

Analyse des Bestandsrückgangs beim Mittelspecht *Dendrocopos medius* von 1978–2002 im Kanton Zürich: Grundlagen für den nachhaltigen Schutz einer gefährdeten Waldvogelart

Jost Bühlmann und Gilberto Pasinelli



BÜHLMANN, J. & G. PASINELLI (2012): Analysis of the population decline of the Middle Spotted Woodpecker *Dendrocopos medius* from 1978–2002 in the canton of Zurich: basic information for the sustained protection of a threatened forest bird species. Ornithol. Beob. 109: 73–94.

The size of the Middle Spotted Woodpecker population in the canton of Zurich, Switzerland, declined by 22 % from 1978 to 2002 (Bühlmann et al. 2003). To find possible reasons for this decline, changes in oak forests in terms of area and age structure over the study period were assessed on the basis of forestry plans and aerial photographs. Since the 1970s, oak area of 50 forests with an oak share of ≥ 10 % declined by 27 %, oak volume by 11 % and the number of stems by 25 %. An average of 1045 oaks with a diameter at breast height from 8–16 cm and larger were found in a Middle Spotted Woodpecker territory, corresponding to an average oak volume of 1477 m³. Although only just about 15 % of the forests examined had an oak share of at least 50 %, these forests held 30 % of all woodpecker territories in 2002. In contrast, 57 % of the forests had an oak share below 30 %, but hosted only 34 % of all territories. In a second step, we analysed the relationships between changes in numbers of Middle Spotted Woodpeckers and changes in area, quality and connectivity of oak forests. The decrease in population size in a given oak forest was most strongly related to an increase in isolation of the forest. Both from 1978 to 1988 and from 1988 to 2002, we found a positive relationship between the reduction in the sizes of occupied oak forests within 3 km of a given local oak forest and the population size within that local oak forest. Furthermore, the reduction in Middle Spotted Woodpecker numbers in a given oak forest was associated with the reduction in area of the respective local oak forest, but only for the period 1988 to 2002. Changes in woodpecker population size were neither related to changes in the quality of an oak forest, with quality expressed as the number of old oaks per ha and the oak volume per ha, respectively, nor to the amount of oak forest (irrespective of occupation by the Middle Spotted Woodpecker) in the vicinity of that local population. Our findings suggest that the oak area of both a local forest and of occupied forests within 3 km of this forest should be the primary targets of Middle Spotted Woodpecker conservation. In addition, oak share in a forest should be above 30 %. Finally, large oaks should not be removed to avoid an increasing concentration of the overall oak volume in a smaller and smaller number of trees.

Jost Bühlmann, Arbeitsgemeinschaft Mittelspecht, Nidelbadstrasse 65, CH–8038 Zürich, E-Mail jost.buehlmann@gmx.ch; Gilberto Pasinelli, Schweizerische Vogelwarte, CH–6204 Sempach

Der Mittelspecht *Dendrocopos medius* besiedelt in weiten Teilen seines Verbreitungsgebiets alte, eichenreiche Wälder (Pasinelli 2003). Diese enge Bindung macht ihn anfällig für Veränderungen in der Qualität und Quantität des zur Verfügung stehenden Habitats. Gesamtschweizerisch wurde im Aktionsplan Mittelspecht mit einem Bestand von 479–618 Brutpaaren gerechnet (Pasinelli et al. 2008), wobei diese Werte aufgrund neuer Erkenntnisse durch systematische Kartierungen in den Kantonen Aargau (FORNAT 2010) und Jura (A. Bassin, pers. Mitt.) zu tief sind. Die Bestandsentwicklung in der Schweiz war in den letzten Jahrzehnten unterschiedlich (Schmid et al. 1998). Gegenwärtig scheint sich die Art wieder auszubreiten (Mollet et al. 2009) und die Bestände nehmen lokal zu (Wegglar et al. 2009, Bühlmann in Vorb.). In der aktuellen Roten Liste der Brutvögel der Schweiz wird der Mittelspecht neu als potenziell gefährdet (NT – near threatened) klassiert (Keller et al. 2010b).

Der Mittelspecht ist eine von 50 prioritären Vogelarten, für deren Erhaltung und Förderung die Schweiz im Rahmen von Artenschutzprogrammen besondere Massnahmen ergreifen will (Bollmann et al. 2002, Keller et al. 2010a). Im Kanton Zürich ist der Mittelspecht ferner eine von drei prioritären Vogelarten für den Artenschutz. Der Aktionsplan Mittelspecht des Kantons Zürich sieht vor, den Bestand langfristig zu erhöhen (Wegglar 2004). Der Kanton Zürich hat schon früh die Bedeutung der Eichenwälder für den Mittelspecht erkannt und drei kantonsweite Bestandserhebungen ermöglicht. Massnahmen zum Schutz des Mittelspechts fanden Aufnahme in die forstliche Planung und Bewirtschaftung der Eichenwälder. Insbesondere im Hauptverbreitungsgebiet des Mittelspechts im Kanton Zürich unternahmen die Kreisforstämter grosse Anstrengungen, um den Eichenwald zu fördern und zu erhalten. Mit dem Eichenförderungsprojekt Niderholz (Pasinelli et al. 1998) übernahm der Kanton Zürich mit finanzieller Beteiligung der Fachstelle für Naturschutz und des Bundes Pionierarbeit, die bis nach Deutschland und Österreich Beachtung fand.

Im Kanton Zürich wurde im Jahr 2002 die dritte vollständige Kartierung des Mittel-

spechts nach 1978 und 1988 durchgeführt (Müller 1982, Müller & Wagnière 1996). Zwischen 1978 und 2002 wurde ein deutlicher Bestandsverlust von 148 auf 106 Paare (–22 %) festgestellt (Bühlmann et al. 2003). Die stärksten Rückgänge fanden dabei in den «grossen» Eichenwaldobjekten im Niderholz, am Cholfirst und im Wehntal (Egghalden) statt. Daneben sind mehrere isolierte Vorkommen erloschen. Letzteres hat zu einer Reduktion des lokalen Verbreitungsgebiets im Kanton Zürich auf rund die Hälfte von 1978 geführt. Gemäss Mollet et al. (2009) lag der Bestandsindex des Mittelspechts für das Jahr 2002 im Bereich der Indexwerte seit 1990, was darauf hindeutet, dass 2002 kein aussergewöhnliches Jahr für den Mittelspecht gewesen ist. Eine deutliche Zunahme der Art fand ab 2005 statt (Mollet et al. 2009).

In der vorliegenden Arbeit suchten wir nach möglichen Gründen für die Bestandsveränderungen des Mittelspechts im Kanton Zürich zwischen 1978 und 2002. Anhand von Forstdaten aus den drei Jahrzehnten sowie Luftbilddauswertungen der Wälder dokumentierten wir Veränderungen in den Eichenwäldern bezüglich Fläche und Altersstruktur seit 1978. In einem zweiten Schritt analysierten wir mögliche Zusammenhänge zwischen den Bestandsveränderungen des Mittelspechts und Veränderungen bezüglich Fläche, Qualität und Vernetzung der vom Mittelspecht besiedelten Eichenwälder. Die Qualität der Eichenwälder wurde durch Eichenstammzahl und -volumen pro ha charakterisiert, beides Masse, die für die Verbreitung und Häufigkeit des Mittelspechts als relevant eingestuft werden (Übersicht in Pasinelli 2003). Um den Einfluss von Änderungen der Vernetzung auf die Bestandsabnahmen des Mittelspechts zu untersuchen, konzentrierten wir uns auf Masse, die Veränderungen in der Fragmentierung der Eichenwälder wiedergeben. Wir beschränkten uns in allen Analysen auf alte, eichenreiche Laubwälder, weil die Art im Kanton Zürich nur diese Lebensräume besiedelt. Schliesslich sollten durch diese Studie die Kenntnisse der Ansprüche des Mittelspechts bezüglich Habitatqualität und Vernetzung erweitert werden.

1. Material und Methoden

1.1. Grundlagen

Die Wald-Betriebspläne (WB, früher Wirtschaftspläne) der öffentlichen Wälder bilden die Grundlage für die forstlichen Daten. In der Regel werden die WB alle 10 Jahre durch den Kreisforstmeister und den örtlichen Förster erstellt. Der WB enthält einen Rückblick auf die Waldbehandlung des aktuellen Zeitabschnitts, den Waldzustand (Bestandstabelle, Baumartenzusammensetzung, Altersaufbau, Volumen und Stammzahl nach Baumarten, Vorratsberechnung, Hiebsatz), Finanzergebnis und die geplante Entwicklung für den nächsten Zeitabschnitt. In neuerer Zeit wird auf den Zeitpunkt der Aktualisierung eines WBs eine Wald-Bestandskartierung mittels Luftbildinterpretation durchgeführt, welche die Ermittlung der Baumartenzusammensetzung der Bestände in Prozent ermöglicht (10-%-Skalen). WB und Wald-Bestandskartierungen wurden uns von der Abteilung Wald der Baudirektion des Kantons Zürich zur Verfügung gestellt.

Die Revierpaarzahlen des Mittelspechts wurden 1978, 1988 und 2002 in den bekannten Eichenwaldobjekten im Kanton Zürich ermittelt (Schiess et al. 1981, Müller 1982, Müller & Wagnière 1996, unveröff., Bühlmann et al. 2003). Der Zeitpunkt der Mittelspechtkartierung und der forstlichen Datenerhebung stimmte nur in Einzelfällen überein. Wir verwendeten daher die WB, die zeitlich am nächsten bei den Mittelspechtkartierungen lagen. Die Daten für die WB wurden durchschnittlich 4,1 Jahre vor der Mittelspechtkartierung 1978, 3,8 Jahre vor der Kartierung 1988 und 3,1 Jahre vor der Kartierung 2002 erhoben. Im Folgenden bezeichnen wir als 1. Periode (bzw. 2. Periode bzw. 3. Periode) die forstlichen Daten, die sich auf die Mittelspechtkartierung 1978 (bzw. 1988 bzw. 2002) beziehen.

1.2. Untersuchungsgebiet

Die Untersuchung fand im Kanton Zürich statt. Die ornithologisch wertvollen Waldflächen des Kantons Zürich wurden 1978 in einem Inventar zusammengefasst (Schiess et al. 1981). Dieses sogenannte Wald-OI umfasste u.a. 105 Eichen-

waldobjekte, welche die Untersuchungsflächen in den Jahren 1978, 1988 und 2002 bildeten (Abb. 1).

Verschiedene Objekte wiesen 2002 nur noch wenige Alteichen auf oder waren zu klein und wurden deshalb aus der Stichprobe entlassen. Einige weitere, kleinere Objekte am Rande des Verbreitungsgebiets, in denen nie Mittelspechte nachgewiesen werden konnten, haben wir in den Analysen weggelassen. 74 Eichenwaldobjekte wurden in die Untersuchung einbezogen und bearbeitet. Für 60 Objekte waren alle erforderlichen Daten vorhanden.

1.3. Ermittlung der Eichenwaldflächen

Um ihre Entwicklung zu dokumentieren, wurden in einem ersten Schritt alle Eichenwaldflächen der 1. und 2. Periode aus den WB herausgeschrieben und anhand der Pläne (Massstab 1 : 5000) in digitale Karten eingezeichnet. Die Eichenwaldflächen der 3. Periode konnten aus der Bestandskartierung mittels Luftbildinterpretation in ArcView 3.3 bestimmt werden. Flächen ab 10 % Eichenanteil ab Entwicklungsstufe (Escd) 4, was einem Brusthöhen-Durchmesser BHD ab 41 cm (Ddom), einer Baumhöhe von über 28 m und ungefähr einem Alter ab 60–80 Jahren entspricht (Amt für Landschaft und Natur 2003), wurden dem Alteichenwald zugerechnet, Flächen ab 10 % Eichenanteil und Entwicklungsstufe 1–3 dem Jungeichenwald zugeschlagen. Die erstellten Karten der Eichenwaldflächen der 1. und 2. Periode wurden mit der Luftbildinterpretation der 3. Periode verglichen. Fanden wir in den Luftbildern alte Eichenwaldflächen, die in den Karten der 1. und 2. Periode fehlten, wurden diese Karten der 1. und 2. Periode mit den fehlenden Eichenwaldflächen (zumeist Mittelwaldflächen) ergänzt (Abb. 2). Zudem haben wir fehlende Eichenwälder, die aufgrund der Daten der 2. Periode bereits während der 1. Periode vorhanden gewesen sein mussten, bei der Eichenwaldfläche der 1. Periode in den Karten nachgeführt. In einem zweiten Schritt wurde die gesamte Eichenwaldfläche pro Objekt und Periode ermittelt.

