

Einfluss des Insektizids Dimilin (Diflubenzuron) auf die Avifauna eines Eichen-Hainbuchen-Waldes in Unterfranken

Fiona Schönfeld



Influence of the insecticide Dimilin (Diflubenzuron) on the bird community in an oak-hornbeam forest in Lower Franconia

The objective of this study was the evaluation of the effects of the insecticide Dimilin and its active agent Diflubenzuron on the avifauna. The study was set up in an oak woodland in the north of Bavaria from 2004 to 2005 and comprised a treated and an untreated area each of some 30 hectares. The density of birds was sampled by applying a grid mapping method in each of the two areas. In each area, three nestboxes were equipped with infrared cameras to monitor the composition of diet of passerine nestlings. Breeding success of passerines was examined in 30 nestboxes in each area. Breeding success of Middle and Great Spotted Woodpecker *Dendrocopos medius* and *D. major* was examined by inserting a small camera into a total of five nest holes.

After treatment with insecticide, density and diversity of the total bird community, as well as density of insectivores, decreased significantly. The proportion of caterpillars in the diet of titmice fledglings *Parus major*, *P. caeruleus* decreased steadily, whereas the overall number of captured insects stayed almost the same. Parental birds compensated the lack of caterpillars by feeding more winged insects that contain less energy. From first broods, there was no measurable influence on the number of chicks fledging. However, there was hardly any second brood attempt in the Dimilin-treated area. No measurable effect on the breeding success of the two species of woodpecker could be detected during the course of the study.

Keywords: Dimilin; Diflubenzuron; birds; insecticide; impact; deciduous forest; Germany

Fiona Schönfeld, Eichenweg 39, D-96242 Sonnefeld

E-Mail: fiona_schoenfeld@web.de

Einleitung und Zielsetzung

In den vergangenen Jahrzehnten traten Insekten-Kalamitäten in Eichenbeständen immer häufiger und in immer kürzeren Abständen auf. Dementsprechend zahlreich sind auch die Versuche, den Eichen-„Schädlingen“ durch Insektizidbehandlung Einhalt zu gebieten. Sehr häufig kommt hierbei das Präparat Dimilin zum Einsatz, das den Wirkstoff Diflubenzuron enthält (beide Bezeichnungen werden im folgenden Text als Synonyme verwendet).

Dimilin dient zur Bekämpfung diverser laub- und nadelfressender Insektenlarven, die phasenweise in Massen auftreten und dadurch in Waldbeständen Kahlfraß verursachen können. Hauptzielorganismen sind die Raupen des Schwammspinners *Lymantria dispar*. Das Insektizid wird kurz nach dem Laubaustrieb im Mai in der Regel per Hubschrauber über befallenen Beständen ausgebracht und bleibt auf der Vegetation haften. Es wirkt als Häutungshemmer, unterbricht also die Chitinsynthese der Larven. Die Wirkung setzt erst ein, wenn die Larven das Diflubenzuron über die Nahrung aufgenommen haben und anschließend einen Häutungsversuch unternehmen (Eisler 1992). Die Larven gehen daher nicht alle gleichzeitig ein, sondern sterben je nach individueller Entwicklungsgeschwindigkeit zu unterschiedlichen Zeitpunkten ab (Wulf & Berendes 1994). In der Regel ist diese Absterbephase nach zwei bis drei Wochen beendet. Sehr viele Schmetterlingslarven, ebenso wie phytophage (pflanzenfressende) Larven anderer Insekten, sind auf Grund ihrer Fraßgewohnheiten potenzielle Nichtzielorganismen, also Lebewesen, gegen die der Gifteinsatz nicht gerichtet ist, die aber dennoch abgetötet werden (z. B. Martinat et al. 1988, Eisler 1992).

Durch die spezifische Wirkungsweise des Häutungshemmstoffes ist eine Vergiftung von Wirbeltieren bei einem Freilandeinsatz nicht zu befürchten, weder bei direktem Kontakt mit dem Mittel noch bei der Aufnahme kontaminierter Insekten (Eisler 1992, Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis 2005). Denn die für Warmblüter schädliche Diflubenzuron-Konzentration liegt um ein Vielfaches höher als die Menge, mit der die Tiere bei Forstschutzmaßnahmen Kontakt haben.

Lepidopteren-Raupen stellen jedoch die bedeutendste Futterquelle für die Versorgung

von Jungvögeln dar. Denn sie haben einen hohen Fettgehalt bei einem gleichzeitig sehr geringen Chitinanteil, relativ gesehen zu anderen Insekten-Taxa und -Entwicklungsstadien (Redford & Dorea 1984), sind also leicht verdaulich und sehr energiereich. Die Reduktion larvaler Insektenstadien ereignet sich zu einem Zeitpunkt, an dem der Nahrungsbedarf der Vogelnestlinge am größten ist – denn der Schlupfzeitpunkt ist optimal abgestimmt auf den Höhepunkt des Raupenvorkommens (Perrins 1965, Noordwijk et al. 1995).

Da durch den Insektizideinsatz die Raupenzahl reduziert wird, müssen die Elternvögel den Suchaufwand für Nahrung erhöhen. Dabei nimmt die Suchzeit pro Beutestück exponentiell mit abnehmender Beutebiomasse zu (Naef-Daenzer & Keller 1999). Altvögel können ungünstige Nahrungsbedingungen teilweise kompensieren, indem sie Zeit für die Nahrungssuche aufwenden, die sie normalerweise mit anderen Aktivitäten als der Brutpflege verbracht hätten (Wright et al. 1998). Somit bleibt dem einzelnen Vogel weniger Zeit für Gefiederpflege, Ruhepause etc., wodurch üblicherweise die individuelle Fitness erhalten oder verbessert und letztlich der lebenslange Reproduktionserfolg erhöht wird (Martin 1987).

Nach Ausbringung des Insektizids steigt zweifellos der Energieaufwand für die Versorgung der Jungvögel mit Nahrung und die Reproduktionsleistung des Einzelvogels nimmt ab, da den Altvögeln nach Abschluss der Brutzeit weniger Energiereserven bleiben.

Ziel dieser Untersuchung ist eine möglichst umfassende Betrachtung und Bewertung der indirekten Auswirkungen von Diflubenzuron auf die Vogelwelt eines behandelten Gebiets.

Daher sollen folgende Fragen geklärt werden: Verändert eine Diflubenzuron-Applikation

- (1) die Avifauna insgesamt?
- (2) die Zusammensetzung der Nestlingsnahrung?
- (3) die Zahl der erbeuteten Insekten?
- (4) den Bruterfolg nistkastenbrütender Singvögel?
- (5) den Bruterfolg von Spechten?

Untersuchungsgebiet und Methode

Lage und Flächeneinteilung des Untersuchungsgebiets. Bei dem Untersuchungsgebiet handelt es sich um einen ca. 180-jährigen Ei-

chen-Hainbuchen-Wald (*Galio-Carpinetum*) im Westen der unterfränkischen Gemeinde Werneck im Landkreis Schweinfurt. Diese Waldgesellschaft ist typisch für das trocken-warme Weinbauklima des Wuchsgebiets Fränkische Platte. Das Gelände verläuft nahezu eben, im Jahresdurchschnitt herrscht eine Temperatur von etwa 9° C bei einer Niederschlagsmenge von ca. 550 mm.

Für das vorliegende Projekt wurden Teilflächen ausgewählt, die einem zusammenhängenden Waldgebiet angehören und daher große Ähnlichkeiten in Bezug auf ihre Strukturen, ihre standörtlichen Gegebenheiten und die Intensität des Schädlingsbefalls aufweisen. Durch die unmittelbare Nachbarschaft der Gebiete besteht zwar für zahlreiche Waldbewohner – abhängig von ihrer Mobilität – die Möglichkeit, in das unbehandelte Areal auszuweichen. Dieser Faktor wurde jedoch in Kauf genommen, um eine möglichst hohe Ähnlichkeit der Untersuchungsflächen zu gewährleisten. Unterschiede in den hier dargestellten Ergebnissen sind

daher nicht auf grundlegende Eigenschaften des Biotops zurückzuführen, sondern mit hoher Sicherheit durch den Dimilin-Einsatz induziert.

Das Gebiet wurde in 1 ha große Raster eingeteilt (Abb. 1). Der nördliche Teil mit einer Größe von 31 ha blieb als Nullfläche (N) insektizidfrei, der südliche Teil (B) mit 35 ha wurde am 11. Mai 2005 per Hubschrauber mit einem Gemisch aus 40 Litern Wasser und 15 g Dimilin 80WG pro Hektar behandelt. Dies ist ein Fünftel der zugelassenen Höchstmenge von 75 g/ha. In Bayern wird seit Mitte der 1990er Jahre nur noch diese reduzierte Dosis appliziert, da selbst bei dieser niedrigen Konzentration noch eine ausreichende Wirksamkeit gegen Schwammspinnerrauen gegeben ist. Das Mittel bleibt mindestens acht Wochen lang wirksam (Skatulla & Lobinger 1995).

