

Biodiversitätsmonitoring in den hessischen Wäldern mit natürlicher Entwicklung

David Singer, Jonas Hagge, Falko Engel, Katja Lorenz, Peter Meyer, Andreas Mölder & Marcus Schmidt

Wälder mit natürlicher Entwicklung

Im Rahmen der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt 2020 wurde das Ziel ausgewiesen, bis zum Jahr 2020 fünf Prozent der Waldfläche Deutschlands bzw. zehn Prozent der Wälder der öffentlichen Hand einer natürlichen Waldentwicklung (NWE) zu überlassen (BMU 2007). Das angestrebte Ziel von fünf Prozent konnte bislang noch nicht bundesweit erreicht werden (STEINACKER et al. 2023), doch die meisten Landesforstbetriebe in Deutschland haben das für den öffentlichen Wald angestrebte 10-Prozent-Ziel erfolgreich umgesetzt. Damit leisten sie einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt im Wald. Auch im hessischen Staatswald wurden mehr als 32 000 ha Wald aus der Bewirtschaftung genommen (WILLIG 2020). Diese Flächenkulisse hat jedoch teilweise eine längere Historie: Viele der Flächen aus dem 1977 begonnenen „Altholzinselprogramm“ (STEIN 1978) sind in der heutigen NWE-Kulisse aufgegangen und gehören zu den am längsten nutzungsfreien Waldflächen in Hessen. Ein wichtiger Meilenstein war 1988 der Start des Hessischen Naturwaldreservate-Programms, in dessen Rahmen 31 Gebiete ausgewiesen wurden. Auch die Kernzonen des Biosphärenreservats Rhön sowie der Nationalpark Kellerwald-Edersee sind Teil der hessischen NWE-Kulisse. Zwischen 2013 und 2019 wurden darüber hinaus in drei Tranchen weitere Waldflächen dauerhaft aus der Bewirtschaftung entlassen (WILLIG 2020). In Wäldern mit natürlicher Entwicklung wird per Definition dauerhaft und verbindlich gesichert die forstliche Nutzung eingestellt (ENGEL 2019). Die Ausweisung von NWE-Flächen ist darauf ausgerichtet, natürliche Prozesse in Ökosystemen möglichst vollständig zu gewähr-

leisten, ohne dass ein spezifischer Zielzustand im Sinne eines aktiven Habitatmanagements verfolgt wird. Wälder mit natürlicher Entwicklung sind somit Freiräume für die langfristige Entwicklung von Alters- und Zerfallsphasen oder

frühen Sukzessionsstadien auf belassenen Störungsflächen, die für die Biodiversität im Wald eine besondere Bedeutung haben, jedoch in bewirtschafteten Wäldern selten sind (HILMERS et al. 2018; SINGER et al. 2021).

