



Artenhilfskonzept

Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*)

Stand: 2024



HESSEN



Artenhilfskonzept Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) in Hessen

Gutachten Stand 2024



Staatliche **Vogelschutz**warte Hessen



Für eine lebenswerte Zukunft

BOKÄMPER, M., ENGLER, J., STÜBING, S. & KREUZIGER, J. (2024): Artenhilfskonzept
Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) in Hessen. Gutachten im Auftrag des Hessischen
Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie; Dezernat Staatliche Vogelschutzwarte
Hessen. S.93

Gutachten im Auftrag des
**Hessischen Landesamts für Naturschutz,
Umwelt und Geologie
Dezernat N3 – Staatliche Vogelschutzwarte Hessen**

Europastraße 10

35394 Gießen

Bearbeitet von:

Michael Bokämper (Büro für Studien zur Biodiversität)

Dr. Jan Engler (AviCon - Forschung & Planung, 90765 Fürth)

Stefan Stübing (Büro für faunistische Fachfragen, Linden)

Dr. Josef Kreuziger (Büro für faunistische Fachfragen, Linden)

Adresse: Reuthstraße 12, 91099 Poxdorf

E-Mail: michael.bokaemper@bfs-bio.de

20.05.2024

Inhaltsverzeichnis

1.	Verbreitung und Bestandssituation der Waldschnepfe	5
1.1	Aktuelle Verbreitung und Bestandssituation in Europa und Deutschland	5
1.1.1	Vorkommen und Bestände in Europa.....	5
1.1.2	Vorkommen und Bestände in Deutschland.....	7
1.2	Aktuelles und historisches Verbreitungsbild in Hessen.....	9
2.	Ökologie der Waldschnepfe – Lebensräume, Nahrung, Brutbiologie	15
2.1	Besiedelte Habitattypen	15
2.2	Nahrungsspektrum.....	17
2.3	Brutbiologie.....	18
3.	Gefährdungen und Beeinträchtigungen	23
3.1	Jagd auf die Waldschnepfe	23
3.2	Einfluss der Waldnutzung auf die Waldschnepfe.....	25
3.3	Edaphisch und klimatische Einflüsse	26
3.4	Beeinträchtigungen durch Windenergieanlagen.....	28
3.4.1	Störwirkungen und Meideeffekte	28
3.4.2	Kollisionsgefahren.....	31
3.4.3	Flächenentzug	32
4.	Erfassung von Waldschnepfenpopulationen mittels automatischen Erfassungssystemen und Rufanalyse	33
4.1	Material und Methoden	36
4.1.1	Untersuchungsgebiet	36
4.1.2	Erfassungsgeräte, Aufnahmezeiten.....	38
4.1.3	Auswertung mit BirdNET	38
4.1.4	Vorgehensweise bei der Validierung	39
4.1.5	Auswertungen.....	40
4.2	Ergebnisse.....	42

4.2.1	Ergebnisse zu den Aufnahmen	42
4.2.2	Ergebnisse der Waldschnepfen-Auswertung mit BirdNET	48
4.2.3	Verbreitung und Häufigkeit der Waldschnepfe an den einzelnen Standorten, Auswirkungen von WEA auf die Balzaktivität.....	59
4.2.4	BirdNET-Analyse und Validierung zu anderen Vogelarten	67
4.3	Diskussion und Zusammenfassung der akustischen Untersuchungen	71
5.	Schutzmaßnahmen	81
5.1	Präventive Schutzmaßnahmen im Rahmen von Windkraftplanungen	81
5.2	Fördermaßnahmen der Bestandspopulationen im Wald.....	83
6.	Zitierte und eingesehene Literatur und verwendete Datenquellen	85

1. Verbreitung und Bestandssituation der Waldschnepfe

1.1 Aktuelle Verbreitung und Bestandssituation in Europa und Deutschland

1.1.1 Vorkommen und Bestände in Europa

Die Waldschnepfe brütet ohne Ausbildung von Unterarten von Westeuropa (einschließlich der Kanarischen Inseln) bis Japan im Osten. Die Überwinterungsgebiete der Art liegen in West- und Südeuropa, Nordafrika und Südasien (s. Abb. 1).

Global wird die Waldschnepfe in der Kategorie „LC“ (Least Concern) eingestuft. Der Weltbestand wird auf 10 bis 26 Millionen Individuen geschätzt, der europäische Bestand auf 6,9 bis 8,7 balzende Männchen bzw. 13,8 bis 17,4 Millionen Tiere geschätzt (Bauer et al. 2005).