Quantitative Rasterkartierung. Die Vogeldaten wurden im Rahmen einer quantitativen Rasterkartierung auf 1 ha-Basis erfasst (Bibby et al. 1995, 2000). In Gebiet B lagen 25, in der Null-

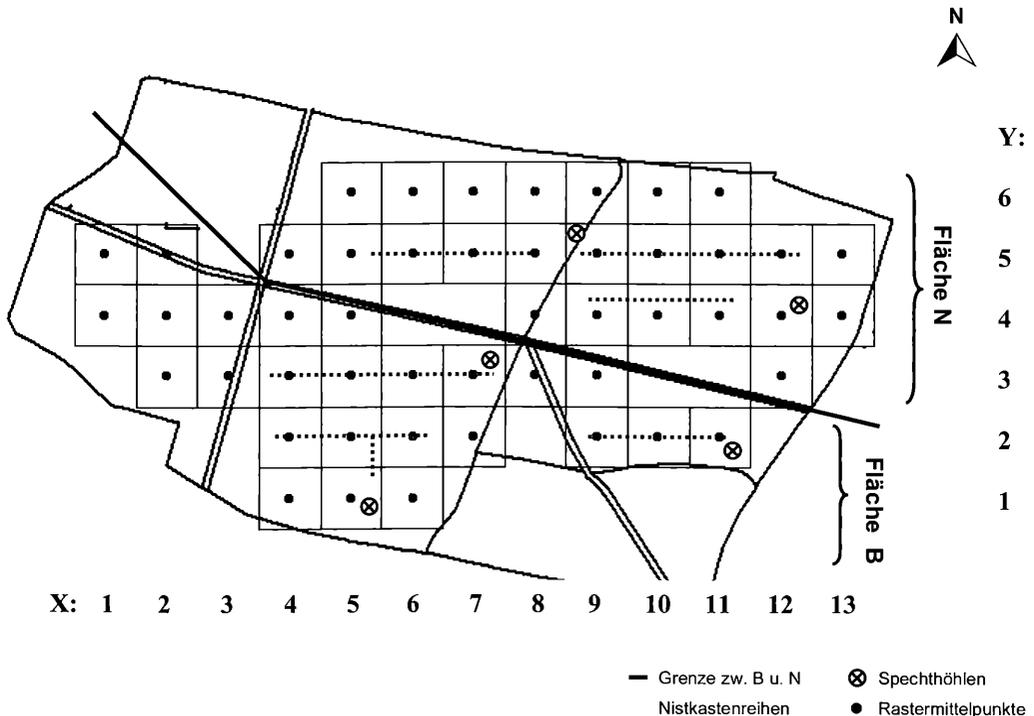


Abb. 1. Rastereinteilung der Flächen B (südliche Hälfte des Untersuchungsgebiets, Dimilin-Behandlung 2005) und N (nördliche Hälfte, Nullfläche). Rastergröße 100x100 m. – Location of grids in area B (southern part, Dimilin-treatment in 2005) and N (northern part, untreated area). Size of the grids: 100x100 m. Spechthöhlen = woodpecker nests; Nistkastenreihen = rows of nestboxes.

fläche N 24 Gitterfelder (Abb. 1). Von Mai bis Juni 2004 wurden die insgesamt 49 Raster jeweils dreimal kartiert, um die Vergleichbarkeit ihrer Artenausstattung zu überprüfen. Zur Zuordnung der Vogelarten zu den Gilden siehe Uttschick (2002). Von März bis Juni 2005 fanden pro Gebiet jeweils sechs Begänge im Abstand von zwei bis drei Wochen statt. Ab der vierten Kartierung war die Fläche B mit Dimilin behandelt.

Die Exkursionen fanden bei gutem Kartierwetter statt, d.h. es war weitgehend windstill und trocken. Tagesgangbedingte Aktivitätsunterschiede der Vogelfauna wurden durch unterschiedliche Routenwahl verringert. Um eine Vergleichbarkeit der Begänge zu erzielen, wurden die Felder zeitnormiert kartiert. Die Mittelpunkte der Gitterfelder, die sog. „Plots“, dienten als Anlaufpunkt für die Kartierung. Die Verweildauer je Plot betrug im Mittel ca. sieben Minuten. So ergaben sich im Jahr 2004 9,5 Beobachtungsstunden in B, 8,75 Stunden in N. 2005 wurden für die Vogelerfassung in B 19,25 Stunden benötigt, in N etwa 18,75 Stunden. Um auch weniger rufaktive Arten wie den Mittelspecht *Dendrocopos medius* erfassen zu können, wurde in regelmäßigen Abständen eine Klangattrappe eingesetzt. Die Vogelstimmen wurden nur leise abgespielt, um die Wirkung auf ein Raster zu begrenzen und eine Anlockung von Tieren aus anderen Gitterfeldern zu vermeiden.

Analyse der Nestlingsnahrung. Um die Zusammensetzung der Nestlingsnahrung nach dem Dimilin-Einsatz zu ermitteln und um eine Vergleichsmöglichkeit mit der Nahrung von Vögeln in einer unbehandelten Fläche zu haben, wurden jeweils drei Nistkästen in beiden Gebieten mit einer Infrarot-Kamera ausgestattet. Für Vögel ist die Wellenlänge der Infrarot-Lichtquelle nicht sichtbar. So wurde sichergestellt, dass die Tiere durch den Kamerabetrieb in ihrem Verhalten nicht beeinflusst werden. Die Stromversorgung erfolgte über Autobatterie und Sonnenkollektor. Die Aktivitäten im Inneren der Nistkästen wurden als schwarz-weißes Bild ohne Ton auf einen tragbaren TV-Monitor übertragen.

Die Kameras waren ausschließlich während der Nahrungsanalyse in Betrieb. Vor der Dimilin-Applikation (11. Mai) und in der Brutphase fand keine längere Beobachtung der Vögel statt. Nach dem Schlupf wurde vom 12. bis 22. Mai in regelmäßigen Abständen jeder der

sechs Kästen 30 Minuten lang beobachtet. Die Fütterungstätigkeit wurde für die Auswertung auf jeweils drei Stunden hochgerechnet. Die Anzahl der Beutetiere pro Zeiteinheit wurde registriert, die Zuordnung erfolgte zu den Kategorien „Raupe“, „Nicht-Raupe“, also alle Wirbellosen außer Raupen, und „Unbekannt“ In fünf Kästen nisteten Kohlmeisen *Parus major*, in einem Kasten in B Blaumeisen *Parus caeruleus*.

Bruterfolg nistkastenbrütender Singvögel. Für die Untersuchung des Bruterfolgs von höhlenbrütenden Singvögeln wurden im Winter 2004 in beiden Flächen jeweils 30 Nistkästen ausgebracht. Sie wurden in mehreren Reihen (Abb. 1) in ca. 2 m Höhe an Laubbäumen befestigt, der durchschnittliche Abstand betrug ca. 38 m. Die Fluglöcher besaßen einen Durchmesser von etwa 35 mm. Je 25 Kästen waren aus Holz gefertigt, jeweils fünf bestanden aus Holzbeton.

Durch die Fluglochgröße und die frühzeitige Ausbringung wurde das Spektrum der potenziellen Bewohner eingengt. Ein großer Lochdurchmesser begünstigt große, konkurrenzkräftige Arten wie Kohlmeise und Kleiber *Sitta europaea*. Diese Einschränkung wurde in Kauf genommen, da bei der Untersuchung dieses Teilaspekts dem Bruterfolg größere Bedeutung beigemessen wurde als dem Artenspektrum.

Ein Kasten galt als „belegt“, sobald ein Gelege vorhanden war. Als „nicht belegt“ wurden Kästen erfasst, in denen kein Nistmaterial oder ein Nest ohne Eier vorgefunden wurde. Sie gingen nicht in die Berechnung des Bruterfolgs ein. Wurden Nester verlassen, weil der Nistkasten nachträglich defekt wurde, galt dies ebenfalls als „nicht belegt“ Der Brutverlauf wurde als „erfolgreich“ angesehen, wenn mindestens ein Jungvogel flügge geworden und ausgeflogen war. Als „abgebrochen“ wurden Gelege vermerkt, deren Eier komplett ausgekühlt waren oder in denen alle Jungvögel verstorben waren.

Die Kästen wurden insgesamt viermal zwischen dem 7. Mai und 23. Juni kontrolliert. So konnte sowohl die Entwicklung der Erstbrut als auch der Zweitbrut verfolgt werden. Als Erstbrut wurden alle Gelege registriert, die an den ersten beiden Kontrollterminen (7. und 19. Mai) bebrütet wurden oder bereits geschlüpft waren. Ab dem dritten Kontrolltermin (4. Juni) wurden Gelege als Zweitbrut aufgenommen.

Als Bruterfolg wurde die Zahl der Jungvögel vermerkt, die bei der letzten Kontrolle vor dem Ausfliegen vorhanden gewesen war, abzüglich der Tiere, die bei der folgenden Überprüfung tot in dem von den Geschwistern verlassenen Nest aufgefunden wurden. Die „Nestlingsanzahl“ gibt somit die Zahl der flüggen Nestlinge wieder, nicht die maximale Zahl der während der Kontrollen vorgefundenen Nestlinge.

Bruterfolg von Spechten. Um mögliche Auswirkungen des Dimilin-Einsatzes auf den Nachwuchs von Bunt- und Mittelspechten (*Dendrocopos major*, *D. medius*) nachweisen zu können, wurden mehrere belegte Baumhöhlen in Fläche B und N mit dem Tree Top Peeper (TTP) am Ende der Brutsaison auf verstorbene Jungvögel überprüft.

Der TTP ist u. a. für die Untersuchung von Baumhöhlen konzipiert. Eine auf einem Teleskop-Gestänge aus Fiberglas montierte, schwenkbare Minikamera mit Lichtquelle überträgt das farbige Bild aus dem Inneren der Höhle auf einen LCD-Monitor in Augenhöhe. Die Kamera ist bis maximal 15 m Höhe ausfahrbar. Die Stromversorgung erfolgt über aufladbare Batterien, eine Verkabelung mit externen Stromquellen wird nicht benötigt.

In Fläche B wurden zwei Mittelspecht- und eine Buntspechthöhle untersucht, in N jeweils eine Bunt- und Mittelspechthöhle (Abb. 1). Die Höhlenkontrolle erfolgte am 19. Juni 2005, nachdem die jungen Spechte bereits ausgeflogen waren. Die Nistplätze wurden auf das Vorhandensein von toten Nestlingen überprüft.