Die effektive Eichenwaldfläche zur Zeit der 1. Bestandsaufnahme umfasste 3821 ha, die

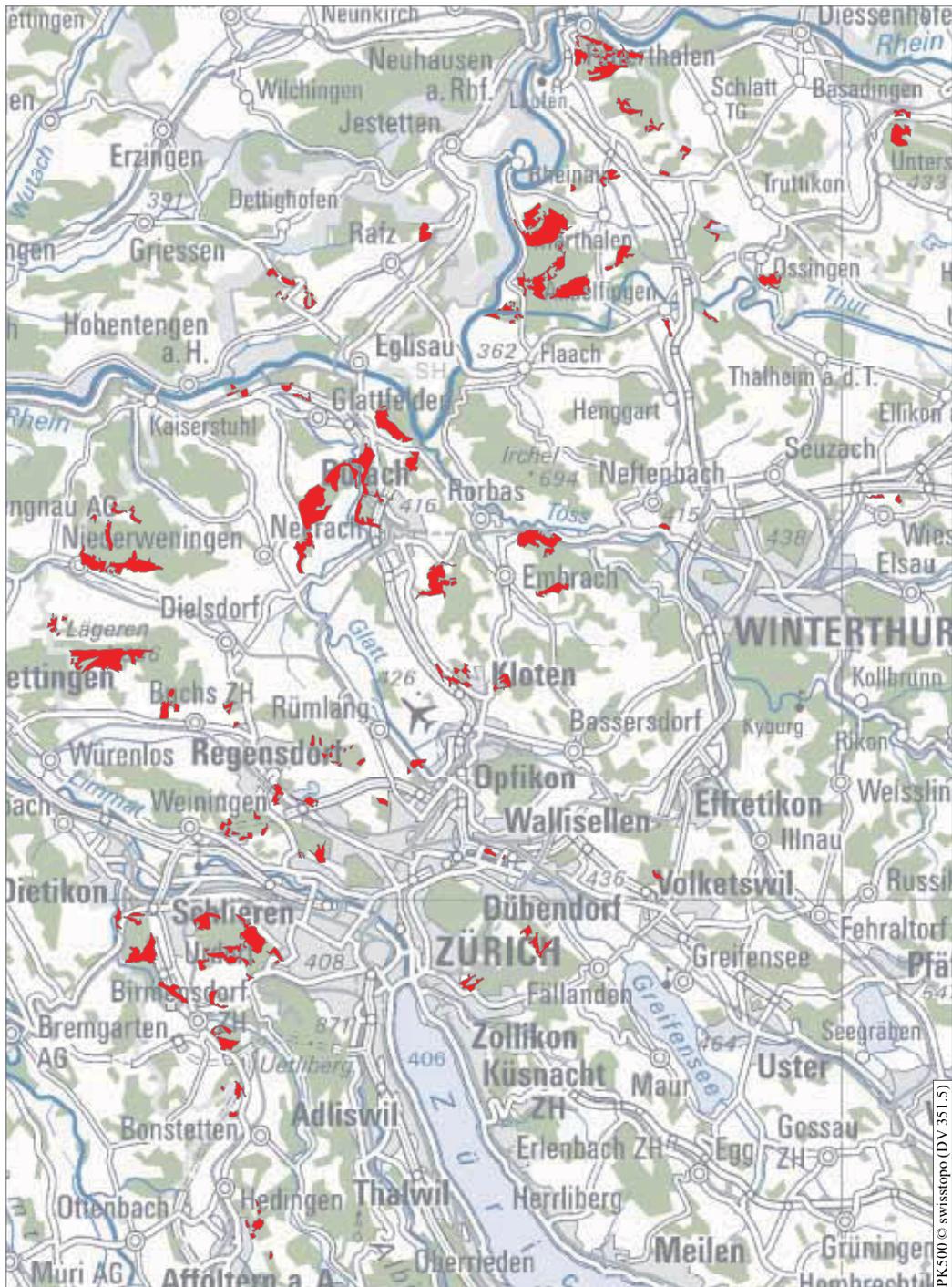


Abb. 1. Nach Mittelspechten abgesuchte Eichenwaldflächen (rot) in den Jahren 1978, 1988 und 2002 im Kanton Zürich. Massstab 1 : 150000. – Oak forest areas (red) surveyed for Middle Spotted Woodpeckers in the years 1978, 1988 and 2002 in the canton of Zurich. Scale 1 : 150000.

nach Mittelspechten abgesuchten Eichenwaldobjekte wiesen aber nur knapp 2000 ha auf. In der Analyse konnten nur die Flächen berücksichtigt werden, in denen 1978 tatsächlich Mittelspecht-Erhebungen durchgeführt worden waren.

1.4. Ermittlung der Vorratszahlen

In der 1. Periode waren die Daten durch Vollkluppierung (alle Bäume werden vermessen) ermittelt worden. In der 2. Periode wurde in etwa der Hälfte der Wälder bereits ein Stichprobenverfahren angewendet. In der 3. Periode basieren fast alle Angaben auf dem Stichprobenverfahren. Der minimale Brusthöhendurchmesser (BHD) der erfassten Bäume wurde von 8 cm in der 1. Periode im Laufe der Zeit auf 12 und 16 cm erhöht.

Auf das Volumen hat diese ungleiche Erfassung keinen nennenswerten Einfluss. Hingegen kann es bei der Stammzahl zu Veränderungen kommen, die nur auf der Wahl der Grösse des BHD (8, 12 und 16 cm) beruhen. Da der Jungwaldanteil (Entwicklungsstufe 1–3, Ddom bis 40 cm, Alter <60 Jahre) in den meisten Wäldern sehr gering ist, dürfte auch die dadurch entstehende Ungenauigkeit gering sein. In Wäldern mit grossem Anteil von Jungwald (z.B. Marthalen und Wasterkingen) ist die Ungenauigkeit etwas grösser, kommt aber primär durch Eichen zustande, die vom Mittelspecht noch nicht nutzbar sind.

Beim WB sind die Wälder in Abteilungen und Bestände gegliedert. Sämtliche Zahlen sind aus den Daten der Abteilungen, in denen das Eichenwaldobjekt liegt, zusammengestellt worden. Je nach Objekt betraf dies eine bis vier Abteilungen. Für die Jahre mit Stichprobenverfahren wurden die Stammzahlen und Volumen eines Eichenwaldobjekts als Prozentanteil der gesamten Stammzahl bzw. des gesamten Volumens pro Abteilung berechnet.

Beispielsweise betrug das Eichenvolumen des Eichenwaldobjekts Oberholz in der 1. Periode gemäss Vollkluppierung 59 % des ganzen Eichenvolumens von 12762 m³ der Gemeindewaldungen Ossingen. In den folgenden Perioden wurden für das Volumen des Eichenwaldobjekts Oberholz jeweils 59 % des

Gesamt volumens von 9199 m³ in der 2. Periode und von 8030 m³ in der 3. Periode eingesetzt.

1.5. Ermittlung der Mittelspechtvorkommen

Für jedes Eichenwaldobjekt wurde 1978, 1988 und 2002 die Anzahl Reviere des Mittelspechts bestimmt. Spechte gelten als schwierig zu erfassende Arten (Spitznagel 1993). Die Balzphase des Mittelspechts ist wetterabhängig und oft nur von kurzer Dauer. Deshalb wurden die Bestandserhebungen mit Hilfe einer Tonband-Klangatruppe durchgeführt.

Ungefähr alle 200 m wurde die «kick-kick-kick»-Rufreihe (Revieranzeige) abgespielt. Erfolgte keine Reaktion eines Mittelspechts, wurde die Rufreihe nach 3–5 min nochmals abgespielt. Blieb erneut eine Reaktion aus, wurden 3–4 Serien der «quäk-»Laute (Balz) abgespielt. Für die Tonbandatruppe wurden Aufnahmen von Blume et al. (1975) verwendet. Die Bestandserhebungen erfolgten von Mitte März bis Mitte Mai jeweils während des ganzen Tages. Die ermittelten Vorkommen wurden nach einheitlichen Kriterien zu Papierrevieren zusammengefasst (Details s. Bühlmann et al. 2003).

1.6. Statistische Analyse zur Bestandsveränderungen des Mittelspechts in Abhängigkeit der Habitatfaktoren

Für die in Kap. 2.4 präsentierten Analysen der Bestandsveränderungen des Mittelspechts in Zusammenhang mit Veränderungen des Habitats wurde für jedes Eichenwaldobjekt die prozentuale Änderung der Anzahl Mittelspechtreviere und der Habitatvariablen (s. unten) von 1978–1988 bzw. von 1988–2002 ermittelt. Herkömmliche Berechnungsmethoden, die als Referenzwert (Nenner) den Wert der 1. Kartierung verwenden, konnten hier nicht angewendet werden, da in manchen Wäldern die Anzahl Mittelspechtreviere von 1978–1988 auf 0 abnahm, danach bis 2002 wieder auf Werte über 0 anstieg. Deshalb wurden die Veränderungen auf den Mittelwert aus zwei sukzessiven Kartierungen nach der folgenden Formel berechnet:

$$\% = \frac{n \text{ Reviere}_{t+1} - n \text{ Reviere}_t}{(n \text{ Reviere}_{t+1} + n \text{ Reviere}_t) / 2} \times 100$$

Dabei ist t die 1. Kartierung (z.B. 1978) und $t+1$ die 2. Kartierung (z.B. 1988). Die Berechnung entspricht der Differenz der Werte aus

den beiden Perioden dividiert durch den Mittelwert dieser beiden Werte. Dadurch werden Ab- und Zunahmen symmetrisch (und zwischen den Wäldern vergleichbar) und schwanken zwischen -200% (Verschwinden) und $+200\%$ (Neubesiedlung). Dieses als «arc elasticity»

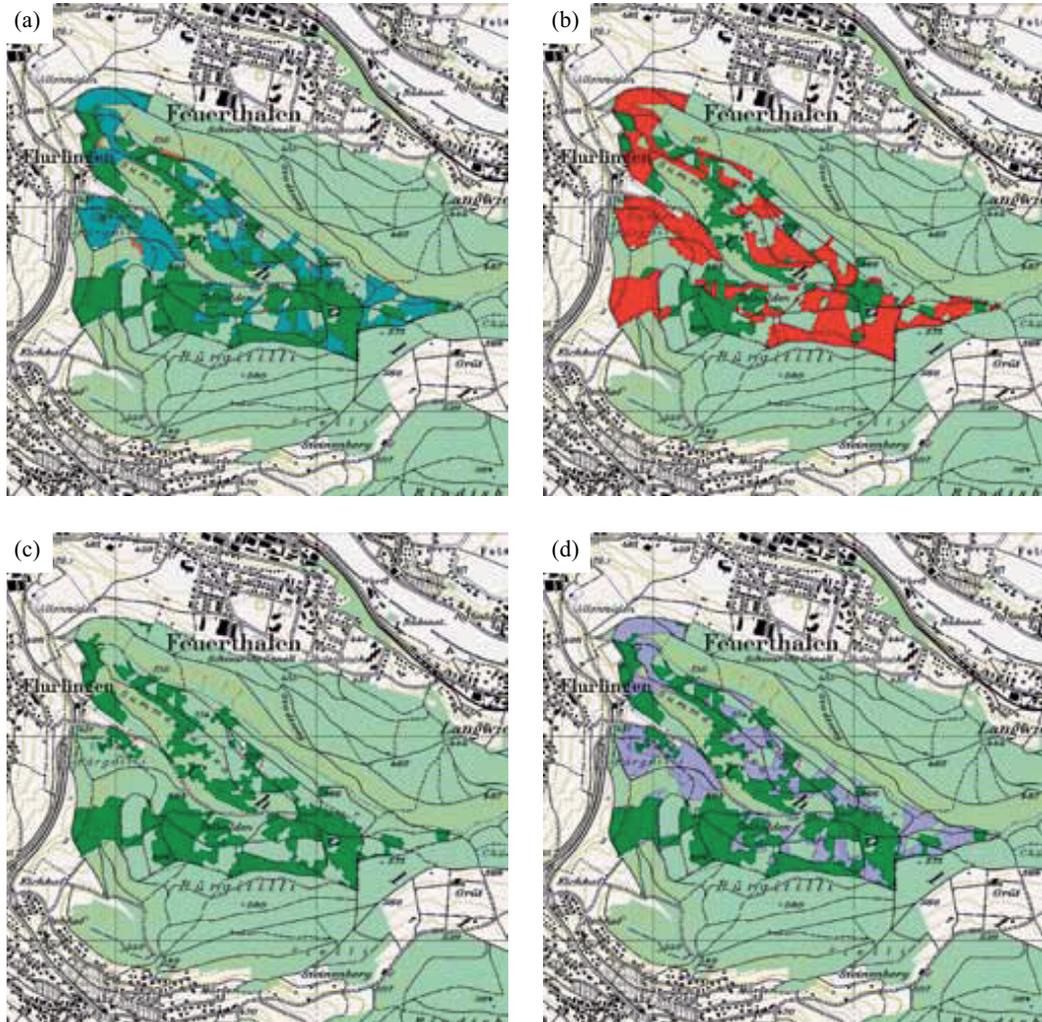


Abb. 2. Beispiel der Rekonstruktion und Entwicklung der Alteichenflächen der Gemeinde Flurlingen, Wald Nr. 5211, seit 1973. Massstab ca. 1 : 30000. (a) Alteichenwald 1973 (blau), zusammengeführt mit 1983 (rot) und den Luftbilddaten 2003 (grün); (b) Alteichenwald 1983 (rot), zusammengeführt mit den Luftbilddaten 2003 (grün); (c) Alteichenwald 2003 nach Luftbildinterpretation; (d) Alteichenwald-Rückgang (violett) seit 1973. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA 120220). – *Example of the reconstruction of and changes in areas covered by old oaks in the community Flurlingen since 1973. Scale approx. 1 : 30000. (a) Old oak forest 1973 (blue), merged with data from the forest operation plan of 1983 (red) and data from aerial images of 2003 (green); (b) old oak forest in 1983, merged with data from aerial images of 2003 (green); (c) old oak forest in 2003 according to aerial images; (d) decrease of old oak forest area (violet) since 1973.*