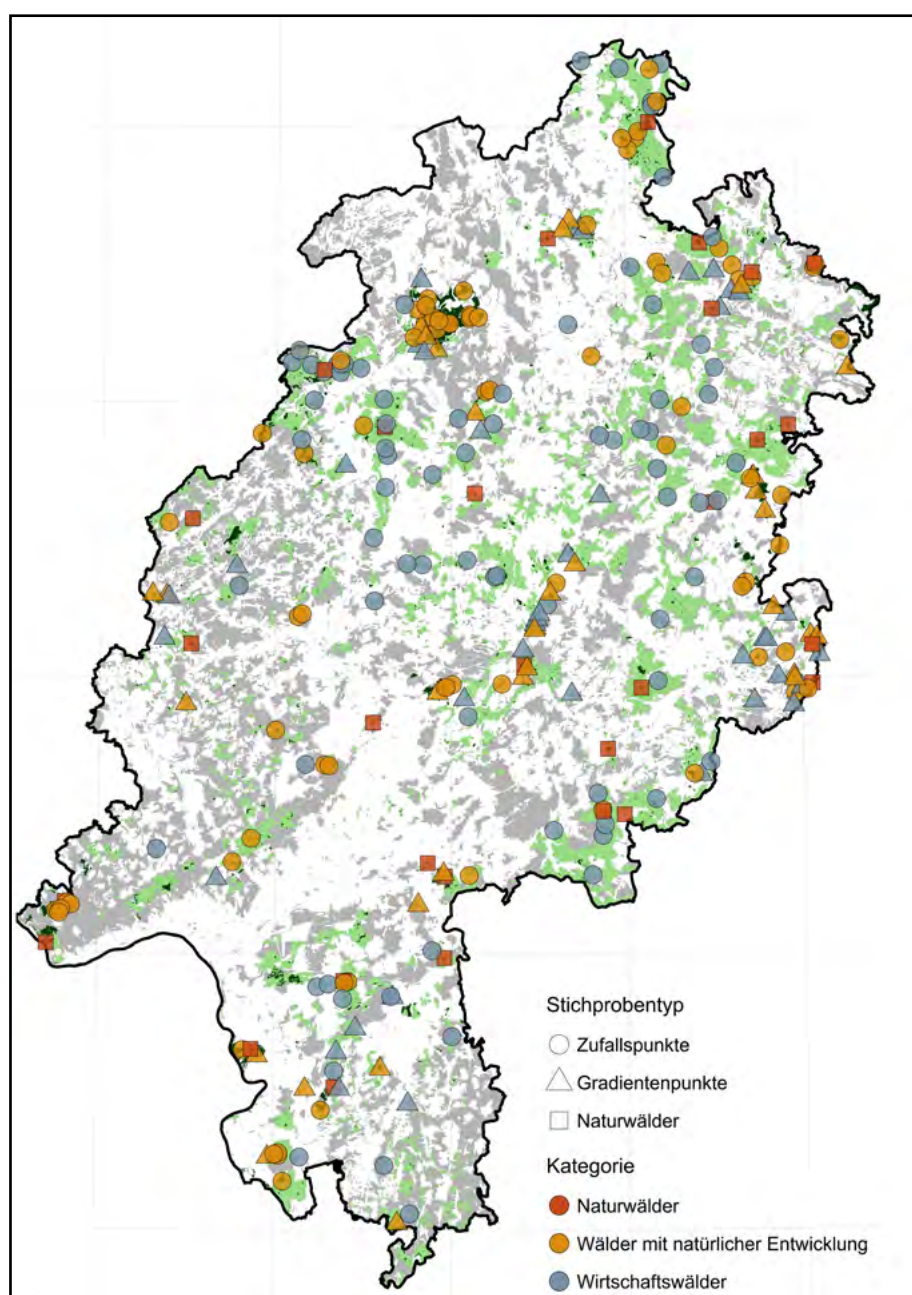


Abb. 1: Räumliche Verteilung der Stichprobenpunkte des NWE-Monitorings in Hessen. Farben der Waldfläche: hellgrün – Landeswald, grau – andere Waldbesitzarten, dunkelgrün – Wälder mit natürlicher Entwicklung (Grafik: NW-FVA)

Biodiversitätsmonitoring

Um zu beobachten, wie sich die Biodiversität in Wäldern mit natürlicher Entwicklung entwickelt, wurde die NWE-FVA von ihren Trägerländern Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein mit der Konzeption und Umsetzung eines Biodiversitätsmonitorings im NWE-Flächensystem beauftragt (SINGER et al. 2025a). Mit diesem Monitoring soll (1) die Wirksamkeit der Ausweisung von Wäldern mit natürlicher Entwicklung überprüft, (2) der Beitrag der natürlichen Waldentwicklung zum Schutz der walddtypischen Biodiversität quantifiziert und (3) langfristig ein Erkenntnisgewinn für naturnahen Waldbau und integrativen Waldnaturschutz erreicht werden. Das Konzept des NWE-Monitorings setzt auf Dauerhaftigkeit und eine hohe Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Anforderungen und Fragestellungen. Im Sinne eines adaptiven Monitorings sollen jeweils aktuelle Fragen der forstlichen und naturschutzfachlichen Praxis sowie der Politik und Forschung bearbeitet werden.