Statistik. Zur statistischen Analyse der gewonnenen Daten wurden folgende Verfahren angewendet:

Die Daten der Vogelkartierung wurden mit Hilfe des Man-Whitney-U-Tests auf signifikante Unterschiede überprüft (Lózan & Kausch 2004, Sachs 2004). Für alle Daten wurde eine Signifikanzschwelle von $p^* < 0,05$ gewählt. Eine Fehlerwahrscheinlichkeit zwischen 0,05 und 0,1 wurde als Trend betrachtet. Als Stichprobeneinheit für diesen Test dienten die einzelnen Raster. Signifikante Unterschiede sind in den jeweiligen Diagrammen der summarischen Darstellung mit einem * gekennzeichnet. Die Ergebnisse der Nistkastenkontrollen wurden ebenfalls auf diese Weise getestet. Die Berech-

nung erfolgte mithilfe des Programms SPSS 12.0.

Die Ähnlichkeit der Avizönosen der beiden Teilflächen wurde mithilfe der Korrespondenzanalyse untersucht (Hill & Gauch 1980, Jongmann et al. 1995). Das Prinzip der Berechnung beruht auf einem iterativen Prozess, dem Algorithmus der sogenannten gewichteten Mittelwertbildung (reciprocal averaging). Die Anordnung der Rasterflächen bzw. der Untersuchungsgebiete im mehrdimensionalen Raum anhand ihrer Artenausstattung und Individuendichte ermöglicht es, Unterschiede in der Artengemeinschaft und Siedlungsdichte aufzudecken. Je näher zwei Datenpunkte in der Abbildung beieinander liegen, desto ähnlicher sind sie sich in der Artengemeinschaft bzw. desto ähnlicher ist die Abundanz. Über eine Eigenwertanalyse werden für jede Achse die Erklärungswerte berechnet. Der größte Erklärungswert besteht entlang der ersten Achse. Je stärker diese Werte von der dritten oder weiteren Achse an abfallen, umso geringer ist der Informationsverlust, wenn nur die ersten beiden Achsen abgebildet werden, wie das in dieser Arbeit der Fall ist. Die Korrespondenzanalyse ist empfindlich gegen Stauchungen am Ende der Achse. Um diesen Effekt in der vorliegenden Untersuchung zu umgehen, wurde nach einer einfachen Korrespondenzanalyse (CA) die weiterentwickelte Detrended Correspondence Analysis (DCA) berechnet.

Um zu ermitteln, ob einzelne Arten nach der Dimilin-Applikation eine Präferenz für eine der beiden untersuchten Flächen entwickelten, wurde die Indicator Species Analysis nach Dufrêne & Legendre (1997) eingesetzt. Die Methode kombiniert Informationen über die Konzentration und Konstanz der Häufigkeit einzelner Arten bezüglich eines Untersuchungsgebiets. Dem Test auf statistische Signifikanz liegt die Monte-Carlo-Technik zugrunde.

Die Berechnung von DCA und Indicator Species Analysis erfolgte mithilfe des Programms PC-ORD 4.0.

Ergebnisse

Vergleichbarkeit der Avizönosen. Die DCA ergab, dass die Artengemeinschaft in den beiden Teilflächen im Jahr 2004 sehr ähnlich ist (Abb. 2). Dies lässt sich aus der relativ homoge-

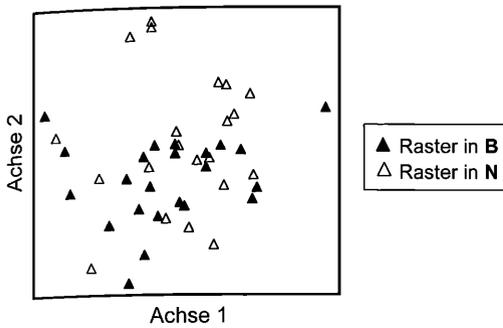


Abb. 2. Korrespondenzanalyse (DCA) der Artenausstattung der Raster im Jahr 2004 vor der Dimilin-Behandlung (Eigenwert Achse 1: 0,19; Achse 2: 0,16). – *Correspondence analysis (DCA) of the species assemblage in the grids in 2004, the year before the Dimilin-treatment (eigenvalue axis 1: 0.19; axis 2: 0.16).*

nen Durchmischung der Raster-Symbole entlang der ersten Achse ableiten. Veränderungen, die im Jahr 2005 auftreten, sind daher mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Dimilin-Applikation zurückzuführen.

Artenzahlen und Abundanzen. Einen Überblick über die Ergebnisse der Kartierungen gibt Tab. 1. Im Jahr 2004, also vor dem Dimilin-Einsatz, trat in der Fläche B meist eine höhere Artendiversität auf, jedoch bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Flächen, ebenso im Jahr 2005 an den Terminen vor der Bekämpfung. Nach der Dimilin-Applikation kehrte sich dieses Verhältnis um, die Artenvielfalt in der nun behandelten Fläche B war deutlich geringer als in der Nullfläche, zum Teil sogar signifikant, wie Abb. 3 zeigt.

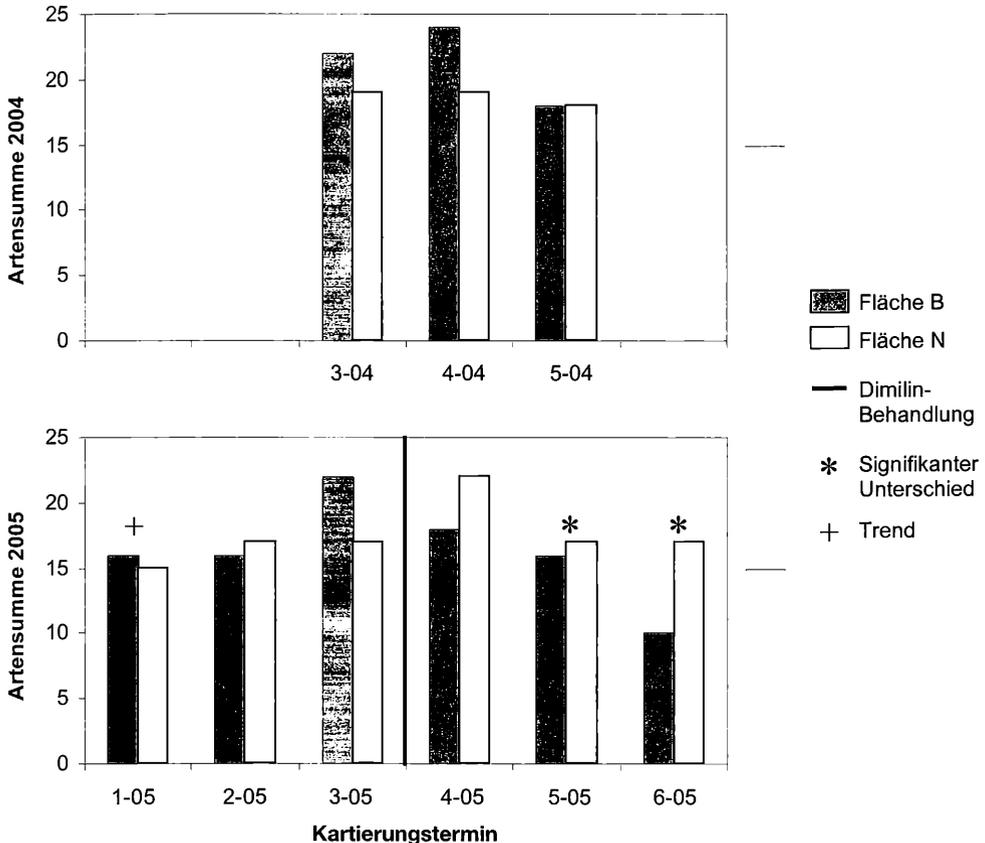


Abb. 3. Vergleich der Flächen B und N nach Artensummen je Kartierungstermin. Die Anordnung der Säulen untereinander ergibt sich aus der Datenaufnahme im jeweils gleichen Zeitfenster. Als Stichprobeneinheit für die Statistik dienten die einzelnen Raster. – *Comparison of areas B and N according to the total species recorded per mapping visit. Paired columns were mapped within the same time frame. The statistical analysis was based on single grids as sample units.*

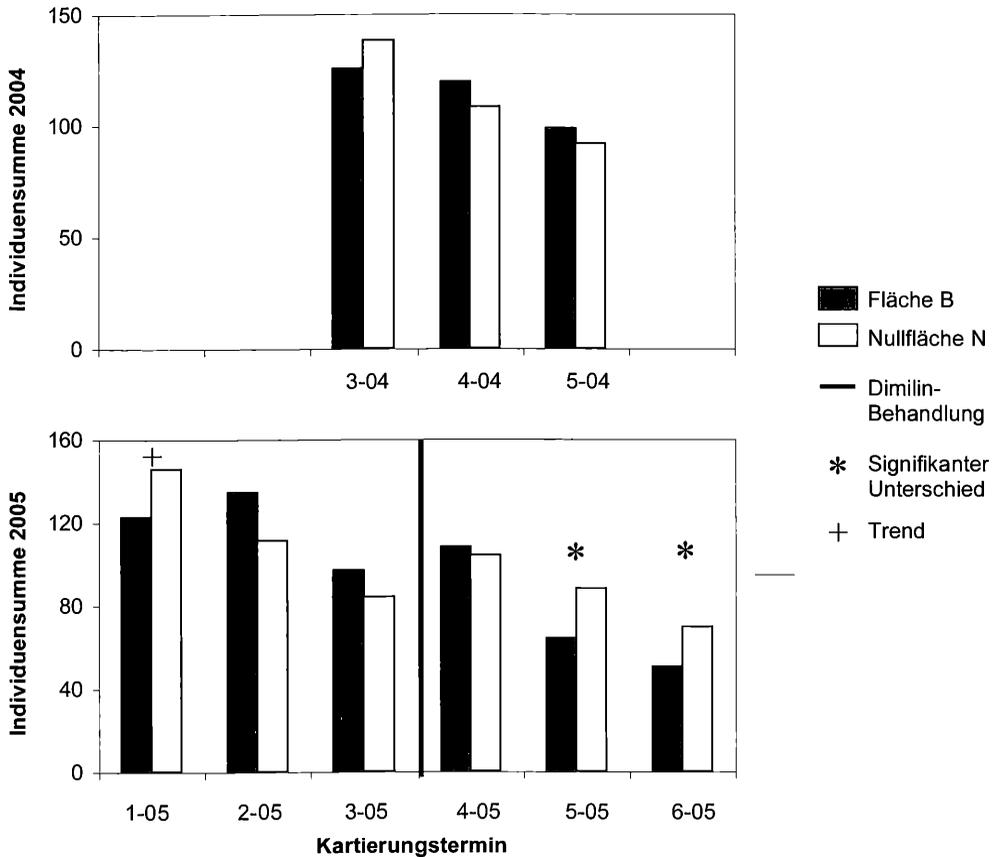


Abb. 4. Vergleich der Flächen B und N nach Individuensummen je Kartierungstermin. Die Anordnung der Säulen untereinander ergibt sich aus der Datenaufnahme im gleichen Zeitfenster. Als Stichprobeneinheit für die Statistik dienten die einzelnen Raster. – Comparison of areas B and N according to the sum of individuals per mapping visit. Paired columns were mapped within the same time frame. The statistical analysis was based on single grids as sample units.