bzw. auch als «midpoint» oder «symmetric percent change» bezeichnete Mass ist in der Ökonomie weit verbreitet und wurde auch in ökologischen Untersuchungen angewendet (Böhning-Gaese & Bauer 1996, Weggler & Widmer 2001). Es wurde sowohl bei den Veränderungen des Mittelspechtbestands als auch der Habitatvariablen (s. unten) herangezogen. Die absoluten Differenzen wurden nicht verwendet, da sie untereinander nicht vergleichbar sind: Ein Rückgang von 3 auf 0 Revieren in einem Wald ist nicht dasselbe wie eine Abnahme von 30 auf 27 Revieren in einem anderen Wald. Als mögliche Faktoren, welche die Veränderungen des Mittelspechtbestands über die drei Jahrzehnte erklären könnten, wurden pro Objekt sechs Habitatvariablen untersucht:

- (1) Alteichenwaldfläche (im folgenden % Eichenwaldfläche genannt; zur Ermittlung s. Kap. 1.3),
- (2) Anzahl alter Eichen pro ha mit BHD >40 cm (% Anzahl alter Eichen pro ha),
- (3) Volumen alter Eichen pro ha (% Volumen alter Eichen pro ha),
- (4) Randlinie pro Fläche (bezogen auf die Alteichenwaldfläche des Objekts, % Randlinie pro Fläche, s. unten),
- (5) «Proximity index» für jedes Eichenwaldobjekt (% Proximity index, s. unten),
- (6) gesamte Alteichenwaldfläche innerhalb von 3 km um den geometrischen Mittelpunkt eines Eichenwaldobjekts (% Alteichenfläche pro 3 km, s. unten).

Habitatverlust und -fragmentierung äussern sich unter anderem in einer Zunahme der Randlinie der verbleibenden Habitatflächen (z.B. Fahrig 2003, Smith et al. 2009). Die Randlinie pro Fläche wurde deshalb als Mass dafür verwendet, wie stark sich ein Eichenwaldobjekt aufgrund von Habitatverlust und -fragmentierung über die Zeit verändert hatte. Die Länge der äusseren und allfälliger innerer Randlinien der Alteichenwaldfläche wurde für jedes Eichenwaldobjekt bestimmt und durch die Alteichenwaldfläche des entsprechenden Objekts dividiert. Höhere Werte entsprechen einer längeren Randlinie pro Fläche, eine prozentuale Zunahme der Randlinie pro Fläche von einer zur nächsten Periode also einem Anstieg der Fragmentierung.

Als Mass für die Isolation jedes Eichenwaldobjekts wurde der «Proximity index» ermittelt (McGarigal & Marks 1995). Dieser wurde berechnet, indem für ein Eichenwaldobjekt die Distanz zu jedem vom Mittelspecht besiedelten Eichenwaldobjekt in einer zuvor festgelegten Umgebungsfläche ermittelt, die Distanz durch die Grösse des zugehörigen Eichenwaldobjekts dividiert und die resultierenden Werte aufsummiert wurden. Berücksichtigt wurden besiedelte Eichenwaldobjekte im Abstand von maximal 3 km eines jeden Eichenwaldobjekts, da frühere Studien sowohl eine höhere Besiedlungswahrscheinlichkeit von Eichenwäldern innerhalb von 3 km (Müller 1982) als auch ein vergleichsweise wenig ausgeprägtes Dispersionsverhalten junger und adulter Mittelspechte nahelegten (Kossenko 2003, Kossenko & Kaygorodova 2003). Durch die Fokussierung auf 3 km wollten wir den Einfluss von Veränderungen in der näheren Umgebung eines Eichenwaldobjekts quantifizieren, einer Umgebung, die aufgrund oben genannter Studien für den Mittelspecht relevant erscheint. Als Distanz wurde der kürzeste Abstand zwischen Rändern der Eichenwaldobjekte berechnet (edge-to-edge distance). Befinden sich keine besiedelten Objekte (auch nur teilweise) innerhalb der festgelegten 3 km, nimmt der «Proximity index» den Wert 0 an (vollständige Isolation); höhere Werte bedeuten entsprechend abnehmende Isolation.

Als weiteres Mass zur Ermittlung möglicher Isolationseffekte errechneten wir die Alteichenwaldfläche im Umkreis von 3 km eines jeden Eichenwaldobjekts. Im Gegensatz zum «Proximity index» wurde hier die Fläche aller Eichenwaldobjekte, die innerhalb von 3 km um den geometrischen Mittelpunkt eines Eichenwaldobjekts lagen, summiert, unabhängig davon, ob sie besiedelt waren. Befand sich ein Eichenwaldobjekt teilweise innerhalb der Kreisfläche, wurde nur der in der Kreisfläche liegende Flächenanteil berücksichtigt.

Alle Berechnungen wurden in ArcView 3.3 durchgeführt. Für die Zeiträume 1978–1988 und 1988–2002 wurde je eine multiple lineare Regressionsanalyse in SAS 9.2 durchgeführt. In den multiplen Regressionsanalysen wurden nur Eichenwaldobjekte miteinbezogen, die während mindestens einer der beiden zu

vergleichenden Kartierungen (z.B. 1978 oder 1988) vom Mittelspecht besiedelt waren. Als abhängige Variable wurde jeweils die prozentuale Veränderung in der Anzahl Mittelspechtreviere zwischen zwei Kartierungen verwendet (z.B. 1978–1988). Als unabhängige Variablen flossen die sechs oben genannten Habitatvariablen in die Analysen ein.

Korrelationen zwischen den Habitatvariablen wurden mit dem Pearson-Korrelationskoeffizienten untersucht. Der exklusive Beitrag jeder unabhängigen Habitatvariablen zur Erklärung der Varianz in der abhängigen Variablen wurde durch den «squared semi-partial correlation coefficient» ermittelt, der mit der Option SCORR2 in SAS 9.2 angefordert werden kann. Der «squared semi-partial correlation coefficient» zeigt den Beitrag einer unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable, nachdem der Einfluss aller anderen unabhängigen Variablen auf die interessierende unabhängige Variable entfernt wurde (Abdi 2007).

Die Voraussetzungen der multiplen linearen Regression wurden grafisch geprüft (v.a. Residuenplot und Cook's D plot, SAS 9.2).

2. Ergebnisse

2.1. Entwicklung der Eichenwaldfläche

Zwischen der 1. Periode (1970er-Jahre) und der 3. Periode (2000er-Jahre) verringerte sich die

Eichenwaldfläche in den Stichproben-Wäldern um 26,7 % von 3822 ha auf 2802 ha (Tab. 1). Ohne die Wälder um Bülach, die einzigen mit einer Zunahme der Eichenwaldfläche, beträgt der Rückgang 32 %.

Die Entwicklung der Eichenwaldfläche in den einzelnen Wäldern ist sehr unterschiedlich. Sie reicht von einem Anstieg um 51 % (Bülach) bis zu einer Abnahme um 56 % (Winzler-Korporation Rheinau, deren Wälder durch den Sturm Lothar Ende 1999 massiv beeinträchtigt wurden).

Zwischen den ersten beiden Perioden (1970er- und 1980er-Jahre) wurden nur 82 ha Eichenwald angelegt. Viele dieser Flächen sind sehr klein und isoliert. Von den 866 ha Jung-eichenwald, die in der 3. Periode festgestellt wurden, weisen viele Flächen einen Eichenanteil von nur 10–20 % auf. In einigen Jung-holzflächen mit nur 10 % Eichenanteil ist mit einer weiteren Abnahme von Jungeichen durch Ausfall (Schneedruck, Mäusefrass, Wildschäden etc.) zu rechnen. Im Altersstadium dürften diese Flächen nur wenige Eichen aufweisen und für den Mittelspecht nicht geeignet sein.

2.2. Entwicklung der Vorratszahlen

2.2.1. Entwicklung des Eichenvolumens

Das Eichenvolumen in den öffentlichen Wäldern nahm seit der 1. Periode um 11,4 % von

Tab. 1. Entwicklung der Eichenwaldflächen im Kanton Zürich. (a) Öffentliche Wälder mit einem Eichenanteil von mindestens 10 % ($n = 50$); (b) Eichenwaldobjekte, die nach Mittelspechten abgesucht wurden ($n = 58$); (c) nur Eichenwaldobjekte mit Mittelspechtvorkommen während mindestens einer Periode ($n = 46$). Zur Einteilung der Perioden s. Kap. 1.1. – *Changes in oak forest area in the canton of Zurich. (a) Public forests with an oak share of at least 10 % ($n = 50$); (b) oak forests surveyed for Middle Spotted Woodpecker ($n = 58$); (c) only oak forests with presence of Middle Spotted Woodpecker in at least one period ($n = 46$). Period 1 roughly corresponds to the 1970s, period 2 to the 1980s and period 3 to the 2000s (cf. chapter 1.1).*

Periode	(a) öffentliche Wälder			(b) abgesuchte Wälder			(c) Wälder mit Mittelspecht		
	Fläche ha	Veränderung		Fläche ha	Veränderung		Fläche ha	Veränderung	
		ha	%		ha	%		ha	%
1 (1970er-Jahre)	3821,58			2380,99			2163,63		
2 (1980er-Jahre)	3388,06	-433,52	-11,3	2130,82	-250,16	-10,5	1935,01	-228,62	-10,6
3 (2000er-Jahre)	2802,10	-585,97	-17,3	1666,95	-463,87	-21,8	1506,67	-428,34	-22,1
Total		-1019,48	-26,7		-714,04	-30,0		-656,96	-30,4

Tab. 2. Entwicklung der Eichenvolumen im Kanton Zürich. (a) Öffentliche Wälder mit einem Eichenanteil von mindestens 10 % (n = 44); (b) Eichenwaldobjekte, die nach Mittelspechten abgesucht wurden (n = 58); (c) nur Eichenwaldobjekte mit Mittelspechtvorkommen während mindestens einer Periode (n = 46). Zur Einteilung der Perioden s. Kap. 1.1. – *Changes in oak volume in the canton of Zurich. (a) Public forests with an oak share of at least 10 % (n = 44); (b) oak forests surveyed for Middle Spotted Woodpecker (n = 58); (c) only oak forests with presence of Middle Spotted Woodpecker in at least one period (n = 46). For explanation of periods see Table 1.*

Periode	(a) öffentliche Wälder			(b) abgesuchte Wälder			(c) Wälder mit Mittelspecht		
	Volumen m ³	Veränderung		Volumen m ³	Veränderung		Volumen m ³	Veränderung	
		m ³	%		m ³	%		m ³	%
1 (1970er-Jahre)	386415			284877			259348		
2 (1980er-Jahre)	359877	-26538	-6,9	263997	-20880	-7,3	241865	-17483	-6,7
3 (2000er-Jahre)	342378	-17499	-4,9	246063	-17934	-6,8	225996	-15869	-6,6
Total		-44037	-11,4		-38814	-13,6		-33352	-12,9

386415 m³ auf 342378 m³ ab (Tab. 2). Der Rückgang war von der 1. zur 2. Periode mit 6,9 % etwas stärker als von der 2. zur 3. Periode mit 4,9 %.

