biologe; seit 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der LMU München, ab 1999 an der TU München; Schwerpunkte: Phytophage und ihre natürlichen Gegenspieler, invasive Arten.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Ornithologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [48\\_2](#)

Autor(en)/Author(s): Weber Martin, Utschick Hans, Heitland Werner

Artikel/Article: [Einfluss eines Fichtenwaldrands auf den Bruterfolg von höhlenbrütenden Kleinvögeln 111-125](#)