Bei den Individuenzahlen traten 2004 ebenfalls noch keine signifikanten Unterschiede zwischen B und N auf. Die beiden letzten Aufnahmen ergaben jedoch in der behandelten Fläche B eine signifikant geringere Individuendichte nach der Dimilin-Behandlung (Abb. 4).

Nahrungsgilde Insektenfresser. Die Individuendichte der Insektenfresser war an den beiden letzten Kartierungsterminen 2005 in Fläche B signifikant niedriger als in der Nullfläche. Die Ähnlichkeit mit den oben erwähnten Ergebnissen ist auf die Zusammensetzung der Avizönose des untersuchten Waldgebiets zurückzuführen: insgesamt gehörten 86% aller in den beiden Untersuchungsjahren registrierten Individuen dieser Nahrungsgilde an.

Vertreter anderer Nahrungsgilden reagierten nicht signifikant auf den Insektizideinsatz.

Avizönose. Die Veränderungen hinsichtlich Artenzahl und Individuendichte im Verlauf der Kartierungen wurden ebenfalls mithilfe einer DCA untersucht, das Ergebnis zeigt Abb. 5. Entlang der ersten Achse tritt die höchste Varianz auf. Diese ist auf die phänologischen Veränderungen der Lebensgemeinschaft im Verlauf der Brutzeit zurückzuführen, die die Auswirkungen der Dimilin-Behandlung überlagern. Mögliche Einflüsse der Insektizid-Applikation spiegeln sich entlang der zweiten Achse wider. Beim Vergleich der Lage der einzelnen Termine fällt auf, dass vor der Behandlung (Termin 3-04 bis 5-04 und 1-05 bis

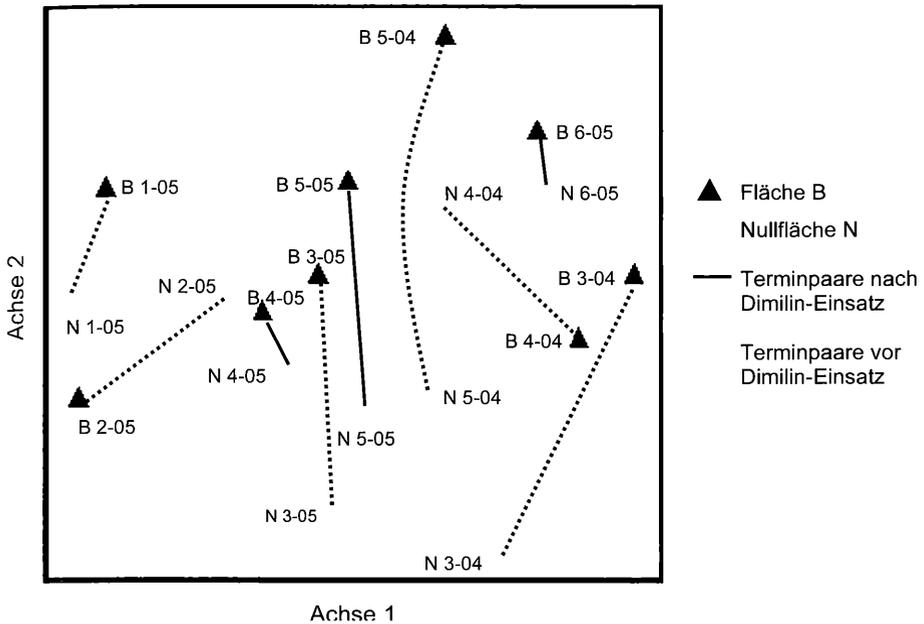


Abb. 5. Ergebnis der DCA je Kartierungstermin auf Basis aller registrierten Arten und ihrer Häufigkeit. Codierung der Termine: N Nullfläche; B Behandlungsfläche; erste Zahl: Nummer des Kartierungstermins (2004: drei Termine, Nr. 3 bis 5); zweite Zahl: Jahr der Aufnahme, 04: 2004, 05: 2005. – *Results of the DCA per mapping date based on all species recorded and their abundance. Meaning of the abbreviations: N: untreated area; B treated area; first number: number of mapping date (2004: three recordings, number three to five); second number: year in which the recording took place, 04: 2004, 05: 2005.*

3-05) Fläche B und Nullfläche N abwechselnd die obere bzw. untere Position auf der zweiten Achse einnehmen. Nach der Bekämpfung (Termin 4-05 bis 6-05) liegt stets die behandelte

Fläche B oben. Der Insektizideinsatz hat zu einer deutlichen Aufteilung der Vogellebensgemeinschaft geführt.

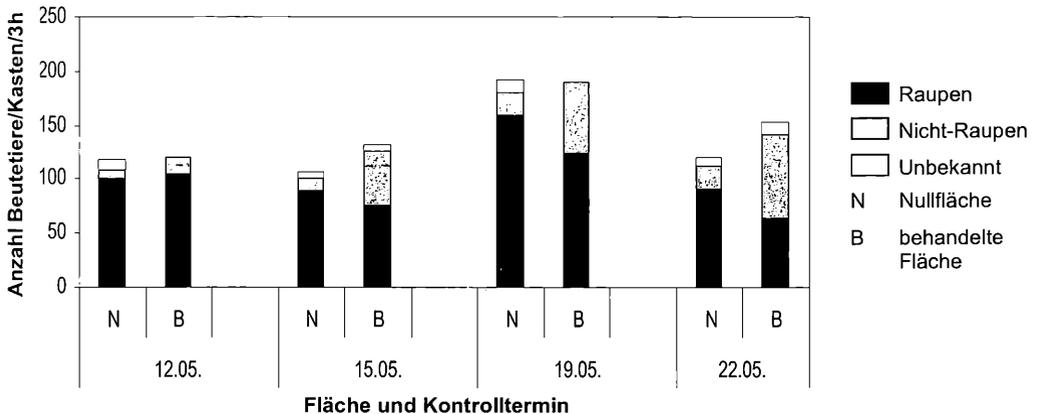


Abb. 6. Anzahl der in drei Stunden durchschnittlich pro Nistkasten verfütterten Beutetiere im Mai 2005. – *Average number of insects fed per nest box during three hours in May 2005. Raupen = caterpillars; Unbekannt = unknown.*

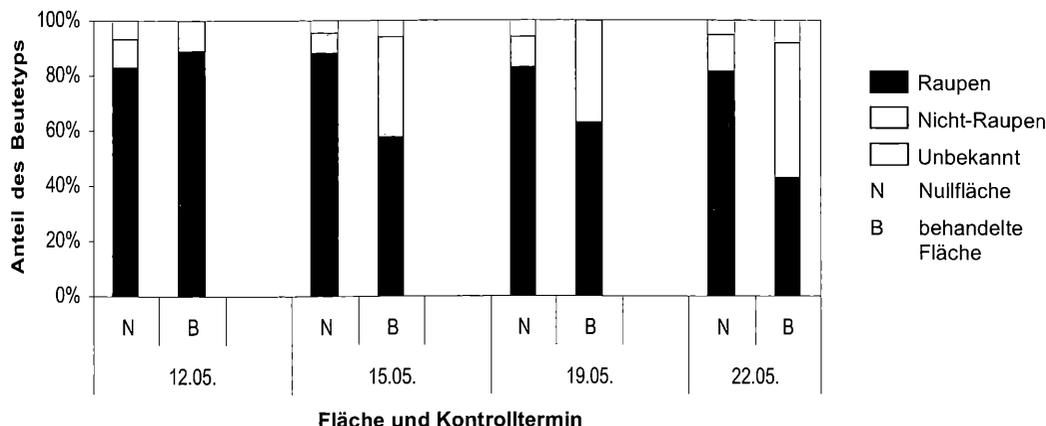


Abb. 7. Zahlenmäßiger Anteil der drei Beutetypen an der Gesamtnahrung der Nestlinge im Untersuchungsgebiet im Mai 2005. – Share of the three types of prey expressed as a percentage of the items fed to fledglings monitored in May 2005.

Indikatorartenanalyse. Eine deutliche Reaktion einzelner Arten auf die Dimilin-Applikation konnte nicht nachgewiesen werden. Bei keiner Art lag die Irrtumswahrscheinlichkeit (p^*) unter 0,05. Einen Trend zur behandelten Fläche zeigten *Stare Sturnus vulgaris* ($p=0,068$). Waldbaumläufer *Certhia familiaris* ($p=0,071$) mieden nach der Behandlung dagegen Fläche B. Auch Kernbeißer *Coccothraustes coccothraustes* zeigten eine leichte Bevorzugung der Nullfläche ($p=0,109$).