Stichprobendesign und Erfassungsturnus

Für den langfristigen Erfolg von Monitoringprogrammen sind ein robustes, statistisch belastbares Stichprobendesign und eine einheitliche Methodik essenziell. Das Stichprobendesign umfasst daher drei Schritte:

(1) Flächenrepräsentative Zufallspunkte

Ein wesentliches Ziel des NWE-Monitorings ist es, Aussagen zum Zustand der Biodiversität (z. B. durchschnittliche Anzahl und Häufigkeit von Arten) im NWE-Flächensystem treffen zu können und diese Ergebnisse in den Kontext der Situation in Wirtschaftswäldern zu stellen. Daher wurden zufällige Stichprobenpunkte innerhalb der NWE-Kulisse und im bewirtschafteten Landeswald gezogen. Daten zur aktuellen Bestockung oder anderen Umweltparametern wurden dabei explizit nicht berücksichtigt, damit

die Stichprobenauswahl auch bei künftigen Bestockungs- und Waldstrukturänderungen dauerhaft repräsentativ bleibt.

(2) Verdichtung des Klima- und Landschaftsgradienten

Mit der flächenrepräsentativen Zufallsstichprobe werden kleinräumige Zustände der in der Grundgesamtheit vorkommenden Klima- und Landschaftsgradienten nur mit entsprechend wenigen Stichprobenpunkten abgedeckt. Für das Teilziel des NWE-Monitorings, zu einem kausalen Verständnis von zentralen Treibern der Biodiversität wie dem Klima und der Fragmentierung des Waldes beizutragen, ist allerdings eine über den betrachteten Gradienten möglichst gleichmäßig verteilte Stichprobe erforderlich. Daher erfolgte in einem zweiten Schritt der Stichprobenziehung eine Nachverdichtung der vorkommenden Klima- und Landschaftsgradienten jeweils für die NWE-Kulisse und den bewirtschafteten Landeswald. Die Einflüsse von klimatischen oder landschaftlichen Extremen auf die walddtypische Biodiversität lassen sich so mit dem

NWE-Monitoring statistisch belastbar untersuchen.

(3) Verdichtung in langfristig bestehenden Naturwäldern

Langjährig bestehende Naturwälder – in Hessen sind dies vor allem die lange bestehenden Altholzinseln oder Naturwaldreservate – können im Sinne eines „Space-for-Time“-Ansatzes bereits heute wertvolle Hinweise auf die langfristige Entwicklung der walddtypischen Biodiversität in den Wäldern mit natürlicher Entwicklung liefern. Ergebnisse aus den langjährig bestehenden Naturwäldern im Vergleich zu neu ausgewiesenen NWE-Flächen müssen vorsichtig interpretiert werden, erlauben jedoch die Ableitung von Hinweisen auf mittel- bis langfristige Effekte einer natürlichen Waldentwicklung. In einem dritten Schritt der Stichprobenziehung wurden daher gezielt weitere Stichprobenpunkte im Zentrum bereits länger (ca. 30–50 Jahre) ausgewiesener Naturwälder ausgewählt.

Die beschriebene Stichprobenziehung in drei Schritten führte zur Auswahl von



Abb. 2: Untersuchungsfläche des Biodiversitätsmonitorings im Naturwaldreservat Stirnberg in der Rhön mit dauerhafter Markierung (gelbe Metallkappe, Bildmitte unten), zwei Kreuz-Flugfenster-Fallen, Mikroklima-Datenlogger (zwischen den Fallen) und Audiorekorder für passives akustisches Monitoring (links am Baum) (Foto: D. Singer)

insgesamt 259 Stichprobenpunkten in Hessen (Abb. 1). Schwankungen der Witterung führen zu jährlichen Unterschieden des Auftretens und der Abundanz von Arten. Daher wird im NWE-Monitoring eine jährliche Erfassung durchgeführt. Um dies bei der großen Anzahl an Stichprobenpunkten im Monitoring erfolgreich umzusetzen, wird in einem rotierenden System jährlich ein Fünftel aller Punkte erfasst.