Auch beim Eichenvolumen verlief die Entwicklung in den einzelnen Wäldern sehr unterschiedlich. In 11 Wäldern stieg das Volumen an. Die grösste Zunahme betrug 133 % in Glattfelden (allerdings bei einer kleinen Grundfläche). Der stärkste Verlust fand in Schlieren mit -73 % statt.

2.2.2. Entwicklung der Eichenstammzahl

Deutlich stärker als das Volumen verringerte sich die Stammzahl der Eichen seit der 1. Periode (um 25 % von 320623 auf 240397 Stämme; Tab. 3). Die Stammzahl wies von der 1. zur 2. Periode mit 15,4 % einen leicht stärkeren Rückgang auf als von der 2. zur 3. Periode mit 11,4 %.

In Glattfelden nahm die Stammzahl analog zum Volumen mit 71 % am meisten zu. Der grösste Verlust war am Hönninger- und Chäferberg mit 95 % zu verzeichnen.

Tab. 3. Entwicklung der untersuchten Eichenstammzahlen im Kanton Zürich. (a) Öffentliche Wälder mit einem Eichenanteil von mindestens 10 % (n = 44); (b) Eichenwaldobjekte, die nach Mittelspechten abgesucht wurden (n = 58); (c) nur Eichenwaldobjekte mit Mittelspechtvorkommen während mindestens einer Periode (n = 46). Zur Einteilung der Perioden s. Kap. 1.1. – *Changes in number of oak stems in the canton of Zurich. (a) Public forests with an oak share of at least 10 % (n = 44); (b) oak forests surveyed for Middle Spotted Woodpecker (n = 58); (c) only oak forests with presence of Middle Spotted Woodpecker in at least one period (n = 46). For explanation of periods see Table 1.*

Periode	(a) öffentliche Wälder			(b) abgesuchte Wälder			(c) Wälder mit Mittelspecht		
	Stammzahl n	Veränderung		Stammzahl n	Veränderung		Stammzahl n	Veränderung	
		n	%		n	%		n	%
1 (1970er-Jahre)	320623			214086			199115		
2 (1980er-Jahre)	271327	-49296	-15,4	183938	-30148	-14,1	169872	-29243	-14,7
3 (2000er-Jahre)	240397	-30930	-11,4	163716	-20222	-11,0	152334	-17538	-10,3
Total		-80226	-25,0		-50370	-23,5		-46781	-23,5

Tab. 4. Entwicklung des Mittelspechtbestands im Kanton Zürich zwischen 1978 und 2002. Verändert aus Bühlmann et al. (2003). – *Changes in the population size of the Middle Spotted Woodpecker in the canton of Zurich from 1978 to 2002. Modified after Bühlmann et al. (2003).* «Reviere» = number of territories; «Veränderung zu 1978» = percentage change compared to 1978; «besiedelte Objekte» = occupied oak forests.

Jahr	Reviere		besiedelte Objekte	
	n	Veränderung zu 1978	n	Veränderung zu 1978
1978	148		39	
1988	144	–3 %	40	+3 %
2002	106	–22 %	27	–31 %

2.3. Entwicklung des Mittelspechtbestands

Der Mittelspechtbestand ging zwischen 1978 und 2002 stark zurück, sowohl bezüglich der Anzahl Reviere wie auch bezüglich der Anzahl der besiedelten Eichenwaldobjekte (Tab. 4). Das mittlere Eichenvolumen pro Revier betrug je nach Periode 1477–1655 m³ (Tab. 5). In einem Mittelspechtrevier stocken minimal 382–427 Eichen ab BHD 8–16 cm, im Mittel pro Periode 1045–1279 Stämme.

Von den untersuchten Eichenwaldflächen wiesen knapp 57 % einen Eichenanteil von weniger als 30 % auf (Abb. 3). Diese Eichenwaldflächen beherbergten 2002 34 % aller Mittelspechtreviere. Wälder mit mindestens 50 %

Eichenanteil machten dagegen nur knapp 15 % aller Eichenwaldflächen aus, enthielten aber 30 % aller Mittelspechtreviere.

2.4. Bestandsveränderungen im Zusammenhang mit Habitatveränderungen

2.4.1. Veränderungen der untersuchten Habitatvariablen

Fläche, Qualität und Vernetzung der Eichenwälder haben sich von der 1. bis zur 3. Periode verändert (Abb. 4). Abnahmen zeigten sich insbesondere bezüglich des «Proximity index» und der Alteichenfläche im Umkreis von 3 km eines Eichenwaldobjekts (beides Masse für die Isolation eines Eichenwaldobjekts) sowie der Grösse der Eichenwaldfläche pro Objekt. Geringer fielen die Veränderungen in den Eichenwaldobjekten bezüglich der Anzahl alter Eichen pro ha und des Eichenvolumens pro ha (beides Masse für die Habitatqualität) sowie der Randlinie pro Fläche (Mass für die Veränderung des Eichenwalds aufgrund von Habitatverlust und -fragmentierung) aus.

2.4.2. Korrelation zwischen den Habitatvariablen

Die sechs untersuchten Habitatvariablen korrelierten untereinander insgesamt nur moderat (Tab. 6). Einzig die beiden Variablen % Eichenwaldfläche und % Alteichenfläche pro 3 km waren für die 2. und 3. Periode stark korreliert

Tab. 5. Entwicklung der Eichenwaldfläche, des Eichenvolumens und der Eichenstammzahl in den besiedelten Eichenwaldobjekten pro Revier. N = Eichenwaldobjekte. Periode 1 entspricht grob den 1970er-Jahren, Periode 2 den 1980er-Jahren und Periode 3 den 2000er-Jahren (s. Kap. 1.1). – *Changes in oak area, oak volume and number of oak stems in occupied oak forests per territory. N = oak forests. For explanation of periods see Table 1.*

Periode	Eichenwaldfläche (ha)			Eichenvolumen (m ³)			Stammzahl		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Mittel	13,8	11,8	9,6	1655	1477	1504	1279	1045	1106
Median	15,3	14,3	10,0	1760	1666	1554	1308	1181	916
Minimum	5,4	4,8	4,7	642	623	554	427	382	414
Maximum	56,6	47,8	305,2	5416	5311	9363	4019	4959	4022
N	37	35	22	37	35	22	37	35	22

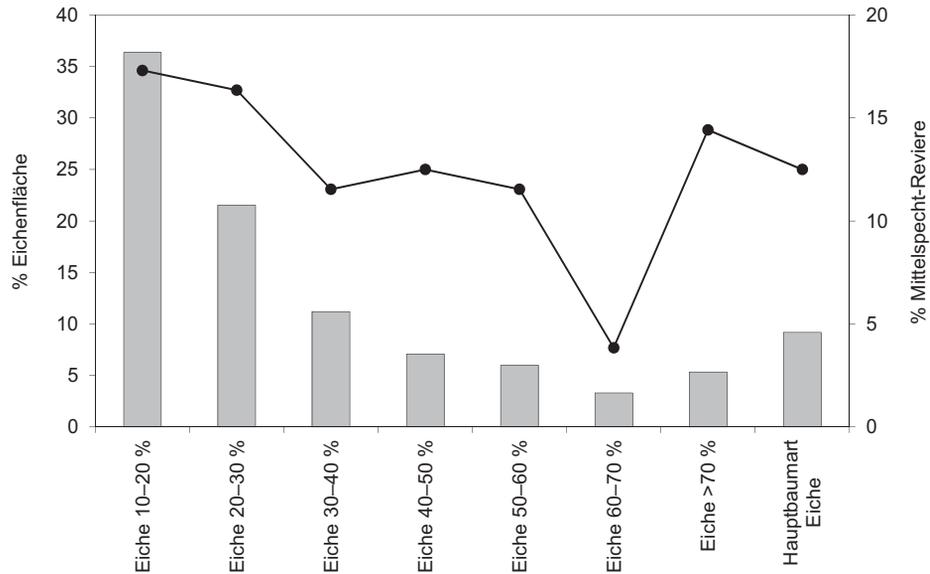


Abb. 3. Prozentuale Verteilung der Eichenwaldfläche (linke y-Achse, Säulen) gemäss Luftbildkartierung 1999–2003 (total 2803 ha) und der Mittelspechtreviere (rechte y-Achse, Linie) im Jahr 2002 ($n = 104$) in Abhängigkeit vom Eichenanteil der Eichenwaldfläche. Hauptbaumart Eiche = genauer Eichenanteil nicht bekannt, sicher aber über 40 %. – *Percentage distribution of oak forest area (left y-axis, columns) according to estimation from aerial images from 1999 to 2003 (total 2803 ha) and territories of the Middle Spotted Woodpecker (right y-axis, line) in 2002 ($n = 104$) in relation to the oak share of the oak forest area. «Hauptbaumart Eiche» (main tree species oak) = precise oak share unknown, but certainly larger than 40 %.*

($r = 0,712$). Nach Smith et al. (2009) können bei multiplen Regressionsanalysen auch hoch korrelierte unabhängige Variablen im gleichen Modell untersucht werden. Deshalb sahen wir

von einem Ausschluss einer der beiden hoch korrelierten Variablen in den nachfolgenden Analysen ab.

Tab. 6. Korrelationskoeffizienten (Pearson) zwischen den Habitatvariablen. Werte unterhalb der Diagonalen für die 1. und 2. Periode ($n = 37$); Werte oberhalb der Diagonalen für die 2. und 3. Periode ($n = 34$). Für Erklärungen der Perioden s. Kap. 1.1. – *Pearson correlation coefficients among habitat variables. Values below the diagonal are for the periods 1 and 2 ($n = 37$), values above the diagonal for the periods 2 and 3 ($n = 34$). «Eichenwaldfläche» = oak forest area, «Vol. alter Eichen pro ha» = volume of old oaks per ha, «Anz. alter Eichen pro ha» = number of old oaks per ha, «Randlinie pro Fläche» = edge per area, «Alteichenfläche pro 3 km» = area covered by old oak forest in a circle of 3 km radius. For explanation of periods see Table 1.*

	% Eichenwaldfläche	% Vol. alter Eichen pro ha	% Anz. alter Eichen pro ha	% Randlinie pro Fläche	% Proximity index	% Alteichenfläche pro 3 km
% Eichenwaldfläche		0,507	0,069	–0,180	–0,058	0,712
% Vol. alter Eichen pro ha	0,573		0,375	–0,096	–0,004	0,436
% Anz. alter Eichen pro ha	0,080	0,438		0,021	0,033	0,011
% Randlinie pro Fläche	–0,128	–0,380	–0,031		–0,219	–0,241
% Proximity index	0,182	0,246	0,410	0,060		–0,079
% Alteichenfläche pro 3 km	0,462	0,595	–0,043	–0,352	0,035	

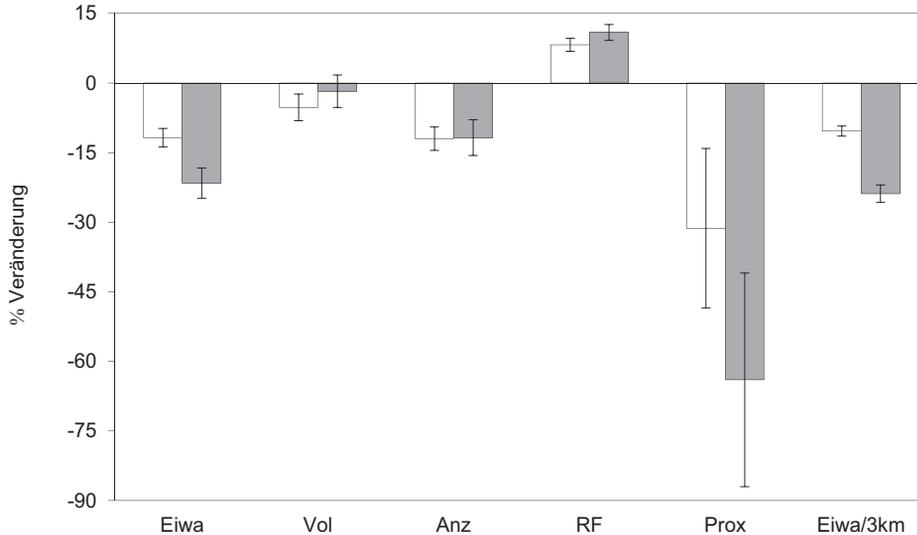


Abb. 4. Prozentuale Veränderungen (Mittelwert \pm Standardfehler) der Habitatvariablen von der 1. zur 2. Periode (weisse Balken, $n = 37$) und von der 2. zur 3. Periode (graue Balken, $n = 34$). Eiwa = Alteichenwaldfläche, Vol = Volumen alter Eichen pro ha, Anz = Anzahl alter Eichen pro ha, RF = Randlinie pro Fläche, Prox = «Proximity index», Eiwa/3km = % Alteichenfläche pro 3 km. Für Erklärungen der Perioden s. Kap. 1.1. – *Percentage changes (mean \pm SE) in habitat variables between periods 1 and 2 (white bars, $n = 37$) and between periods 2 and 3 (grey bars, $n = 34$), respectively. «Eiwa» = oak forest area, «Vol» = volume of old oaks per ha, «Anz» = number of old oaks per ha, «RF» = edge per area, «Prox» = proximity index, «Eiwa/3km» = area covered by old oak forest in a circle of 3 km radius. For explanation of periods see Table 1.*