Beutetypen und Menge der Nestlingsnahrung. Der Anteil der Nicht-Raupen stieg in der Nestlingsnahrung in der behandelten Fläche B im Verlauf der Beobachtungen kontinuierlich an (Abb. 6, 7). Am letzten Beobachtungstermin machten Raupen im Durchschnitt nur noch etwas mehr als 40 Prozent der Nahrung aus, der Anteil anderer Insekten und Spinnen betrug ca. 50 Prozent.

In der Nullfläche N bestand die Beute stets überwiegend aus Raupen. Andere Insekten machten zu jedem Zeitpunkt nur einen geringen Teil der Nestlingsnahrung aus, der zwischen zehn und 15 Prozent lag.

Auf die absolute Zahl der Beutetiere hatte der Dimilinsatz im Beobachtungszeitraum keinen messbaren Einfluss. Die durchschnittliche Anzahl der verfütterten Insekten unterschied sich nicht deutlich. Tendenziell wurden in der behandelten Fläche B mehr Beutetiere ans Nest gebracht als in der Nullfläche (Abb. 6).

Bruterfolg in Nistkästen. In den Flächen waren gleich viele Kunsthöhlen belegt (Abb. 8), bei der Erstbrut traten ausschließlich die Arten Kohlmeise, Blaumeise und Kleiber auf. Insgesamt lag in B der Bruterfolg um ca. zehn Prozent niedriger als in der Nullfläche N (Tab. 2). In der behandelten Fläche B wurde die Erstbrut häufiger abgebrochen (15%) als in der Nullfläche (4%).

Ausschließlich Kohlmeisen nisteten ein zweites Mal. Die Gesamtbelegung bei der zweiten Brutphase war insgesamt wesentlich geringer als während der ersten. Zwischen den beiden Untersuchungsgebieten wurden nun deutliche Unterschiede festgestellt (Tab. 3, Abb. 8): während in der Nullfläche in zwölf von 29 Kästen ein zweites Gelege auftrat (41% aller Kästen), brüteten in der behandelten Fläche nur zwei Vogelpaare ein zweites Mal (7% aller Kästen). Letztendlich wurden in der Nullfläche zehn der zwölf begonnenen Zweitbruten erfolgreich abgeschlossen, in B nur eine von zwei Zweitbruten.

Nestlingsanzahl in Nistkästen. Zur Einteilung der Nestlingszahlen in Abb. 9 siehe Winkel (1970). Ein Vergleich wurde nur zwischen den Jungvogelzahlen von Meisenbruten (Kohl- und Blaumeisen zusammengefasst) aus der Erstbrut angestellt, da die meisten Kleiber im Untersuchungsgebiet bereits wenige Tage nach der Dimilin-Applikation flügge waren, was eine Beeinflussung durch das Insektizid sehr unwahrscheinlich machte.

	Jahr	Fläche B	Fläche N
Arten insgesamt	2004	27	24
	2005	25	25
Arten vor Bekämpfung	2005	24	19
Arten nach Bekämpfung	2005	20	23
Individuen insgesamt	2004	345	338
	2005	581	603
davon Individuen nach Bekämpfung	2005	225 (39%)	262 (43%)

Tab. 1. Ergebnisse der Vogelkartierung mit drei Aufnahmen je Fläche im Jahr 2004 und sechs Terminen im Jahr 2005, je 3 vor und nach Bekämpfung. – Results of grid mapping of birds recorded during three mappings per area in 2004 and six mappings per area in 2005, the latter comprising three mappings before and three after the treatment.

Fläche	Erstbrut		Zweitbrut	
	B	N	B	N
Nistkastenangebot	30	29	30	29
Anzahl belegter Nistkästen	26	26	2	12
Anteil belegter Kästen	87%	90%	7%	41%
Anzahl erfolgreicher Bruten	22	25	1	10
Anteil erfolgreicher Bruten	85%	96%		
Anzahl abgebrochener Bruten	4	1	1	2
Anteil abgebrochener Bruten	15%	4%		

Tab. 2. Nistkastenbelegung und Brut-erfolg bei der Erst- und Zweitbrut 2005. – Occupancy of nest boxes and breeding success during the first and the second brood in 2005.

In den Meisennestern der behandelten Fläche B wurden bei der Erstbrut im Durchschnitt 10,1 Eier vorgefunden, in der Nullfläche waren es im Mittel 11,9 Eier.

Die Erstbrut 2005 der in den Nistkästen brütenden Meisen verlief in der behandelten Fläche etwas weniger erfolgreich als in der Nullfläche (Abb. 9). In der Nullfläche flog im Durchschnitt

eine größere Anzahl Jungtiere aus, im Mittel 10,0 Jungvögel pro Kasten, insgesamt waren es 240 Vögel; in B verließen insgesamt 226 Jungtiere die Kästen, im Durchschnitt 8,7 Jungvögel pro Kasten. Die Flächen unterschieden sich hinsichtlich der Zahl flügger Jungvögel bei der Erstbrut nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Test: $p > 0,359$).

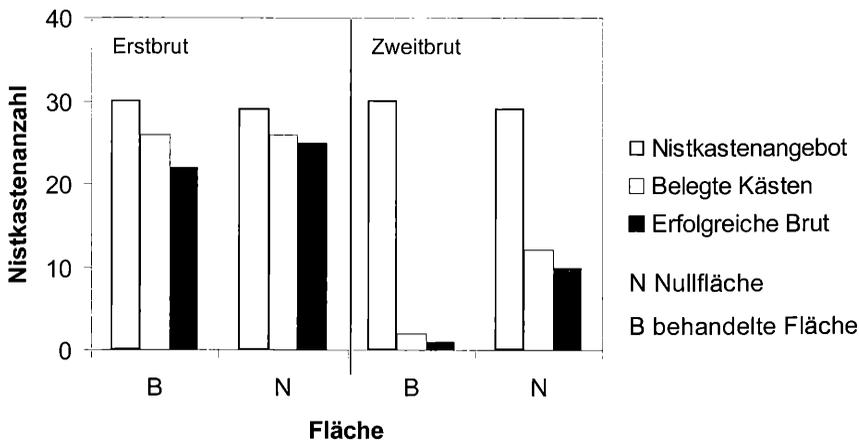


Abb. 8. Nistkastenbelegung und Bruterfolg bei der Erstbrut (links) und Zweitbrut (rechts) 2005. – Occupancy of nest boxes and breeding success during the first brood (left) and second brood (right) in 2005. Nistkastenangebot = boxes available; belegte Kästen = boxes occupied; erfolgreiche Brut = successful brood.

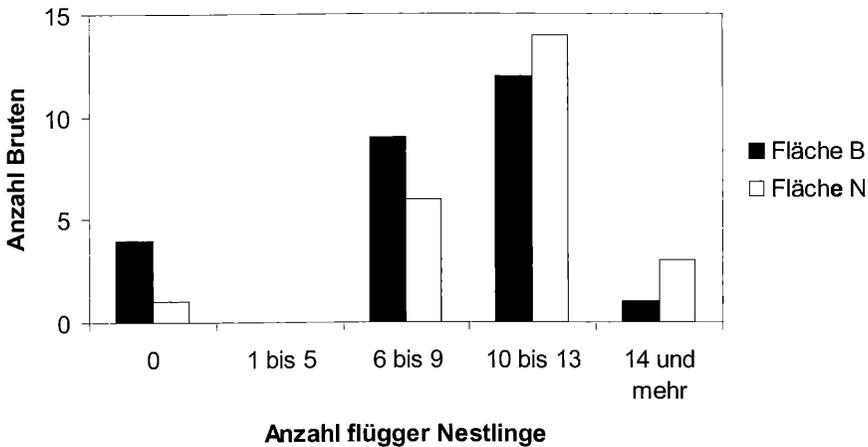


Abb. 9. Vergleich des Bruterfolgs der Kohl- und Blaumeisen bei der Erstbrut 2005 auf Basis der Zahl der flügenden Nestlinge. – Comparison of breeding success of Great and Blue titmice during the first brood in 2005 based on the number of birds fledging.

Tab. 3. Nistkastenbelegung und Bruterfolg bei der Zweitbrut 2005. – Occupancy of nest boxes and breeding success during the second brood in 2005.

Fläche	B	N
Nistkastenangebot	30	29
Anzahl belegter Nistkästen	2	12
Anteil belegter Nistkästen	7%	41%
Anzahl erfolgreicher Zweitbruten	1	10
Anzahl abgebrochener Bruten	1	2

Bruterfolg von Spechten. Die fünf inspizierten Höhlen wiesen deutliche Zeichen der Benutzung auf, in allen war in diesem Jahr eine Brut aufgezogen worden. Verendete Jungtiere wurden in keiner Fläche vorgefunden. Die Kontrolle ist als Stichprobe anzusehen, eine vollständige Bruthöhlenkartierung bzw. -kontrolle fand nicht statt.

Diskussion

Zusammenhänge zwischen Dimilineinsätzen und Veränderungen der Avifauna. Die Avizönose in den Teilflächen des Untersuchungsgebiets wies erst nach der Dimilin-Applikation signifikante Unterschiede auf. Sowohl die Diversität als auch die Individuendichte waren in der behandelten Fläche gesichert niedriger als in der Nullfläche. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Bell & Whitmore (1997) aus

West Virginia überein. Auch dort war nach einem Dimilineinsatz die Vogeldichte in den Insektizid-behandelten Flächen signifikant niedriger als in den Nullflächen, in denen Schwammspinner in relativ hoher Dichte vorkamen. Der Kahlfraß in den unbehandelten Gebieten führte nicht zu einer massiven Beeinträchtigung der Avizönose. Einige Arten profitierten sogar von der zunehmenden Habitatkomplexität und der größeren strukturellen Diversität, welche die Insektenkalamität verursacht hatte.