Eingesetzte Methoden

Die Ausweisung der Wälder mit natürlicher Entwicklung ist ein Instrument zum Erhalt und zur Wiederherstellung der walddtypischen Biodiversität (BMU 2007). Als walddtypisch werden Arten mit einer engen Bindung an den Lebensraum Wald angesehen (SCHMIDT et al. 2011; SCHNEIDER et al. 2021). Im NWE-Monitoring werden sowohl die Artenvielfalt selbst als auch die Häufigkeit und Zusammensetzung der Artengemeinschaften in ihrer zeitlichen Entwicklung betrachtet. Aufgrund der großen Vielfalt an Arten ist eine gezielte Auswahl von Artengruppen für ein Biodiversitätsmonitoring unerlässlich (CARO 2010). In Bezug auf das NWE-Monitoring bedeutet dies, dass eine methodisch gut erfassbare Auswahl verschiedener Artengruppen aus unterschiedlichen trophischen Ebenen getroffen wurde. Für diese Artengruppen ist aufgrund ihrer Lebensweise ein Zusammenhang mit den zu erwartenden Entwicklungsprozessen bekannt bzw. anzunehmen. Die Auswahl fiel dabei auf die Gruppen Vögel, Fledermäuse, Totholzkäfer, Wanzen, Laufkäfer, Spinnen und Pilze.

Vögel und Fledermäuse

Zur Erfassung von Vögeln und Fledermäusen kommt im NWE-Monitoring die Methode des „passiven akustischen Monitorings“ (PAM) zum Einsatz. Durch die technologische Entwicklung sind inzwischen energieeffiziente, automatische Audiorekorder und leistungsstarke Algorithmen zur automatischen Arterkennung mittels Künstlicher Intelligenz verfügbar (GIBB et al. 2019).

Durch die lange Aufnahmedauer automatischer Audiorekorder können mit PAM insbesondere seltene Arten optimal erfasst werden. Die Daten eröffnen neuartige, innovative Auswertungsmöglichkeiten, beispielsweise zum zeitlichen Aktivitätsverlauf der Arten (SINGER et al. 2025b).

Totholzkäfer und Wanzen

Als Standardmethode zur Erfassung von Totholzkäfern und Wanzen in Wäldern haben sich sogenannte Kreuz-Flugfenster-Fallen etabliert (KÖHLER 2000, Abb. 2). Dabei prallen fliegende Arthropoden gegen durchsichtige Scheiben und fallen in einen darunter befindlichen Trichter, der in ein Fanggefäß mündet. Diese Methodik hat den Vorteil, dass ein repräsentativer Ausschnitt der Aktivität flugaktiver Arthropoden über einen längeren Zeitraum standardisiert erfasst wird. Entsprechend eignet sich die Methode für logistisch anspruchsvolle, großflächige Monitoringprojekte wie das NWE-Monitoring in besonderer Weise. Die Fallen werden monatlich geleert.

Laufkäfer und Spinnen

Die Erfassung von Laufkäfern und bodenlebenden Spinnen im NWE-Monitoring erfolgt mittels Bodenfallen („Barber-Fallen“, TRAUTNER 2017). Es handelt sich dabei um bündig mit der Bodenoberfläche eingegrabene Becher und ein Dach, welches ein Überlaufen bei Regen verhindert. Umherlaufende Arthropoden fallen entsprechend ihrer Aktivitätsdichte zufällig in die Fallen. So kann ein repräsentativer Ausschnitt der Aktivität der am Boden aktiven Laufkäfer erfasst werden. Auch die Bodenfallen werden monatlich geleert.

Pilze

Trotz ihrer funktional grundlegenden Bedeutung in Wäldern wurden Pilze bisher in der Biodiversitätsforschung und in Monitoringprogrammen weniger berücksichtigt als andere Artengruppen. Im NWE-Monitoring werden Pilzarten

auf einem festen Probekreis von 0,1 ha Größe in einer Frühjahrs- und einer Herbstbegehung nach einem standardisierten Aufnahmeprotokoll erfasst.

Treiber der Biodiversität

Maßgeblich für das Vorkommen und die Häufigkeit von Arten in Wäldern sind die klimatischen Bedingungen, die Zusammensetzung der umgebenden Landschaft und ihre Entstehungsgeschichte, die vorkommenden Baumarten, die vertikale und horizontale Waldstruktur sowie die Menge und Qualität von Totholz oder Baummikrohabitaten. Viele dieser Habitateigenschaften hängen direkt oder indirekt mit der aktuellen oder historischen Bewirtschaftung zusammen. Um räumliche und zeitliche Verteilungsmuster der sieben erfassten Artengruppen besser zu verstehen, ist daher auch die Erhebung der wichtigsten potentiellen Treiber der Biodiversität an den Stichprobenpunkten als sogenannte Driver-Indikatoren notwendig.