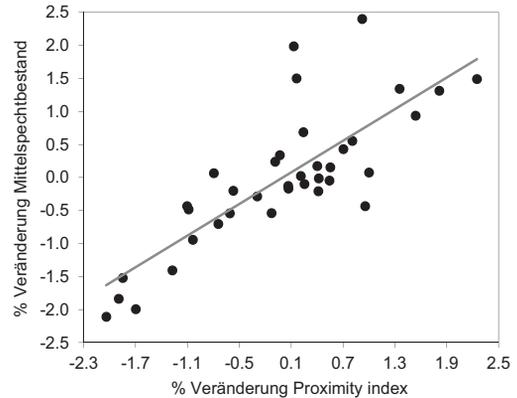
2.4.3. Situation 1978–1988

Die prozentuale Veränderung des Mittelspechtbestands zwischen 1978 und 1988 korrelierte signifikant mit der prozentualen Veränderung des Isolationsgrads (Tab. 7). Je grösser die prozentuale Änderung des «Proximity index» war, desto grösser war die prozentuale Änderung des Mittelspechtbestands (Abb. 5). Bestandsrückgänge gingen demnach hauptsächlich mit Abnahmen des «Proximity index» einher, was einem Anstieg der Isolation der entsprechenden Eichenwälder entspricht. Anders ausgedrückt: Je weniger vom Mittelspecht besiedelte Eichenwälder innerhalb von 3 km um ein besiedeltes Eichenwaldobjekt, umso grösser die Abnahme des Mittelspechtbestands in diesem Eichenwaldobjekt und umgekehrt. Die prozentuale Veränderung des Isolationsgrads allein erklärte 53 % der Varianz in der prozentualen Veränderung des Mittelspechtbestands (Spalte $r^2_{Y.X|T}$, Tab. 7).

2.4.4. Situation 1988–2002

Die prozentuale Veränderung des Mittelspechtbestands zwischen 1988 und 2002 korrelierte signifikant mit den prozentualen Veränderungen des Isolationsgrads und der Alteichenfläche (Tab. 7). Bestandsverluste gingen mit Zunahmen der Isolation (= Anstieg des «Proximity index») und mit Rückgängen der Eichenwaldfläche einher (Abb. 6). Der Einfluss der prozentualen Veränderung der Isolation auf den Mittelspechtbestand war deutlich grösser als der Einfluss der prozentualen Eichenwaldveränderung: Die prozentuale Veränderung im Isolationsgrad erklärte 47 % der Varianz der prozentualen Veränderung des Mittelspechtbestands, die prozentualen Veränderungen in der Eichenwaldfläche hingegen lediglich 9 % (Tab. 7, Spalte $r^2_{Y.X|T}$).

Abb. 5. Beziehung zwischen den prozentualen Veränderungen des Mittelspechtbestands und des «Proximity index» von der 1. zur 2. Periode ($n = 37$). Negative Werte des «Proximity index» entsprechen einer Zunahme des Isolationsgrads eines Waldes, positive Werte einer Abnahme. Dargestellt sind die partiellen Residuen der multiplen Regressionsanalyse. Für Erklärungen der Perioden s. Kap. 1.1. – *Relationship between the percentage change in Middle Spotted Woodpecker population size and the percentage change in the proximity index of occupied oak forests between periods 1 and 2 ($n = 37$). Negative values of the index indicate an increase in isolation of a forest, positive values a decrease in isolation. Dots represent partial residuals from a multiple regression analysis. For explanation of periods see Table 1.*



3. Diskussion

3.1. Historischer Blick auf die Eichenwälder im Kanton Zürich

Die meisten Eichenwälder im Kanton Zürich stocken auf eigentlichen Buchenstandorten. Nur jene auf den Schotterterrassen des Rheins im Niederholz wären auch in natürlicher Bestockung Eichen-Hagebuchenwälder (Waldgesellschaften 35 und nahestehende, Ellenberg & Klötzli 1972). Die ausgedehnten Eichenwaldflächen im Kanton Zürich sind die Überreste früherer Mittelwälder (Abb. 7), der vorherrschenden Bewirtschaftungsform aus dem Mit-

telalter. Sie erlaubte eine intensive Nutzung von Brennholz aus der Hauschicht und Bauholz aus den Überhältern; Eicheln dienten der Schweinemast, und das Laub wurde als Einstreu für Vieh genutzt. In den meisten Gebieten Mitteleuropas wurden hauptsächlich Stiel- und Traubeneichen *Quercus* sp. als Überhälter gepflegt. Im Kanton Zürich wurden anfangs des 15. Jahrhunderts Vorschriften für die Bewirtschaftung der Mittelwälder erlassen (Krebs 1980). Regulärer Mittelwaldbetrieb wurde aber erst im 18. Jahrhundert durchgesetzt. Infolge der dichten Besiedlung war der Brennholzbedarf enorm. Die Behörden waren nicht in

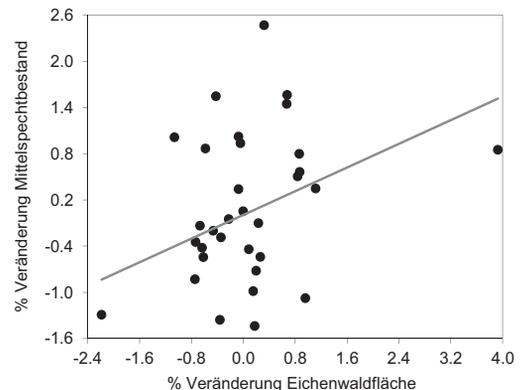
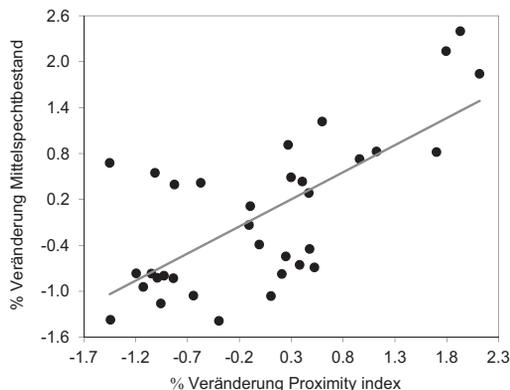


Abb. 6. Beziehungen zwischen den prozentualen Veränderungen des Mittelspechtbestands und des «Proximity index» besiedelter Eichenwälder (links) bzw. der Alteichenfläche (rechts) von der 2. zur 3. Periode ($n = 34$). Für weitere Erklärungen s. Abb. 5. – *Relationships between the percentage changes in Middle Spotted Woodpecker population size and the proximity index of occupied oak forests (left) and the oak forest area (right) between periods 2 and 3, respectively ($n = 34$). For further explanations see Figure 5.*

Tab. 7. Beziehungen zwischen den Veränderungen des Mittelspechtbestands (y-Variable) und den Habitatvariablen (x-Variablen) für die Zeiträume 1978–1988 bzw. 1988–2002. FG = Freiheitsgrad, Regr. koeff. = Regressionskoeffizient, SE = Standardfehler des Regressionskoeffizienten, t = t-Wert, p = p-Wert, Std.koeff. = Standardisierter Regressionskoeffizient, $r^2_{Y.X|T}$ = squared semi-partial correlation coefficient³, Tol. = Tolerance⁴, VIF = Variance inflation factor⁵. – *Relationships between change in population size of the Middle Spotted Woodpecker (dependent variable) and change in habitat variables (independent variables) from 1978–1988 and 1988–2002, respectively. FG = degrees of freedom, «Regr.koeff.» = regression coefficient, SE = standard error of the regression coefficient, t = t-value, p = p-value, «Std.koeff.» = standardised regression coefficient. For explanation of variables see Table 6.*

Zeit- raum	Variable	FG	Regr.- koeff.	SE	t	p	Std.- koeff.	$r^2_{Y.X T}$	Tol.	VIF
1978–	Intercept	1	48,964	36,335	1,35	0,188	0	–	–	0
1988 ¹	% Eichenwaldfläche	1	0,799	1,308	0,61	0,546	0,082	0,004	0,601	1,665
	% Vol. alter Eichen pro ha	1	–0,142	1,252	–0,11	0,910	–0,021	<0,001	0,319	3,139
	% Anz. alter Eichen pro ha	1	–0,294	1,078	–0,27	0,787	–0,038	0,001	0,566	1,767
	% Randlinie pro Fläche	1	–2,679	1,663	–1,61	0,118	–0,188	0,028	0,789	1,267
	% Proximity index	1	0,932	0,133	7,03	0,001	0,815	0,532	0,801	1,249
	% Alteichenfläche pro 3 km	1	–0,163	2,620	–0,06	0,951	–0,009	<0,001	0,517	1,934
1988–	Intercept	1	–27,636	47,482	–0,58	0,565	0	–	–	0
2002 ²	% Eichenwaldfläche	1	3,567	1,513	2,36	0,026	0,523	0,091	0,332	3,016
	% Vol. alter Eichen pro ha	1	–1,545	1,022	–1,51	0,142	–0,241	0,037	0,640	1,562
	% Anz. alter Eichen pro ha	1	0,803	0,762	1,05	0,301	0,175	0,018	0,590	1,694
	% Randlinie pro Fläche	1	2,924	1,779	1,64	0,112	0,224	0,044	0,882	1,134
	% Proximity index	1	0,692	0,129	5,37	0,001	0,711	0,471	0,932	1,073
	% Alteichenfläche pro 3 km	1	–1,427	2,224	–0,64	0,527	–0,120	0,007	0,466	2,148

¹ Gesamtmodell 1978–1988: $F_{6,30} = 10,48$, $p < 0,001$, $R^2_{adj} = 0,61$, $n = 37$

² Gesamtmodell 1988–2002: $F_{6,27} = 5,72$, $p < 0,001$, $R^2_{adj} = 0,46$, $n = 34$

³ Exklusiver Beitrag der unabhängigen Variablen (X) auf die abhängige Variable (Y), nachdem der Einfluss aller anderen unabhängigen Variablen (T) auf die interessierende unabhängige Variable (X) entfernt wurde. – *Exclusive contribution of an independent variable (X) to the dependent variable (Y), after the effects of all the other independent variables (T) on the independent variable of interest (X) have been removed.*

⁴ Mass für die Interkorrelation zwischen den unabhängigen Variablen, definiert als $1 - R^2$ einer Variablen mit allen anderen unabhängigen Variablen im Modell, Bereich 0–1, mit 1 = keine Interkorrelation. – *Measure for the intercorrelation among the independent variables, defined as $1 - R^2$ of a variable with all the other independent variables in the model; range = 0–1, with 1 indicating no intercorrelations.*

⁵ Mass für die Aufblähung der Varianzen der Regressionskoeffizienten als Folge der Interkorrelationen zwischen den unabhängigen Variablen. Werte > 5 werden als problematisch angesehen. – *Measure for the inflation of the variances of regression coefficients due to intercorrelations among the independent variables. Values > 5 are considered to be problematic.*

der Lage, die Vorschriften durchzusetzen. Es entstand ein oberholzarmer Wald mit kurzer Umtriebszeit: lichter Wald mit wahrscheinlich grosser Pflanzenvielfalt und Insektdichte.