Die in der vorliegenden Arbeit festgestellte Veränderung der Avizönose ist als indirekte Reaktion auf den Insektizideinsatz zu interpretieren. Ausgelöst wurde sie durch die starke Reduktion der Raupen, die die wichtigste Vogel- bzw. Nestlingsnahrung darstellen. Dafür spricht auch, dass von allen Nahrungsgilden nur die Insektenfresser in signifikant geringerer Zahl auf der behandelten Fläche registriert wurden.

Langzeiteffekte können mit der vorliegenden Arbeit nicht beurteilt werden. Doch es wird vermutet, dass Dimilin den Reproduktionserfolg von Zugvögeln beeinflusst. Denn Langstreckenzieher wie beispielsweise der Halsbandschnäpper *Ficedula albicollis* treffen erst relativ spät in ihrem Brutgebiet ein, in Bayern zwischen Mitte April und Anfang Mai (Glutz von Blotzheim 1993). Bei diesen Vögeln findet die komplette Fortpflanzung innerhalb eines sehr engen Zeitfensters statt, die Familien dieser

Tab. 4. Gesamtartenliste der Vogelarten in den Untersuchungsgebieten N und B in den Jahren 2004 und 2005. – *List of all bird species recorded in study area N and B in 2004 and 2005.*

Name	Wissenschaftlicher Name
Amsel	<i>Turdus merula</i>
Blaumeise	<i>Parus caeruleus</i>
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>
Buntspecht	<i>Dendrocopos major</i>
Eichelhäher	<i>Garrulus glandarius</i>
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>
Gartenbaumläufer	<i>Certhia brachydactyla</i>
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>
Grünspecht	<i>Picus viridis</i>
Halsbandschnäpper	<i>Ficedula albicollis</i>
Kernbeißer	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>
Kleiber	<i>Sitta europaea</i>
Kohlmeise	<i>Parus major</i>
Kuckuck	<i>Cuculus canorus</i>
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>
Misteldrossel	<i>Turdus viscivorus</i>
Mittelspecht	<i>Dendrocopos medius</i>
Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>
Pirol	<i>Oriolus oriolus</i>
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>
Rotkehlchen	<i>Erithacus rubecula</i>
Schwarzspecht	<i>Dryocopus martius</i>
Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>
Sumpfmeise	<i>Parus palustris</i>
Trauerschnäpper	<i>Ficedula hypoleuca</i>
Wacholderdrossel	<i>Turdus pilaris</i>
Waldbaumläufer	<i>Certhia familiaris</i>
Waldlaubsänger	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>
Wespenbussard	<i>Pernis apivorus</i>
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>

Schnäpperart lösen sich bereits zwischen Ende Juni und Anfang Juli wieder auf, um den Zug ins Winterquartier südlich der Sahara anzutreten. Der Energiebedarf, der ausschließlich über Insekten und deren Larven gedeckt wird, ist daher extrem hoch. Dies gilt auch für die Jungvögel: sie schlüpfen zwischen Ende Mai und Anfang Juni und müssen innerhalb von 16 Tagen flügge werden (Glutz von Blotzheim 1993). Durch den im Vergleich zu Standvögeln relativ späten Schlupftermin der Zugvogel-nestlinge fällt die Fütterungszeit fast vollständig in die Phase, in der Dimilin-Behandlungen bevorzugt stattfinden bzw. Diflubenzuron seine volle Wirkung entfaltet. Dadurch ist die

Versorgung der Jungtiere mit energiereicher Raupennahrung extrem erschwert, was ihre Gewichtszunahme und damit auch ihre Überlebenschance stark verringert. Denn die Überlebensrate junger Vögel hängt in hohem Maße von dem Gewicht ab, mit dem die Tiere das Nest verlassen (Tinbergen & Boerlijst 1990). Gerade junge Zugvögel unterliegen einem hohen Selektionsdruck, da sie den energiezehrenden Zug ins Winterquartier überstehen müssen. Langfristig ist eine negative Wirkung von Dimilin-Applikationen auf Langstreckenzieher daher nicht ausgeschlossen. Zu diesem Thema besteht weiterer Forschungsbedarf.

Auswirkungen von Dimilin auf die Nestlings-nahrung. Die Nestlingsnahrung von Kohl- und Blaumeisen besteht zum größten Teil aus Lepidopteren-Larven (Patočka et al. 1999). Auch die Meisen in der Nullfläche des Untersuchungsgebiets verfütterten stets zu mindestens 80 % Raupen. Zwischen der Wachstumsrate von Meisennestlingen und der Raupengröße besteht eine enge Korrelation, das Nestlingsgewicht ist genau zum Zeitpunkt der höchsten Raupengröße maximal (Naef-Daenzer & Keller 1999). Denn Meisen wählen ihre Beute vor allem nach Gewicht aus: Naef-Daenzer et al. (2000) stellten fest, dass die von den Altvögeln verfütterten Schmetterlingslarven bis zu 2,6-mal schwerer waren als der Durchschnitt der im Geäst vorhandenen Raupen. Während des Höhepunkts der Raupenverfügbarkeit ist der Energiefluss zum Nest insgesamt fünfmal höher als vor und nach diesem Peak (Naef-Daenzer & Keller 1999). Allerdings belegt die Nahrungs-analyse bei Kohl- und Blaumeisen im Untersuchungsgebiet eine stetige Abnahme des Raupenanteils in der Nestlingsnahrung als Folge der Dimilin-Applikation. Nach Dimilinsätzen wechseln Vögel häufig die Hauptbeute (DeReede 1982, Cooper et al. 1990, Sample et al. 1993), da die Raupendichte zu stark reduziert worden ist. Kurz vor dem Ausfliegen der Jungvögel machten Raupen in der behandelten Fläche B nur noch 40 % der verfütterten Insekten aus. Vögel, die ihren Nachwuchs während der Phase größter Raupendichte aufziehen, haben nachweislich einen höheren Bruterfolg als zu anderen Zeiten (z. B. Tinbergen & Boerlijst 1990, Nager & Noordwijk 1995). Falls der Höhepunkt der Nahrungsverfügbarkeit sich zeitlich jedoch nicht mit dem Höhepunkt

des Energiebedarfs einer Brut deckt, führt dies zu deutlichen Unterschieden in der Überlebensfähigkeit der Jungvögel und damit im Reproduktionserfolg (Nager & Noordwijk 1995, Noordwijk et al. 1995).

Dimilin beendet die Phase der Raupenverfügbarkeit offenbar vorzeitig. Wie die Nahrungsanalyse in Fläche B zeigte, fallen Raupen noch während der Nestlingsphase als Hauptnahrungsquelle aus. Vögel in behandelten Gebieten müssen also schon eher als üblich auf die energieärmere Sommernahrung umsteigen, die vor allem aus *Homoptera* und *Coleoptera* besteht (Sample et al. 1993). Doch die Umstellung auf andere Insektenbeute stellt während der Nestlingsphase – anders als zu einem späteren Zeitpunkt der Brutsaison – keine echte Alternative zu den energiereichen Raupen dar (Sample et al. 1993). Als Folge des Dimilinsatzes ist der Energiefluss zum Nest reduziert und erreicht nie das Maximum. Den Meisen in Fläche B gelang es zwar, ähnlich viele Beutetiere an die Nestlinge zu verfüttern wie die Altvögel in der unbehandelten Nullfläche. Dennoch dominierten in der behandelten Fläche letztlich die energieärmeren adulten Entwicklungsstadien. Auf diese Weise konnte der Energiebedarf der Nestlinge vermutlich nicht optimal gedeckt werden. Eine solche Beeinträchtigung der Brutpflege führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Verringerung der Überlebensfähigkeit der jungen Vögel (Tinbergen & Boerlijst 1990).

Zwar ist die Stichprobe mit insgesamt sechs Brutten relativ klein, doch das Ergebnis steht im Einklang mit den Resultaten anderer Studien, die ebenfalls eine Umstellung der Vogelernährung und des Verhaltens nach Dimilinsätzen feststellten. Cooper et al. (1990) wiesen nach, dass die Nahrungssuche sich zeitaufwendiger gestaltet, da die Vögel mangels Raupennahrung Jagd auf kleinere oder schwieriger zu erbeutende Insekten machen müssen. Daneben kommt es zu einer Veränderung der Raumnutzung durch Vergrößerung des Jagdgebiets, Nutzung anderer Straten oder Verlassen des Gebiets (Cooper et al. 1990). Letztlich kommt es zu einer Abnahme der Fettreserven bei den Altvögeln (Whitmore et al. 1993) und einer Verringerung des Bruterfolgs (DeReede 1982, Havelka & Ruge 1988).

Einfluss auf den Bruterfolg von Höhlenbrütern. Die Überlebensrate von Jungvögeln ist umso größer, je höher ihr Gewicht beim Verlassen des Nestes ist. Werden Raupen so selten, dass pro Minute weniger als 15 mg dieser Larven an die Brut verfüttert werden, verlangsamt sich das Wachstum der Küken deutlich (Naef-Daenzer & Keller 1999). Die Jungtiere werden dennoch flügge, jedoch verlassen sie das Nest mit einem deutlich geringeren Gewicht als Altersgenossen, die stärker mit Raupen gefüttert wurden. Daher war der Erstbruterfolg der Meisen in beiden hier untersuchten Flächen ähnlich hoch, die Zahl flügger Jungvögel pro Nest unterschied sich nicht signifikant. In Wiederfang-Experimenten von Tinbergen & Boerlijst (1990) wurden gut entwickelte Jungvögel, die ihr Nest mit einem Gewicht von 17 g verlassen hatten, in der folgenden Brutsaison mit einer Wahrscheinlichkeit von 16 Prozent erneut gefangen. Dagegen lag die Wahrscheinlichkeit, einen „leichten“ Vogel mit 13 g Gewicht im Folgejahr wiederzufangen, unter fünf Prozent.