Die verschiedenen Treiber können auf die Artengruppen auf unterschiedlichen räumlichen Skalen wirken. Um diese skalenabhängigen Effekte untersuchen zu können, werden im NWE-Monitoring zusätzlich zur Erfassung eines 0,1 ha großen Probekreises am Stichprobenpunkt (Abb. 3) Parameter zu Waldstruktur, Totholz und Baummikrohabitaten auf drei weiteren, im Abstand von 50, 100 und 150 m auf konzentrischen Kreislinien zufällig gewählten Satellitenprobekreisen erfasst (Abb. 4). So wird die Waldstruktur und ihre Heterogenität im räumlichen Umfeld charakterisiert. Auf deutlich größeren räumlichen Skalen können sich Klima, Waldkontinuität oder Landschaftskonfiguration auf die walddtypische Biodiversität auswirken.

Waldstruktur, Totholz, Baummikrohabitate und Mikroklima

Für das NWE-Monitoring wurde ein Probekreis-Verfahren zur Erfassung der Waldstruktur entwickelt, das einen Schwerpunkt auf die Beschreibung der Habitatqualität für die walddtypische Bio-

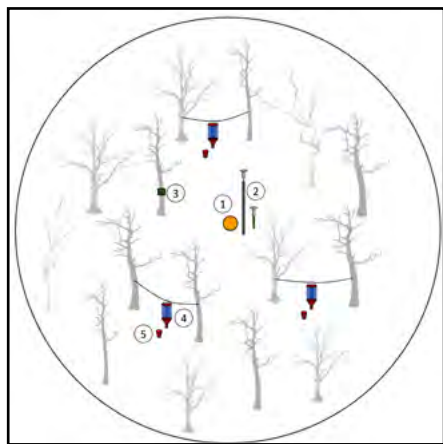


Abb. 3: Aufbau eines 0,1 ha großen Stichprobepunktes (Radius = 17,84 m) im NWE-Monitoring. 1 = Mittelpunkt mit Bodenmarke, 2 = Klimalogger, 3 = Audiorekorder, 4 = Flugfenster-Falle, 5 = Bodenfalle (Grafik: NW-FVA)

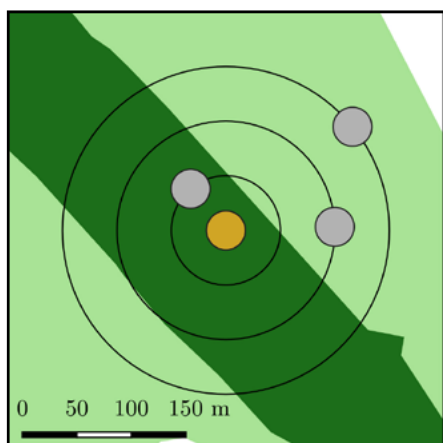


Abb. 4: Parameter zu Waldstruktur, Totholz und Baummikrohabitaten werden auf dem zentralen Probekreis (gelb), auf dem auch die sieben im Text genannten Artengruppen erfasst werden, sowie auf drei weiteren Probekreisen (grau) im Abstand von 50, 100 und 150 m erfasst. Dunkelgrün: NWE-Flächen, hellgrün: sonstiger Landeswald (Grafik: NW-FVA)

diversität legt. Mit der gewählten Methodik wird der komplette Derbholzbestand (Brusthöhendurchmesser [BHD] ≥ 7 cm) erfasst, um Baumartenanteile und Durchmesserverteilungen abzuleiten. Zusätzlich werden Parameter zum Kronenschluss und Sonderstrukturen wie Wurzelteller erfasst. Außerdem wird stehendes (BHD ≥ 7 cm) und liegendes (≥ 20 cm Durchmesser am stärkeren Ende) Totholz objektweise mit seinen Längen bzw. Höhen und Durchmessern

aufgenommen. Zur Beschreibung der Totholzqualität wird zu jedem Totholzobjekt sein Zersetzungsgrad und sein Ursprung (Sägespuren ja/nein) erfasst. Zur standardisierten Erfassung von Baummikrohabitaten wird ein europaweit etablierter Katalog von 47 Baummikrohabitat-Typen verwendet (LARRIEU et al. 2018; BÜTLER et al. 2020). Mittels automatischer Datenlogger werden an den Stichprobenpunkten Luft- und Bodentemperaturen sowie die Bodenfeuchtigkeit erhoben. Diese Daten können für Analysen zum Einfluss des Mikroklimas auf die walddtypische Biodiversität genutzt werden.