Ab Anfang des 19. Jahrhunderts wurde Brennholz immer mehr durch Kohle und später Erdöl ersetzt. Brennholz war nicht mehr gefragt, und die Mittelwälder verloren ihre Bedeutung. Sie sollten daher möglichst rasch in finanziell ertragreichere Hochwälder umgewandelt werden. Dies geschah zuerst ausschliesslich mit Nadelbäumen, vor allem Fich-

te *Picea abies*, die oft in Reinkultur gepflanzt wurde. Später wurde der schlagweise Hochwald zur dominierenden Wirtschaftsform im Kanton. Diese ausgesprochen naturferne Bewirtschaftung führte zu gleichaltrigen Beständen verschiedener Baumarten. Ziel war, dass jede Altersgruppe den gleichen Prozentanteil aufweist. In den 1970er-Jahren wurde fast in jedem WB mit Eichenwäldern beklagt, dass dieses Ziel aufgrund des hohen Mittelwaldanteils noch nicht erreicht werden konnte. Mit der vorgegebenen Umtriebszeit des Waldes von

100–130 Jahren galten die Wälder wegen der vielen Eichenüberhälter im Alter von 120–220 Jahren als «massiv überaltert oder vergreist»! Um näher an die Zielwerte zu gelangen, wurde in den WB bei vielen Beständen das Alter der Hauschicht angegeben. Heftige Stürme (23. Februar und 13. März 1967, 4. Januar 1981) und nachfolgende Insekten-Kalamitäten, die vor allem Nadelholzbestände betrafen, erforderten aber alle Kräfte für die Räumung und Wiederaufforstung. Die Abnahme der Holzerlöse bei gleichzeitiger Erhöhung der Kosten zwang zum Abbau von Forstpersonal. Damit war die Kapazität für die intensive Jungwaldpflege bei grossflächigen Umwandlungen nicht mehr vorhanden. Mit dem Wechsel zum naturgemässen Dauerwald wurden die noch vorhandenen Mittelwälder grösstenteils in eichenreichen Hochwald überführt. Der weitere Rückgang der Eichenwaldfläche wurde dadurch gestoppt.

Als 1971 mit der Suche nach Mittelspechten im Kanton Zürich begonnen wurde, waren nur noch Reste der ehemaligen Mittelwälder erhalten. Von den 759 ha öffentlichen Waldes im Niederholz waren 1970 noch 259 ha Eichenwald sowie 62 ha zusätzlicher Laubwald vorhanden. 439 ha oder 61 % der ursprünglichen Eichenwälder waren bereits in Nadelwälder umgewandelt worden. Lediglich auf 36 ha wurden Eichen nachgezogen. Dieses Verhältnis dürfte in den anderen Eichenwäldern des Kantons ähnlich gewesen sein. Einzig in Bülach wurde viel früher eine konsequente Eichennachzucht betrieben (Bürgi 1998).

3.2. Entwicklung von Eichenwaldfläche sowie von Volumen und Stammzahl der Eichen

Über den knapp 30 Jahre umfassenden Untersuchungszeitraum sank die Eichenwaldfläche im Kanton Zürich insgesamt um 27 % (1019 ha). Der Rückgang war von der 2. zur 3. Periode (17 %) etwas stärker als von der 1. zur 2. Periode (11 %). Den teilweise starken Verlusten in einzelnen Wäldern standen nur wenige Zunahmen gegenüber. Der bedeutendste Anstieg fand in den Bülacher Wäldern statt und betrifft unter anderem Waldbestände, die über die 30 Jahre in ein für den Mittelspecht nutzbares Alter gerückt sind. Die Verdienste

der Stadt Bülach im Zusammenhang mit der Eichenförderung wurden denn auch 2009 mit der Vergabe des Eichenförderpreises durch den Verein proQuercus honoriert.

Von den neu angelegten Eichenwaldflächen im Kanton Zürich (Stand 3. Periode: 866 ha) dürften viele für den Mittelspecht in Zukunft wenig nutzbar sein, da ihr Eichenanteil von 10–20 % durch natürliche Abgänge weiter reduziert werden wird. Der Eichenverjüngung muss vermehrt Beachtung geschenkt werden, damit der Lebensraum des Mittelspechts in den kommenden Jahrhunderten gesichert bleibt. Eichenverjüngung sollte an Standorten erfolgen, auf denen derzeit standortfremde Baumarten stocken (z.B. Fichtenbestände). Sie sollte idealerweise in der Nähe bestehender älterer Eichenbestände angelegt werden, auch wenn diese im eigentlichen Buchenwaldareal stehen und die Aufzucht mit Mehraufwand verbunden ist. Diese Pflanzungen können als Ersatz für andere, unwiederbringlich verlorene Primärhabitats des Mittelspechts (z.B. alte Auenwälder) verstanden werden. Dadurch vergrössert sich der entsprechende Eichenwaldbestand, was sich positiv auf die Bestandsgrösse des Mittelspechts auswirkt (z.B. Müller 1982, Pettersson 1985).

Die Entwicklung des Eichenvolumens verlief in den verschiedenen Wäldern sehr unterschiedlich. Zum einen könnte dies auf den tiefen Holzpreis zurückzuführen sein, der einige Eigentümer zu einem Nutzungsaufschub bewegte. Der natürliche Zuwachs bei gleichzeitiger Zurückhaltung bei der Eichennutzung führte in einigen Wäldern zu einer Zunahme des Volumens ab der 2. Periode. Zum anderen setzten zwischen der 2. und der 3. Periode Eichenförderungsprogramme ein, wodurch viele vorher von anderen Bäumen bedrängte Eichen freigestellt und dadurch zu vermehrtem Wachstum angeregt wurden. Sowohl die zurückhaltende Eichennutzung als auch die Eichenförderungsprogramme führten vermutlich dazu, dass sich das Eichenvolumen über die 30 Jahre vergleichsweise wenig verringerte.

Die Stammzahl der Eichen ging deutlich stärker zurück als das Volumen (–25 % seit den 1970er-Jahren). Aus Sicht des Mittelspechtschutzes ist diese Entwicklung bedenk-

lich, da sich das Eichenvolumen auf immer weniger Stämme konzentriert. So nahm der Mittelstamm (Volumen durch Stammzahl) von 1,21 m³ in der 1. Periode auf 1,42 m³ in der 3. Periode zu, was einem Anstieg von 18 % entspricht. Diese Entwicklung dürfte noch einige Jahre andauern. Die Nutzung weniger alter Eichen bzw. ihr Verlust durch Stürme wird sich entsprechend stärker negativ auf die Qualität eines Eichenwalds als Mittelspechthabitat auswirken, als wenn das Volumen auf mehr Eichenstämme verteilt wäre. Diesem Umstand ist bei der Eichennutzung unbedingt Rechnung zu tragen. Anderenfalls könnten derzeit noch besiedelte Eichenwälder für den Mittelspecht rasch ungeeignet werden (vgl. Pasinelli 2003).

3.3. Mittelspechtbestand im Kanton Zürich zwischen 1978 und 2002

Über die starke Abnahme des Mittelspechtbestands zwischen 1978 und 2002 wurde bereits andernorts berichtet (Bühlmann et al. 2003). Trotz dieser kantonsweit negativen Entwicklung betragen die Veränderungen nur in wenigen Fällen mehr als 3 Reviere pro Eichenwaldobjekt (Bühlmann et al. 2003). Diese geringe Variation im Mittelspechtbestand pro Objekt könnte mit erklären, warum keine signifikanten Beziehungen mit den Veränderungen in der Qualität eines Eichenwalds (und nur teilweise mit der Fläche) gefunden wurden (s. auch Kap. 3.4).

Die mittlere Dichte der Mittelspechte im Kanton Zürich lag im Untersuchungszeitraum bei 0,7–1,0 Revieren pro 10 ha Eichenwald und entspricht den bisher festgestellten mittleren Dichten in Mitteleuropa (0,4–1,4 pro 10 ha; Pasinelli 2003). In den besten Gebieten im Kanton Zürich betrug die Dichte 1,9–2,1 Reviere pro 10 ha, was deutlich unter den bisher höchsten in Europa ermittelten Dichten liegt (3,5 pro 10 ha; Pasinelli 2003).

Für den Mittelspecht sind Eichenwaldflächen mit einem Eichenanteil über 30 % besonders wichtig. Im Jahr 2002 befanden sich 66 % aller Mittelspechtreviere in solchen Beständen, obwohl diese anteilmässig nur 42 % der Eichenwaldfläche ausmachten. Wälder mit einem Eichenanteil unter 20 % wurden deutlich we-

niger besiedelt als aufgrund des Angebots hätte erwartet werden können (vgl. Abb. 3). Dies bestätigt die Bedeutung von Eichenwäldern mit einem hohen Eichenanteil für den Mittelspecht (vgl. Pasinelli 2003) und unterstreicht die Problematik der Reduktion der Eichenstammzahl und der damit einhergehenden Konzentration des Eichenvolumens auf immer weniger Eichen (s. Kap. 3.2).

3.4. Für die Abnahme des Mittelspechtbestands im Kanton Zürich relevante Faktoren

Habitatverlust und -fragmentierung sind nach wie vor bedeutende Bedrohungen für die terrestrische Biodiversität (z.B. Baillie et al. 2004). Dass sowohl grosse Habitatfragmente im Vergleich zu kleinen als auch besser vernetzte Fragmente mehr Arten aufweisen (MacArthur & Wilson 1967), gehört zu den grundlegenden Prinzipien im Naturschutz. Die mit Habitatverlust und -fragmentierung einhergehende Zunahme der Isolation der in einer Landschaft übrigbleibenden Habitatfragmente wurde vielfach untersucht, aber ihre Bedeutung für die Erklärung der Verbreitungsmuster von Arten in fragmentierten Landschaften wird kontrovers diskutiert (z.B. Pellet et al. 2007, Prugh et al. 2008). In unserer Untersuchung wurde der Rückgang des Mittelspechtbestands in einem Eichenwald sowohl von 1978 bis 1988 als auch von 1988 bis 2002 am stärksten durch den Anstieg der Isolation beeinflusst. Flächenabnahmen in den besiedelten Eichenwäldern im Umkreis von 3 km um einen Eichenwald führten zu einer Verringerung des entsprechenden Mittelspechtbestands. Interessanterweise fanden wir aber keinen Effekt der gesamten Eichenwaldfläche, unabhängig von ihrer Besiedlung durch den Mittelspecht, innerhalb von 3 km um einen Eichenwald auf die Entwicklung seines Mittelspechtbestands. Dies deutet darauf hin, dass primär die Fläche besiedelter Eichenwälder in der näheren Umgebung für die Veränderungen im Bestand eines lokalen Eichenwalds bedeutend war. Eine mögliche Erklärung für diese Befunde könnte sein, dass durch die Abnahme der Fläche besiedelter Eichenwälder innerhalb von 3 km auch ihre Mittelspecht-Bestandsgrößen zurückgegangen sind, da der Be-

Abb. 7. Veränderungen in der Physiognomie eines Mittelwaldbestands im Niderholz über 20 Jahre. Das obere Bild zeigt den Wald im Jahr 1992 vor der Durchführung von Durchforstungsmaßnahmen, die untere Abbildung denselben Bestand im Jahr 2012. Beachte im Vordergrund der oberen Abbildung die gegabelte Eiche links vom Weg, die im unteren Bild als dritte Eiche von links erkennbar ist. Aufnahmen G. Pasinelli.

– Changes in the physiognomy of a forest stand formerly managed as coppice-with-standards in the Niderholz over 20 years. The upper picture shows the forest in 1992 before the implementation of thinning measures, the lower picture the same stand in 2012. Note the forked oak on the left of the trail in the foreground of the upper picture, recognizable in the lower picture as the third oak from the left.



stand des Mittelspechts positiv mit der Grösse der zur Verfügung stehenden Alteichenfläche korreliert (Müller 1982, Pettersson 1985). Eine Verringerung der Mittelspechtbestände innerhalb von 3 km um einen besiedelten Wald könnte einen Rückgang junger Mittelspechte, die diesen Wald besiedeln könnten, zur Folge haben, was über die hier betrachteten Zeiträume zu einer Abnahme der Bestandsgrösse geführt haben könnte.

Eine andere Erklärung für die obigen Resultate könnte sein, dass die Anwesenheit und/oder Dichte anderer Mittelspechte für dispergierende junge Mittelspechte eine wichtige Information über die Qualität des Habitats darstellt. Dass solche als «social information» bezeichnete Information für die Ansiedlung wichtig sein kann, wurde bei zahlreichen anderen Tierarten, auch bei Vögeln, gefunden (Danchin et al. 2004). Telemetrische Untersuchungen zeigen, dass junge Mittelspechte bei der Habitatwahl während ihrer Jugenddispersion alte Eichenwälder bevorzugen (Ciudad et al. 2009). Ob sie aber bevorzugt bereits von Mittelspechten besiedelte alte Eichenwälder aufsuchen, ist unbekannt. Nach Abschluss der Dispersionsphase scheinen sie sich aber offenbar bevorzugt in Wäldern niederzulassen, die bereits von anderen Mittelspechten besiedelt sind (H. Robles mdl.). «Social information» scheint demnach zumindest bei der Ansiedlung der dispergierenden Mittelspechte eine Rolle zu spielen, und falls dies auch während der Dispersionphase der Jungvögel zutrifft, könnten Eichenwälder ihre Rolle als «Trittsteine» verlieren, wenn sie aufgrund des Rückgangs der Eichenwaldfläche weniger gut oder gar nicht mehr besiedelt sind.