Daraus lässt sich schließen, dass das Überleben junger Vögel grundlegend bestimmt wird vom Energiefluss, der die Brut während der Nestlingsphase erreicht. Der Bruterfolg alleine reicht nicht aus, um den Reproduktionserfolg der Meisen abschließend zu beurteilen.

In der vorliegenden Untersuchung wurde nur in 15 (B) bzw. vier Prozent (N) der Fälle das Erstgelege vorzeitig verlassen. In Untersuchungen von Havelka & Ruge (1988) nach einer Dimilin-Behandlung in einem Kiefern-Laubholz-Bestand kam es zwar im Laufe der Nestlingsphase bei Kohlmeisen und Trauerschnäppern *Ficedula hypoleuca* zu Jungvogelverlusten. Im Vorfeld wurde in den Untersuchungen dieser Autoren jedoch keine Brut abgebrochen, ohne dass ein anderer Vogel ein Nachgelege gezeitigt hätte. Der Abbruch der Brut im hier untersuchten Eichenwald war also vermutlich kein Effekt der Dimilin-Behandlung. Wurden Brutten vorzeitig beendet, geschah das in den meisten Fällen vor der Behandlung mit dem Insektizid. Die Gründe dafür sind nicht bekannt. Zweifellos stellten die Nistkastenkontrollen eine Belästigung für die brütenden oder fütternden Altvögel dar. Doch da die Kästen auf beiden Flächen mit gleicher Intensität kontrolliert wurden, muss sich dieser Einfluss auch in gleichem Maße niederschla-

gen haben. Überdies sind laut Winkel (1993, 1996) Kontrollen bei Kunsthöhlenbrütern problemlos möglich, ohne den Lebensablauf der einzelnen Individuen zu stören.

Unter bestimmten energetischen Voraussetzungen können Meisen ein zweites Mal brüten (Winkel 1993). Die Quote ist je nach Jahr und Gebiet unterschiedlich (Winkel, pers. Mitt.).

Da die hier untersuchten Gebiete unmittelbar benachbart liegen, hätte die Zweitbelegung der Kästen unter normalen Umständen – also ohne Insektizideinsatz – in gleichem Umfang erfolgen müssen.

Es ergaben sich jedoch erhebliche Unterschiede zwischen Null- und Bekämpfungsfläche: Während in der Fläche N immerhin noch in 41 % der Kästen (zwölf von 29) ein Zweitbrutversuch stattfand, waren in B nur 7 % der Kästen (zwei von 30) ein zweites Mal von Kohlmeisen belegt.

Die geringe Zweitbrutrate im Fläche B im Jahr 2005 hat möglicherweise folgende Ursache: Bei der Erstbrut mussten die Vogeleltern gegen Ende der Nestlingsphase die Futtersuche bereits sehr intensiv betreiben, da die meisten Insektenlarven durch die Dimilin-Wirkung abgestorben waren. Außerdem ist die Versorgung der Jungvögel mit Ende der Nestlingsphase noch nicht abgeschlossen, sondern wird während des Ästlingsstadiums bis zur Selbständigkeit der Nachkommen noch geraume Zeit fortgesetzt. Insgesamt war der Energieverbrauch der Eltern bei der Jungenaufzucht wohl so hoch, dass eine zweite Brut im Jahr 2005 nicht mehr zu leisten war.

Die Gelegestärke der Meisen von durchschnittlich 10,1 Eiern in der B-Fläche liegt nach Winkel (1996) im oberen Bereich der langjährigen Durchschnittswerte für Kohl- und Blaumeisen (8,3 bis 11,0 bzw. 9,9 bis 11,8 Eier). Die durchschnittliche Gelegegröße in der Nullfläche liegt mit 11,9 Eiern sogar etwas höher als der Durchschnittswert „guter Meisenjahre“. Vermutlich sind die Meisen im gesamten Untersuchungsgebiet mit sehr guter Kondition in die Brutsaison 2005 gestartet, da die Flächen bereits 2004 vom Schwammspinner und Frostspanner befallen waren. Raupennahrung war daher im Überfluss vorhanden, die Jungenaufzucht erforderte keinen ungewöhnlich hohen Energieaufwand. Untersuchungen von Winkel (1996) ergaben, dass bei diesen Kleinvögeln innerhalb von Fünf-Jahres-Perio-

den erhebliche Bestandsschwankungen auftreten können. Deshalb ist diese hohe durchschnittliche Gelegezahl nicht als außergewöhnlich anzusehen.

Dies gilt ebenfalls für die durchschnittliche Anzahl flügger Jungvögel pro Brut. In B wurden durchschnittlich 8,7 Blau- bzw. Kohlmeisen je Nest flügge, in N waren es 10,0. Dies entspricht den Angaben von Winkel (1996): aus Kohlmeisengelegen entwickeln sich demnach im Durchschnitt 6,4 bis 10,3 Jungvögel, bei Blaumeisen 6,5 bis 10,9 Jungvögel.

Die vorliegenden Untersuchungen ergaben, dass die Erstbrut höhlenbrütender Singvögel in Dimilin-behandelten Flächen im Vergleich zu unbehandelten Flächen hinsichtlich der Zahl flügger Jungvögel kaum beeinträchtigt wird. Der absolute Bruterfolg war im Behandlungsjahr in der Nullfläche etwas höher, jedoch war der Unterschied nicht signifikant. Auch DeReede (1982) untersuchte den Bruterfolg von Feldsperlingen, Kohl- und Blaumeisen in Dimilin-behandelten und unbehandelten Flächen. Es ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede.

Im Unterschied dazu kam es bei den Studien von Havelka & Ruge (1988) in den behandelten Gebieten zu einer Nestlingsmortalität von 46 %. Der Bruterfolg von Kohlmeisen und Trauerschnäppern in Dimilin-Flächen war somit deutlich geringer als in unbehandelten Abschnitten, wo die Nestlingsmortalität nur 7,5 % betragen hatte. Havelka & Ruge (1988) gehen allerdings davon aus, dass ein Großteil der Mortalität von der ungünstigen Witterung (extreme Niederschläge) verursacht wurde. Dimilin alleine hätte nach Ansicht der Autoren nicht solch schwerwiegende Auswirkungen gehabt. Joermann (1993) jedoch vermutet, dass die von Havelka & Ruge (1988) ermittelte Nestlingsmortalität durchaus vom Dimilineinsatz beeinflusst wurde. Die Verminderung des Nahrungsangebots habe die Versorgung der Nestlinge erschwert.

Bei der Kontrolle von drei Mittelspecht- und zwei Buntspechthöhlen nach dem Ende der Brutzeit wurden keine verendeten Jungvögel entdeckt. Zwar sind dies Einzelbeobachtungen, doch sie weisen darauf hin, dass diese Spechtarten im Untersuchungsgebiet nicht massiv von den Folgen der Dimilin-Applikation betroffen waren. Denn auch die Auswertung der Kartierungen in Bezug auf Spechte ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den

Flächen. Vermutlich veranlasste der Insektizideinsatz die Vögel nicht dazu, ihre Reviere aufzugeben. Alleine durch die Versorgung der Jungvögel war die Bindung an die Bruthöhle wohl so stark, dass die Vögel eher auf andere Beute auswichen, als das Territorium zu verlassen.

Sicherlich führte die enge Nachbarschaft von Null- und behandelte Fläche ebenfalls dazu, dass die Spechte nur wenig unter der Raupenknappheit in B litten. Für die relativ großen Vögel war die Nullfläche sehr leicht erreichbar. Auch wenn dieser Ortswechsel Konflikte mit den dortigen Revierbesitzern verursacht haben mag, konnte der Nahrungseingpass überwunden werden. Die Jungvögel wurden daher erfolgreich großgezogen, wenn auch mit mehr Aufwand. Wie stark sich ein großflächiger Einsatz des Häutungshemmers auf Bunt- und Mittelspechte auswirkt, wenn die Tiere keine Möglichkeit haben, in unbehandelte Flächen in direkter Nachbarschaft des eigenen Reviers zur Nahrungssuche überzuwechseln, ist anhand dieser Studie nicht einzuschätzen.

Die Ergebnisse der von Bosch (1995) durchgeführten Bruthöhlenkartierungen belegen, dass Buntspechte von einer Schwammspinnerkalamität direkt profitieren können. Nach einer bereits drei Jahre währenden Schwammspinnergradation in einem Eichen-Buchen-Bestand wurden in den Bereichen, die eine hohe Raupendichte aufwiesen, signifikant mehr Buntspecht-Brutpaare (2,4 Brutpaare [BP]/10 ha) registriert, als in nicht geschädigten Flächen (1,2 BP/10 ha). Nach einem Dimilinsatz waren die Brutpaardichten im Folgejahr wieder auf ein durchschnittliches Niveau gefallen. Bosch (1995) geht davon aus, dass Buntspechte von dem hohen Nahrungsangebot und der Schwächung von Bäumen nach Kahlfraßphasen lediglich vorübergehend profitieren.

Schlussfolgerungen

Wie die Auswertungen zeigen, hat Dimilin trotz seiner relativ selektiven Wirkungsweise und der in Bayern verwendeten niedrigeren Konzentration noch immer einen gewissen negativen Effekt auf die Avizönose eines behandelten Gebietes.

Die Zahl der Jungvögel, die aus der ersten Jahresbrut hervorgehen, wurde durch den

Insektizideinsatz nicht verringert. Die Zweitbrutrate dagegen war nach der Behandlung stark reduziert und der Bruterfolg lag deutlich unter dem in der Nullfläche.