Abb. 1: Weltverbreitungsgebiet der Waldschnepfe;

gelb = Brutgebiet/Zugvögel, grün = Brutgebiet/Standvögel, blau = Überwinterungsgebiet (Quelle: <http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/eurasian-woodcock-scolopax-rusticola/distribution>).

Die Waldschnepfe besiedelt in Europa vor allem die Waldgesellschaften gemäßiger Klimazonen von den Atlantischen Inseln in einem breiten Band von großen Teilen Großbritanniens über Mittel- und Nordeuropa bis nach Osteuropa (Abb. 2). Die höchsten Dichten werden, aufgrund der dort besonders weitläufigen Verbreitung von Waldgebieten mit offenen Bereichen auf feuchtem Untergrund, in den nördlichen und vor allem nordöstlichen Teilen des Verbreitungsgebietes erreicht (Abb. 2). Auf der Iberischen Halbinsel, in Italien und

in weiten Teilen Südosteuropas sowie in der Nordspitze Skandinaviens kommt die Art nicht oder nur punktuell vor (Abb. 2).

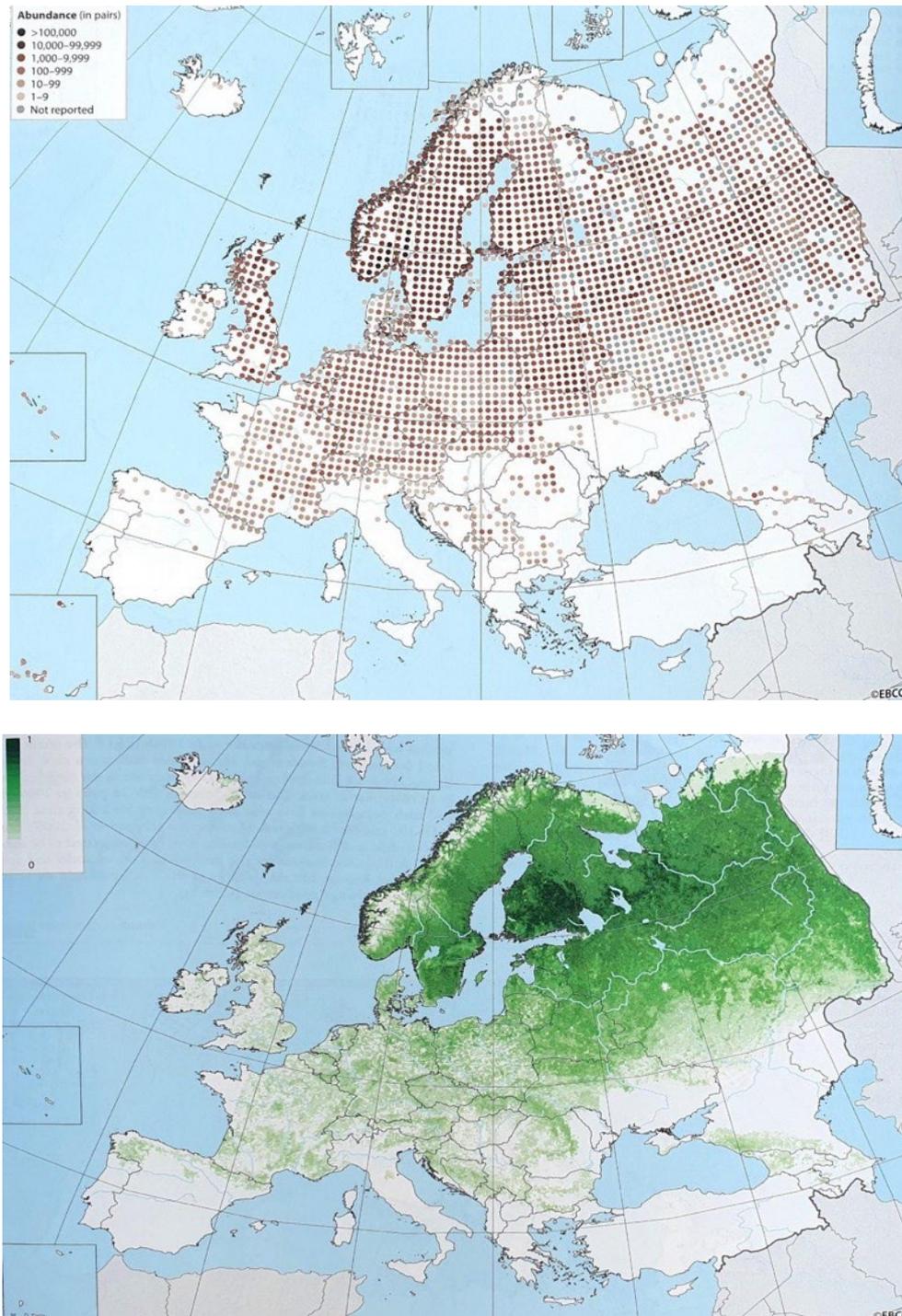


Abb. 2: Brutverbreitung der Waldschnepfe in Europa (oben) und modellierte Dichtekarte der Verbreitung (unten) nach Keller et al. (2020).