Die stärkere Abnahme der Eichenwaldflächen zwischen der 2. und 3. Periode (vgl. Tab. 1) dürfte erklären, warum die Veränderung in der Fläche eines besiedelten Eichenwalds nur für den Zeitraum 1988–2002 mit der Veränderung des Mittelspechtbestands im gleichen Eichenwald positiv korrelierte. Dass die Grösse eines Mittelspechtvorkommens mit der Fläche eines Eichenwalds korreliert, ist seit längerem bekannt (z.B. Müller 1982, Pettersson 1985). Überraschenderweise fanden wir aber keinen Zusammenhang zwischen Veränderungen in der Qualität eines Eichenwalds, ausgedrückt

durch die Anzahl alter Eichen pro ha und dem Eichenvolumen pro ha, und der Veränderung der Bestandsgrösse des Mittelspechts. Einen positiven Effekt der Dichte alter Eichen und des Eichenvolumens auf die Brutpaardichte des Mittelspechts wurde verschiedentlich nachgewiesen (z.B. Müller 1982, Sermet & Horisberger 1988, Schmitz 1993). Offenbar waren die Veränderungen der Eichendichte und des Eichenvolumens pro Wald über den Untersuchungszeitraum zu gering, um sich negativ auf die Mittelspechtbestände auszuwirken. Möglicherweise war aber auch die Qualität der besiedelten Eichenwälder zu Beginn der Studie insgesamt so hoch, dass die Reduktion der Eichendichte und des Eichenvolumens keine Abnahmen der Mittelspechtbestände zur Folge hatten. Dass Mittelspechtbestände in gut vernetzten Eichenwäldern mit hohem Eichenvolumen ein gewisses Mass an Reduktion des Eichenvolumens tolerieren, wurde bereits gezeigt (Bühlmann & Pasinelli 1996, Michalek et al. 2001). Als dritte Möglichkeit könnte ein Rückgang der Mittelspechte als Folge der Reduktion des Eichenvolumens bzw. der Eichenstammzahl auch zeitlich verzögert erfolgen. Neuere Kartierungsergebnisse (J. Bühlmann unveröff.) lassen diese letzte Möglichkeit allerdings als eher unwahrscheinlich erscheinen. Schliesslich könnte auch der generelle Anstieg von Alt- und Totholz (Brändli et al. 2011) der Entnahme von Eichen entgegengewirkt haben. Denn dass Mittelspechte Wälder mit viel Totholz, aber mit wenigen (oder keinen) Eichen besiedeln können, ist seit längerem bekannt (Übersicht in Pasinelli 2003).

3.5. Empfehlungen für den Schutz des Mittelspechts

Für jedes der bearbeiteten Waldobjekte wurden anhand der analysierten Daten Empfehlungen formuliert und den zuständigen Behörden abgegeben.

3.5.1. Erhaltung der bestehenden Eichenwaldfläche

Aufgrund dieser Untersuchung ist die Erhaltung der besiedelten Eichenwälder die wich-

tigste Massnahme für den Schutz des Mittelspechts. Dies betrifft sowohl die Eichenwaldfläche eines lokalen Mittelspechtbestands als auch die Fläche von durch den Mittelspecht besiedelten Wäldern in der näheren Umgebung. Der Eichenanteil einer Fläche sollte dabei über 30 % liegen, da solche Flächen vom Mittelspecht besonders gut besiedelt werden und eine höhere Mittelspechtdichte aufweisen (z.B. Müller 1982, Sermet & Horisberger 1988, Schmitz 1993).

3.5.2. Vergrösserung der Eichenwaldfläche

Da der Eichenwaldfläche für die Grösse eines Mittelspechtbestands eine zentrale Bedeutung zukommt, sollte die Anlage von neuen Eichenbeständen genutzt werden, um die bestehenden Eichenflächen zu vergrössern und die Lücken zwischen bestehenden Eichenflächen zu beseitigen. Weil Eichen erst ab einem Alter von 60–80 Jahren vom Mittelspecht genutzt werden, ist die Begründung neuer Eichenbestände eine wichtige, aber langfristige Massnahme.

3.5.3. Erhaltung von Stammzahl und Volumen

In den Alteichenflächen nimmt die Stammzahl durch Nutzung, Verluste durch Stürme etc. kontinuierlich ab. Das Eichenvolumen konzentriert sich auf immer weniger Bäume. Dies könnte in Beständen mit geringem Eichenanteil zur Folge haben, dass die Mittelspechte verschwinden. In diesen Flächen wäre das Stehenlassen sämtlicher Eichen die geeignete Massnahme, für die eine entsprechende Entschädigung zu entrichten wäre.

3.5.4. Vermeidung der Isolation

Der Rückgang der Eichenfläche in vom Mittelspecht besiedelten Eichenwäldern innerhalb von 3 km um einen lokalen Mittelspechtbestand wirkt sich gemäss unserer Untersuchung negativ auf die Grösse dieses lokalen Bestands aus und sollte deshalb vermieden werden. Durch die Flächenabnahme in besiedelten Eichenwäldern der näheren Umgebung scheint die Isolation eines lokalen Mittelspechtbestands

anzusteigen, möglicherweise aufgrund geringerer Rekrutierung neuer Mittelspechte.

3.5.5. Weitere Förderungsmaßnahmen

Lebende oder tote Bäume mit morschen Stellen, Baumpilzen, Astlöchern etc. sind für den Mittelspecht von zentraler Bedeutung, da solche Bäume für die Anlage der Bruthöhlen bevorzugt werden (Pasinelli 2000, 2007). Solche Strukturen müssen in Eichenwäldern in ausreichender Menge (>25 pro ha) zur Verfügung stehen.

Aufgrund neuerer Studien ist bekannt, dass Mittelspechte auch in Laubwäldern mit wenig Eichen, aber einem hohen Anteil an stehendem Totholz vorkommen (Schumacher 2001, Weiss 2002, Hertel 2003). Obwohl der Totholzanteil in vielen Schweizer Wäldern in letzter Zeit angewachsen ist (Brändli & Abegg 2009), weisen noch viele Gebiete, insbesondere im Mittelland, relativ wenig stehendes Totholz auf. Die Erhöhung des Anteils stehenden Totholzes auf der ganzen Waldfläche könnte deshalb die Vernetzung der Mittelspechtpopulationen fördern. Von dieser Massnahme würden auch zahlreiche an Totholz gebundene Organismen profitieren.

3.6. Ausblick

Seit 2005 nimmt der Mittelspechtbestand im Kanton Zürich zu (s. auch Weggler et al. 2009). Bis 2010 sind 10 im Jahr 2002 verwaiste Standorte wieder besiedelt worden, an zwei bekannten Eichenstandorten konnten erstmals Mittelspechte festgestellt werden. Weiter wurden an 23 Eichenstandorten, die aufgrund der Luftbilddaten neu abgesucht wurden, 31 Mittelspechtreviere gefunden. Im Zürcher Weinland ist der Bestand von 85 Revieren 1978 auf 121 Reviere 2010 angewachsen (Bühlmann in Vorb.). Eine positive Bestandsentwicklung zeigt der Mittelspecht seit etwa 2005 auch auf gesamtschweizerischer Ebene (Mollet et al. 2009), während die Entwicklung seit 1990 auf europäischer Ebene uneinheitlich verlief, insgesamt aber stabil zu sein scheint (www.ebcc.info, Stand: 29. April 2012). Die Bestandszunahmen in der Schweiz könnten auf die vieler-

orts angelaufenen Eichenförderungsmaßnahmen zurückzuführen sein (Amt für Landschaft und Natur 2006, Pasinelli et al. 2008). Die Anstiege könnten auch mit einer Zunahme von Alt- und Totholz infolge konsequenterer Anwendung des Waldnaturschutzes zusammenhängen, wodurch Habitate mit wenig Eichen ein zunehmendes Angebot an potenziellen Höhlenbäumen aufweisen und dadurch für den Mittelspecht nutzbar geworden sein könnten. Die Verfügbarkeit potenzieller Höhlenbäume beeinflusst die Aktionsraumgrösse des Mittelspechts (Pasinelli 2000), und für die Anlage der Bruthöhlen werden Bäume mit grossen Baumipilzen oder stehende Totbäume überdurchschnittlich häufig genutzt (Pasinelli 2007). Durch den mancherorts festgestellten Rückgang des Stars *Sturnus vulgaris* (z.B. Weggler et al. 2009) könnte sich die möglicherweise existierende Konkurrenzsituation um Höhlen verändert haben (Mattes & Gatter 2011), was einen Anstieg des Mittelspechts bewirkt haben könnte. Schliesslich könnten die Bestandszunahmen aber auch eine Manifestation der Klimaänderung (grösseres Nahrungsangebot, früherer Brutbeginn) sein, die sich positiv auf Überleben und Fortpflanzung auswirken könnte. Weitere Untersuchungen zur Bestandsentwicklung dieser Indikatorart werden zeigen, ob sich dieser positive Trend fortsetzt und welche Faktoren dafür verantwortlich sind.

Dank. Wir bedanken uns herzlich bei der Abteilung Wald des Kantons Zürich, die uns die Wald-Betriebspläne und die digitalen Daten der Betriebspläne und der Luftbildinterpretationen zur Verfügung stellte. Besonders danken wir Georg Hollinger, der die jeweiligen Daten für uns zusammenstellte. Die Kreisforstmeister Erich Oberholzer, Dr. Konrad Noetzi und Raphael Müller, Hermann Hess von der Abteilung Wald und Dr. Andy Hofmann von der Fachstelle für Naturschutz gaben uns wertvolle Hinweise und Unterstützung. Besonderen Dank gebührt dem Zürcher Tierschutz und der Fachstelle Naturschutz des Kantons Zürich für die grosszügige finanzielle Unterstützung. Weiter danken wir der Paul Schiller Stiftung, der Sophie & Karl Binding Stiftung, der Gemeinde Rheinau (Binding-Preis), der Ornithologischen Gesellschaft Zürich, dem Bundesamt für Umwelt (BAFU), der Familien Vontobel Stiftung und dem Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz für ihren namhaften finanziellen Beitrag an unsere Untersuchung. Wir danken auch Beatrice Miranda, Karin Schiegg und Erich Oberholzer sowie Martin

Weggler und einem weiteren Gutachter für ihre konstruktiven Kommentare zu früheren Versionen dieses Textes. Schliesslich bedanken wir uns bei Jérôme Guélat für die Erstellung von Abb. 1.

Zusammenfassung

Im Kanton Zürich wurde der Bestand des Mittelspechts 1978, 1988 und 2002 erhoben. Dabei wurde zwischen 1978 und 2002 ein Bestandsrückgang von 22 % festgestellt (Bühlmann et al. 2003). Um mögliche Gründe für diese Abnahme zu finden, dokumentierten wir in einem ersten Schritt die Veränderungen in den Eichenwäldern bezüglich Fläche und Altersstruktur zwischen den 1970er-, den 1980er- und den frühen 2000er-Jahren anhand von Daten aus den Wald-Betriebsplänen und teilweise von Luftbildern. Seit den 1970er-Jahren sank die Eichenwaldfläche in den 50 bearbeiteten öffentlichen Wäldern mit Eichenanteil von mindestens 10 % um 27 %. Das Eichenvolumen ging im gleichen Zeitraum um 11 % zurück. Deutlich stärker als das Volumen reduzierte sich die Stammzahl der Eichen seit den 1970er-Jahren (um 25 %). Pro Mittelspechtrevier stockten durchschnittlich über 1045 Eichen mit Brusthöhendurchmesser ab 8–16 cm. Wälder mit mindestens 50 % Eichenanteil machten 2002 nur knapp 15 % aller Eichenwaldflächen aus, enthielten aber 30 % aller Mittelspechtreviere, solche mit einem Eichenanteil von weniger als 30 % bei einem Eichenwaldflächenanteil von 57 % jedoch nur 34 % aller Reviere.

In einem zweiten Schritt analysierten wir die Zusammenhänge zwischen den Bestandsveränderungen des Mittelspechts und Veränderungen bezüglich Fläche, Qualität und Vernetzung der Eichenwälder. Die Bestandsreduktion in einem Eichenwald wurde sowohl von 1978 bis 1988 als auch von 1988 bis 2002 am stärksten durch den Anstieg der Isolation beeinflusst. Je grösser der Flächenverlust besiedelter Mittelspechtwälder im Umkreis von 3 km um einen Eichenwald war, umso grösser war die Abnahme des Mittelspechtbestands in diesem Eichenwald. Der Rückgang des Mittelspechtbestands in einem Eichenwald korrelierte nur für den Zeitraum 1988 bis 2002 signifikant mit der Abnahme der entsprechenden Eichenwaldfläche. Wir fanden keinen Zusammenhang zwischen der Qualität eines Eichenwalds, ausgedrückt durch die Anzahl alter Eichen pro ha sowie das Eichenvolumen pro ha, und der Bestandsgrösse des Mittelspechts.