Waldkontinuität und Landschaftskonfiguration

Mithilfe von Methoden der historischen Landschaftsökologie wird die Waldkontinuität an den Stichprobenpunkten des NWE-Monitorings betrachtet. Hochaufgelöste digitale Geländemodelle bieten dabei die Möglichkeit, historische Landnutzungsspuren zu erfassen. Neben dem Klima und der Waldkontinuität spielt die aktuelle Landschaftskonfiguration eine wichtige Rolle für das Vorkommen oder Fehlen von Arten auf großräumiger Skala (BASILE et al. 2021). Zur Analyse der Landschaftskonfiguration steht ein stetig wachsendes Set an nationalen oder europäischen Datensätzen zur Verfügung, die z. B. aus Satellitenbildern abgeleitet werden.

Ausblick

Die umfangreichen Datensätze, die im Rahmen des Biodiversitätsmonitorings in hessischen Wäldern mit natürlicher Entwicklung an den vielfältigen Stichprobenpunkten (Abb. 5) erhoben werden, können in Zukunft zur Beantwortung verschiedenster Fragestellungen zum Zustand und mittelfristig auch zur Entwicklung der Biodiversität im Wald beitragen. Bereits innerhalb der NWE-Kulisse lassen sich interessante Fragen beantworten, beispielsweise:

- Welche Baumarten- und Durchmesserverteilungen sind für NWE-Flächen charakteristisch?

- Welche Baummikrohabitate sind in NWE-Flächen in welcher Häufigkeit vertreten?
 - Wie häufig sind die unterschiedlichen Spechtarten in den NWE-Flächen anzutreffen?
 - Finden sich Urwaldreliktarten unter den Käfern in den NWE-Flächen?
 - Wie viele gefährdete Pilzarten wachsen in NWE-Flächen?
 - Welche Fledermaus-Gattung zeigt in NWE-Flächen die höchste Aktivität?
- Der Vergleich mit bewirtschafteten Wäldern wirft weitere relevante Fragestellungen auf, die das Biodiversitätsmonitoring in hessischen Wäldern mit natürlicher Entwicklung zu beantworten hilft:
- Wie unterscheidet sich das Angebot an Baummikrohabitaten zwischen bewirtschafteten Wäldern und NWE-Flächen?
 - Welche Vogelarten profitieren von einer Bewirtschaftung des Waldes, welche von einer natürlichen Waldentwicklung?
 - Welchen Beitrag leisten Wälder mit natürlicher Entwicklung für den Erhalt gefährdeter Pilzarten?
 - Kommen Urwaldreliktarten unter den Käfern nur in Wäldern mit natürlicher Entwicklung vor?

Hinzu kommen Faktoren, die auf einer größeren Skala die Biodiversität beeinflussen, beispielsweise die Auswirkungen einer Fragmentierung von Waldflächen oder die Effekte des Klimawandels. Auch diese lassen sich mit den Daten aus dem Monitoringprogramm untersuchen, sodass sich insgesamt eine Vielzahl von Auswertungsperspektiven eröffnet – auch für heute vielleicht noch nicht bekannte Fragestellungen.