Der Dimilin-bedingte Raupenmangel wurde durch die Erbeutung energieärmerer Insekten zum Teil kompensiert. Erkenntnisse anderer Untersuchungen lassen vermuten, dass durch den überraschenden Nahrungseingpass während der Aufzuchtphase die Überlebensfähigkeit junger Meisen und die zukünftige Reproduktionsrate der Altvögel verringert werden.

Zusammenfassung

Ziel dieser Untersuchung war es, den Einfluss des Insektizids Dimilin bzw. seines Wirkstoffs Diflubenzuron auf die Avizönose zu ermitteln. In den Jahren 2004 und 2005 wurde die Vogelmehrheit eines Eichenwaldes in Nordbayern untersucht, indem eine behandelte Fläche mit einer unbehandelten verglichen wurde. Die Reaktion der Avizönose wurde mittels quantitativer Rasterkartierung auf je 30 ha erfasst. Die Zusammensetzung der Nestlingsnahrung von Singvögeln wurde durch Infrarotkameras in je drei Nistkästen erforscht. Zur Ermittlung des Bruterfolgs von Singvögeln wurden jeweils 30 Nistkästen kontrolliert. Der Bruterfolg von Mittel- und Buntspechten *Dendrocopos medius* und *D. major* wurde in je drei bzw. zwei Höhlen mithilfe einer kleinen Kamera untersucht, die in die Bruthöhle eingeführt wurde.

Nach dem Insektizideinsatz waren die Dichte und die Diversität der Vögel insgesamt signifikant geringer als in der Nullfläche. Innerhalb der Nahrungsgilden ging die Dichte der Insektenfresser signifikant zurück. Der Anteil der Raupen in der Nestlingsnahrung von Kohl- und Blaumeisen *Parus major*, *P. caeruleus* nahm nach der Insektizid-Applikation stetig ab. Die Zahl der verfütterten Insekten blieb annähernd gleich. Die Elternvögel kompensierten den Mangel an energiereichen Raupen zunehmend durch Verfütterung energieärmerer geflügelter Insekten. Die Erstbrut von Kohl- und Blaumeisen wurde hinsichtlich der Zahl flügger Jungvögel pro Kasten nicht messbar beeinflusst, Zweitbruten dagegen fanden in der behandelten Fläche kaum statt. Der Bruterfolg der Spechtarten wurde nicht messbar beeinträchtigt.

Dank. Mein Dank gilt der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), insbesondere den Mitarbeitern der Sachgebiete Waldschutz und Naturschutz, die dieses Forschungsprojekt überhaupt erst ermöglicht haben und die mich bei der Durchführung umfassend unterstützten.

Literatur

- Bell, J. L. & Whitmore, R.C. (1997): Bird populations and habitat in *Bacillus thuringiensis* and Dimilin-treated and untreated areas of hardwood forest. *Am. Mid. Nat.* 137: 239-250.
- Bibby, C. J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. (1995): Methoden der Feldornithologie. Verlag Neumann, Radebeul.
- Bibby, C. J., Burgess, N.D., Hill, D.A. & Mustoe, S. (2000): Bird census techniques. Academic Press, London.
- Bosch, S. (1995): Brutergebnisse beim Buntspecht (*Dendrocopos major*) während und nach einer Gradation des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) am Heuchelberg. *Ornithol. Anz.* 34: 151-154.
- Cooper, R. J., Dodge, K. M., Martinat, P. J., Donahoe, S. B. & Whitmore, R. C. (1990): Effect of Diflubenzuron application on eastern deciduous forest birds. *J. Wildl. Manage.* 54: 486-493.
- DeReede, R.H. (1982): A field study on the possible impact of the insecticide Diflubenzuron on insectivorous birds. *Agro-Ecosyst.* 7: 327-342.
- Dufrène, M. & Legendre, P. (1997): Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.* 67: 345-366.
- Eisler, R. (1992): Diflubenzuron hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review. U.S. Dept. Int. Fish Wildl. Serv. Maryland, Contaminant Hazard Rev. Rep. 25: 1-84.
- Glutz von Blotzheim, U.N. (Hrsg.) (1993): Handbuch der Vögel Mitteleuropas – Passeriformes (4. Teil) Muscicapidae, Paridae. AULA-Verlag GmbH, Wiesbaden.
- Havelka, P. & Ruge, K. (1988): Auswirkungen der Bekämpfung des Waldmaikäfers (*Melolontha hippocastani* F.) im Forstbezirk Karlsruhe-Hardt auf die Avifauna. *Mitt. d. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt BW* 132: 117-140.
- Hill, M.O. & Gauch, H.G. (1980): Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- Joermann, G. (1993): Auswirkungen der Schwammspinnerbekämpfung mit chemischen und biologischen Pflanzenschutzmitteln auf Säugetiere und Vögel. *Mitt. BBA* 293: 230-235.
- Jongmann, R.H.G., ter Braak, C.J.F. & van Tongeren, O.F.R. (Hrsg.) (1995): Data analysis and landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lözan, J.L. & Kausch, H. (2004): Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg.
- Martin, T.E. (1987): Food as a limit on breeding birds: a life-history perspective. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 453-487.
- Martinat, P.J., Coffmann, C.C., Dodge, K., Cooper, R. J. & Whitmore, R.C. (1988): Effect of diflubenzuron on the canopy arthropod community in a central Appalachian forest. *J. Econ. Entomol.* 81: 261-267.
- Naef-Daenzer, B. & Keller, L.F. (1999): The foraging behaviour of great and blue tits (*Parus major* and *P. caeruleus*) in relation to caterpillar development, and its consequences for nestling growth and fledgling weight. *J. Anim. Ecol.* 68: 708-718.
- Naef-Daenzer, L., Naef-Daenzer, B. & Nager, R. (2000): Prey selection and foraging performance of breeding Great Tits *Parus major* in relation to food availability. *J. Avian Biol.* 31: 206-214.
- Nager, R. & Noordwijk, A.J. van (1995): Proximate and ultimate aspects of phenotypic plasticity in timing of great tit breeding in a heterogeneous environment. *American Naturalist* 146: 454-474.
- Noordwijk, A.J. van, McCleery, R.H. & Perrins, C.M. (1995): Selection for the timing of great tit breeding in relation to caterpillar growth and temperature. *J. Anim. Ecol.* 64: 451-458.
- Patočka, J., Kristín, A., Kulfan, J. & Zach, P. (Hrsg.) (1999): Die Eichenschädlinge und ihre Feinde. Druckerei Nikara, Krupina.
- Perrins, C.M. (1965): Population fluctuations and clutch size in the great tit (*Parus major* L.). *J. Anim. Ecol.* 34: 601-647.
- Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis (2005): Teil 4 Forst. Bundesamt f. Verbraucherschutz u.

- Lebensmittelsicherheit (Hrsg.), Braunschweig.
- Redford, K.H. & Dorea, J.G. (1984): The nutritional value of invertebrates with emphasis on ants and termites as food for mammals. *J. Zool.* 203: 385-395
- Sachs, L. (2004): *Angewandte Statistik*. Springer Verlag, Berlin
- Sample, B.E., Cooper, R.J. & Whitmore, R.C. (1993): Dietary shifts among songbirds from a Diflubenzuron-treated forest. *Condor* 95: 616-624.
- Schönfeld, F., Hacker, H., Bußler, H., Gruppe, A., Schlumprecht, H., Goßner, M. & Müller, J. (2006): Einfluss des Häutungshemmers Diflubenzuron auf die Fauna von Waldlebensgemeinschaften. *Forstl. Forschungsber. München* 201.
- Skatulla, U. & Lobinger, G. (1995): Wirkung von Dimilin bei reduzierten Aufwandmengen. *AFZ* 1: 52-54.
- Tinbergen, J.M. & Boerlijst, C.M. (1990): Nestling weight and survival in individual great tits (*Parus major*). *J. Anim. Ecol.* 59: 1113-1127.
- Utschick, H. (2002): Vergleichende waldökologische Untersuchungen in Naturwaldreservaten (ungenutzten Wäldern) und Wirtschaftswäldern unterschiedlicher Naturnähe (unter Einbeziehung der Douglasie) in Mittelschwaben. Abschlussbericht Teilband 5/2 Vögel. Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz TU München.
- Whitmore, R.C., Cooper, R.J. & Sample, B.E. (1993): Bird fat reductions in forests treated with Dimilin. *Environ. Toxicol. Chem.* 12: 2059-2064.
- Winkel, W. (1970): Experimentelle Untersuchungen zur Brutbiologie von Kohl- und Blau-meise (*Parus major* und *P. caeruleus*). *J. Ornithol.* 111: 154-174.
- Winkel, W. (1993): Zur Brutbiologie der Kohlmeise (*Parus major*) – Befunde aus dem Braunschweiger „Höhlenbrüterprogramm“. *Braunschweig. Heimat* 79: 98-105.
- Winkel, W. (1996): Das Braunschweiger Höhlenbrüterprogramm des Instituts für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“. *Vogelwelt* 117: 269-275.
- Wright, J., Both, C., Cotton, P.A. & Bryant, D. (1998): Quality vs. quantity: energetic and nutritional trade-offs in parental provisioning strategies. *J. Anim. Ecol.* 67: 620-634.
- Wulf, A. & Berendes, K.-H. (1994): Zur Anwendung von Dimilin gegen Schwammspinner im Forst. *AFZ* 7: 328-330.

Eingereicht am 7. April 2007

Revidierte Fassung eingereicht am 16. Juni 2007

Angenommen am 4. Juli 2007



Fiona Schönfeld, Jg. 1981, studiert derzeit Ökologie an der TU München und untersucht den Zusammenhang zwischen Vogelzug und klimatologischen Phänomenen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Ornithologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [46_2-3](#)

Autor(en)/Author(s): Schönfeld Fiona

Artikel/Article: [Einfluss des Insektizids Dimilin \(Diflubenzuron\) auf die Avifauna eines Eichen-Hainbuchen-Waldes in Unterfranken 104-120](#)