Die Erhaltung der Eichenwaldfläche ist die wichtigste Massnahme für den Schutz des Mittelspechts. Dies betrifft die Eichenwaldfläche eines lokalen Mittelspechtbestands, aber insbesondere auch die durch den Mittelspecht besiedelten Wälder in der näheren Umgebung. Eine Abnahme der umliegenden Flächen führt zur stärkeren Isolation besiedelter Eichenwälder und schliesslich zu einer Reduktion des lokalen Mittelspechtbestands. Der Eichenanteil einer Fläche sollte über 30 % liegen, da solche Flächen vom Mittelspecht besonders gut besiedelt waren. Der

fortschreitenden Konzentration des Eichenvolumens auf immer weniger Alteichenstämme (z.B. wegen Abgängen durch Stürme oder Nutzung) muss in Zukunft vermehrt Beachtung geschenkt werden, damit die Habitatqualität gegenwärtig besiedelter Flächen nicht unter ein für den Mittelspecht tragbares Mass fällt.

Literatur

- ABDI, H. (2007): Part (semi partial) and partial regression coefficients. S. 1–9 in: N. J. SALKIND (ed.): Encyclopedia of measurements and statistics. Sage Publications, Thousand Oaks.
- Amt für Landschaft und Natur (2003): Ausscheidungskriterien und beschreibende Merkmale zur Bestandskartierung und Waldarealüberarbeitung mittels Luftbildinterpretation. Vervielfältigung, Zürich.
- Amt für Landschaft und Natur (2006): Konzept zur Förderung eichenreicher Waldbestände im Kanton Zürich. Vervielfältigung, Zürich.
- BAILLIE, J. E. M., C. HILTON-TAYLOR & S. N. STUART (2004): 2004 IUCN red list of threatened species: a global species assessment. International Union for Conservation of Nature, Cambridge.
- BLUME, D., K. RUGE & W. TILGNER (1975): Die Sprache der Spechte. Graul, Mühlacker.
- BÖHNING-GAESE, K. & H.-G. BAUER (1996): Changes in species abundance, distribution, and diversity in a Central European bird community. *Conserv. Biol.* 10: 175–187.
- BOLLMANN, K., V. KELLER, W. MÜLLER & N. ZBINDEN (2002): Prioritäre Vogelarten für Artenförderungsprogramme in der Schweiz. *Ornithol. Beob.* 99: 301–320.
- BRÄNDLI, U.-B. & M. ABEGG (2009): Schweizer Wald wird immer natürlicher. *Wald und Holz* 90 (7): 27–29.
- BRÄNDLI, U.-B., M. ABEGG & R. BÜTLER (2011): Lebensraum-Hotspots für saproxylische Arten mittels LFI-Daten erkennen. *Schweiz. Z. Forstwes.* 162: 312–325.
- BÜHLMANN, J., W. MÜLLER, G. PASINELLI & M. WEGGLER (2003): Entwicklung von Bestand und Verbreitung des Mittelspechts *Dendrocopos medius* 1978–2002 im Kanton Zürich: Analyse der Veränderungen und Folgerungen für den Artenschutz. *Ornithol. Beob.* 100: 343–355.
- BÜHLMANN, J. & G. PASINELLI (1996): Beeinflussen kleinflächige Waldnutzung und Wetter die Siedlungsdichte des Mittelspechts *Dendrocopos medius*? *Ornithol. Beob.* 93: 267–276.
- BÜRGI, M. (1998): Waldentwicklung im 19. und 20. Jahrhundert. Veränderungen in der Nutzung und Bewirtschaftung des Waldes und seiner Eigenschaften als Habitat am Beispiel der öffentlichen Waldungen im Zürcher Unter- und Weinland. *Schweiz. Z. Forstwes., Beiheft* 84.
- CIUDAD, C., H. ROBLES & E. MATTHYSEN (2009): Postfledging habitat selection of juvenile middle spotted woodpeckers: a multi-scale approach. *Ecography* 32: 676–685.
- DANCHIN, E., L.-A. GIRALDEAU, T. J. VALONE & R. H. WAGNER (2004): Public information: from nosy neighbors to cultural evolution. *Science* 305: 487–491.
- ELLENBERG, H. & F. KLÖTZLI (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.wes.* 48: 589–930.
- FAHRIG, L. (2003): Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34: 487–515.
- FORNAT (2010): Spechtkartierung in Aargauer Eichen- und Auenwäldern: Der Mittelspecht als Indikator. Schlussbericht im Auftrag des Departements Bau, Verkehr und Umwelt (BVU), Abteilung Wald, Sektion Koordination und Ökologie, Aarau.
- HERTEL, F. (2003): Habitatnutzung und Nahrungserwerb von Mittelspecht *Picooides medius* und Buntspecht *Picooides major* in bewirtschafteten und unbewirtschafteten Buchenwäldern des nordostdeutschen Tieflandes. S. 69–80 in: P. PECHACEK & W. D'OLEIRE-OLTMANN (eds): International Woodpecker Symposium. Forschungsbericht 48. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden.
- KELLER, V., R. AYÉ, W. MÜLLER, R. SPAAR & N. ZBINDEN (2010a): Die prioritären Vogelarten der Schweiz: Revision 2010. *Ornithol. Beob.* 107: 265–285.
- KELLER, V., A. GERBER, H. SCHMID, B. VOLET & N. ZBINDEN (2010b): Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Umwelt-Vollzug Nr. 1019. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- KOSSENKO, S. M. (2003): A study of mechanisms underlying habitat fragmentation effects on the Middle Spotted Woodpecker *Picooides medius*: a progress report. S. 97–103 in: P. PECHACEK & W. D'OLEIRE-OLTMANN (eds): International Woodpecker Symposium. Forschungsbericht 48. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Berchtesgaden.
- KOSSENKO, S. M. & E. Y. KAYGORODOVA (2003): Osobennosti ekologii srednego pyostrogo dyatla (*Dendrocopos medius*) v Desnyanskom Polesye [Ecological features of the Middle Spotted Woodpecker (*Dendrocopos medius*) in the Desna Polesye]. *Ornithologiya (Moscow)* 30: 94–103 (russ., engl. Abstract).
- KREBS, E. (1980): Entstehung, Nutzung und Bedeutung der Mittelwälder. Gutachten für die Ornithologische Gesellschaft Zürich. Vervielfältigung.
- MACARTHUR, R. H. & E. O. WILSON (1967): The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton.
- MATTES, H. & W. GATTER (2011): Beeinflusst der Star *Sturnus vulgaris* über Höhlenkonkurrenz die Häufigkeit von Spechten *Dendrocopos* sp.? *Ornithol. Beob.* 108: 251–259.
- MCGARIGAL, K. & B. J. MARKS (1995): FRAGSTATS: a spatial pattern analysis program for

- quantifying landscape structure. General technical report GTR PNW-351. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland.
- MICHALEK, K. G., J. AUER, H. GROSSBERGER, A. SCHMALZER & H. WINKLER (2001): Die Einflüsse von Lebensraum, Witterung und Waldbewirtschaftung auf die Brutdichte von Bunt- und Mittelspecht *Picoides major* und *P. medius* im Wienerwald. Abh. Ber. Mus. Heineanum 5 (Sonderheft): 31–58.
- MOLLET, P., N. ZBINDEN & H. SCHMID (2009): Steigende Bestandszahlen bei Spechten und anderen Vogelarten dank Zunahme von Totholz? Schweiz. Z. Forstwes. 160: 334–340.
- MÜLLER, W. (1982): Die Besiedlung der Eichenwälder im Kanton Zürich durch den Mittelspecht (*Dendrocopos medius*). Ornithol. Beob. 79: 105–119.
- MÜLLER, W. & S. WAGNIÈRE (1996): Veränderung des Bestandes des Mittelspechts (*Dendrocopos medius*) im Kanton Zürich 1978–1988. Vervielfältigung. Zürcher Vogelschutz, Zürich.
- PASINELLI, G. (2000): Oaks (*Quercus* sp.) and only oaks? Relations between habitat structure and home range size of the middle spotted woodpecker *Dendrocopos medius*. Biol. Conserv. 93: 227–235.
- PASINELLI, G. (2003): *Dendrocopos medius* Middle Spotted Woodpecker. BWP Update 5: 49–99.
- PASINELLI, G. (2007): Nest site selection in middle and great spotted woodpeckers *Dendrocopos medius* and *D. major*: implications for forest management and conservation. Biodivers. Conserv. 16: 1283–1298.
- PASINELLI, G., E. OBERHOLZER & J. BÜHLMANN (1998): Ökologische Ausgleichszahlungen im Wald: Das Beispiel Niderholz im nördlichen Kanton Zürich. Schweiz. Z. Forstwes. 149: 822–830.
- PASINELLI, G., M. WEGGLER & B. MULHAUSER (2008): Aktionsplan Mittelspecht Schweiz. Artenförderung Vögel Schweiz. Umwelt-Vollzug Nr. 0805. Bundesamt für Umwelt, Bern, Schweizerische Vogelwarte, Sempach, und Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz, Zürich.
- PELLET, J., E. FLEISHMAN, D. S. DOBKIN, A. GANDER & D. D. MURPHY (2007): An empirical evaluation of the area and isolation paradigm of metapopulation dynamics. Biol. Conserv. 136: 483–495.
- PETTERSSON, B. (1985): Relative importance of habitat area, isolation and quality for the occurrence of middle spotted woodpecker *Dendrocopos medius* (L.) in Sweden. Holarct. Ecol. 8: 53–58.
- PRUGH, L. R., K. E. HODGES, A. R. E. SINCLAIR & J. S. BRASHARES (2008): Effect of habitat area and isolation on fragmented animal populations. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 105: 20770–20775.
- SCHIESS, H., W. MÜLLER & A. WEBER (1981): Bestandsaufnahme ornithologisch wertvoller Waldflächen. Typoskript. Zürcher Kantonalverband für Vogelschutz, Zürich.
- SCHMID, H., R. LUDER, B. NAEF-DAENZER, R. GRAF & N. ZBINDEN (1998): Schweizer Brutvogelatlas. Verbreitung der Brutvögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein 1993–1996. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- SMITH, A., N. KOPER, C. FRANCIS & L. FAHRIG (2009): Confronting collinearity: comparing methods for disentangling the effects of habitat loss and fragmentation. Landsc. Ecol. 24: 1271–1285.
- SCHMITZ, L. (1993): Distribution et habitat du Pic mar (*Dendrocopos medius*) en Belgique. Aves 30: 145–166.
- SCHUMACHER, H. (2001): Zur avifaunistischen Bedeutung des alten Naturschutzgebietes «Heilige Hallen». Labus (Naturschutz im Landkreis Mecklenburg-Strelitz) 13: 32–41.
- SERMET, É. & D. HORISBERGER (1988): Distribution et habitat du Pic mar *Dendrocopos medius* dans les cantons de Vaud et de Neuchâtel. Nos Oiseaux 39: 205–224.
- SPITZNAGEL, A. (1993): Warum sind Spechte schwierig zu erfassende Arten? Beih. Veröff. Nat.schutz Landsch.pfl. Baden-Württ. 67: 59–70.
- WEGGLER, M. (2004): Aktionsplan Mittelspecht. Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich, Zürich.
- WEGGLER, M., C. BAUMBERGER, M. WIDMER, Y. SCHWARZENBACH & R. BÄNZIGER (2009): Zürcher Brutvogelatlas 2008 – Aktuelle Brutvogelbestände im Kanton Zürich 2008 und Veränderungen seit 1988. Bericht mit 2 Separaten. ZVS/BirdLife Zürich, Zürich.
- WEGGLER, M. & M. WIDMER (2001): Vergleich der Brutvogelbestände im Kanton Zürich 1986–88 und 1999. Wie gross sind die Veränderungen im naturnahen Ökosystem Wald? Ornithol. Beob. 98: 13–22.
- WEISS, S. (2002): Erlenwälder als bisher unbeachteter Lebensraum des Mittelspechtes (*Dendrocopos medius*). Dipl.arb., Fachhochschule Eberswalde.

Manuskript eingegangen 2. November 2011
Bereinigte Fassung angenommen 9. Mai 2012