Kontakt

David Singer, Dr. Jonas Hagge,
Dr. Falko Engel, Katja Lorenz,
Dr. Peter Meyer, Dr. Andreas Mölder,
Dr. Marcus Schmidt
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldnaturschutz
Professor-Oelkers-Str. 6
34346 Hann. Münden
Waldnaturschutz@nw-fva.de
www.nw-fva.de



Abb. 5: Beispiele für Stichprobenpunkte des NWE-Monitorings in Hessen. Eichenwald im Spessart (l. o.), Laubmischwald im Odenwald (l. u.), Naturwaldreservat Jossaue bei Mernes (r. o.) und Naturschutzgebiet Schafstein bei Wüstensachsen (r. u.) (Fotos: D. Singer)

Literatur

BASILE, M.; STORCH, I.; MIKUSIŃSKI, G. (2021): Abundance, species richness and diversity of forest bird assemblages – The relative importance of habitat structures and landscape context. *Ecol. Ind.* 133: 108402. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108402>

BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (Hrsg.) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Berlin. 178 S.

BÜTLER, R.; LACHAT, T.; KRUMM, F. et al. (2020): Taschenführer der Baummikrohabitate – Beschreibung und Schwellenwerte für Felddaufnahmen. Eidgen. Forschungsanst. WSL Birmensdorf. 58 S.

CARO, T. (2010): Conservation by Proxy – Indicator, Umbrella, Keystone, Flagship, and Other Surrogate Species. Washington, Covelo, London. 374 S.

ENGEL, F. (2019): Perspektiven und Potenziale für die Gestaltung eines kohärenten Systems von Wäldern mit natürlicher Entwicklung in Deutschland. Diss. Univ. Göttingen. 98 S. <http://dx.doi.org/10.53846/goediss-7843>

GIBB, R.; BROWNING, E.; GLOVER-KAPFER, P.; JONES, K. E. (2019): Emerging opportunities and challenges for passive acoustics in ecological assess-

ment and monitoring. *Methods Ecol. Evol.* 10: 169-185. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13101>

HILMERS, T.; FRIESS, N.; BÄSSLER, C. et al. (2018): Biodiversity along temperate forest succession. *J. Appl. Ecol.* 55: 2756-2766. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13238>

KÖHLER, F. (2000): Totholzkafer in Naturwaldzellen des nördlichen Rheinlands. *LÖBF-Schriftenr.* 18: 1-351.

LARRIEU, L.; PAILLET, Y.; WINTER, S. et al. (2018): Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecol. Ind.* 84: 194-207. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.051>

SCHMIDT, M.; KRIEBITZSCH, W.-U.; EWALD, J. (Red.) (2011): Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands. BfN-Skr. 299: 1-111.

SCHNEIDER, A.; BLICK, T.; PAULS, S. U.; DOROW, W. H. O. (2021): The list of forest affinities for animals in Central Europe – A valuable resource for ecological analysis and monitoring in forest animal communities? *For. Ecol. Manage.* 479: 118542. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118542>

SINGER, D.; HAGGE, J.; ENGEL, F. et al. (2025a): Biodiversitätsmonitoring in Wäldern mit natürlicher Entwicklung – Monitoringkonzept für den Landes-

wald in Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14535159>

SINGER, D.; HONDONG, H.; DIETZ, M. (2021): Habitat use of Bechstein's Bat (*Myotis bechsteinii*) and woodpeckers reveals the importance of old-growth features in European beech forests. *For. Ecol. Manage.* 498: 119547. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119547>

SINGER, D.; KAMP, J.; HONDONG, H.; SCHULT, A.; HAGGE, J. (2025b): Diel and seasonal vocal activity patterns revealed by passive acoustic monitoring suggest expert recommendations for breeding bird surveys need adjustment. *J. Ornithol.* 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10336-025-02307-y>

STEIN, J. (1978): Altholzinseln – ein neuartiges Biotopschutzprogramm im hessischen Wald. *Natursch. Nordh.* 2: 15-30.

STEINACKER, C.; ENGEL, F.; MEYER, P. (2023): Natürliche Waldentwicklung in Deutschland: auf dem Weg zum „5%-Ziel“ der Nationalen Biodiversitätsstrategie. *Natur Landsch.* 98(12): 545-552.

TRAUTNER, J. (Hrsg.) (2017): Die Laufkäfer Baden-Württembergs. Bd. 1, 2. Stuttgart. 848 S.

WILLIG, J. (2020) Hessische Biodiversitätsstrategie: 10%-Naturwaldziel im hessischen Staatswald erreicht. *Jahrb. Natursch. Hessen* 19: 152-157.