Im Vergleich der beiden europäischen Atlaskartierungen (EBBA 1 in den 1980er Jahren, EBBA 2 hauptsächlich in den Jahren 2013 bis 2017, Keller et al. 2020) sind deutliche Bestandsrückgänge im westlichen Teil des Verbreitungsgebietes (vor allem Großbritannien, Spanien, Italien, aber auch Frankreich) und Zunahmen im Osten und Norden erkennbar (siehe Abb. 3). Die Abnahme im Westen und die Zunahme im Norden stimmt mit der Prognose von Huntley et al. (2007) überein. Die Zunahme in Ost- und Südosteuropa ist im Vergleich mit der Prognose hingegen unerwartet; möglicherweise spielt in diesen avifaunistisch relativ wenig untersuchten Gebieten auch eine verbesserte Erfassung im Rahmen von EBBA 2 eine Rolle.

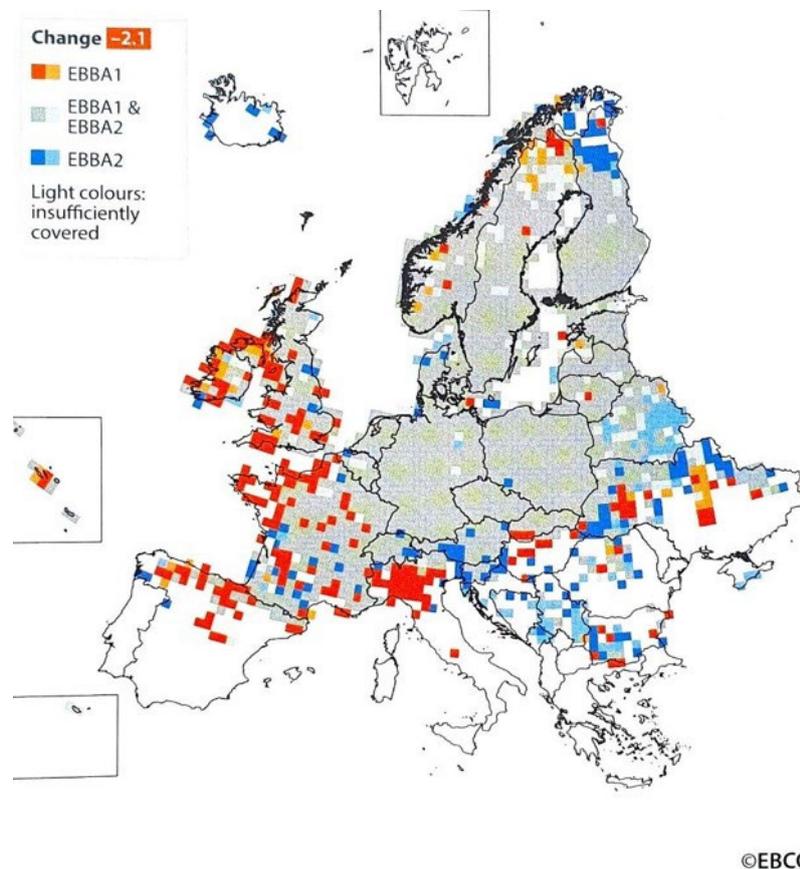


Abb. 3: Vergleich der Ergebnisse der beiden europäischen Atlaskartierungen (Keller et al. 2020, Hagemeyer & Blair 1997), s. Text.

1.1.2 Vorkommen und Bestände in Deutschland

In Deutschland wird der Bestand der Waldschnepfe auf 20.000 bis 39.000 Reviere geschätzt (Gedeon et al. 2014). Die Art ist hier weit verbreitet. Ausgeprägte Dichteschwerpunkte sind in der Lüneburger Heide, in der Münsterländer Tieflandsbucht sowie in den Mittelgebirgslagen von Eifel, Sauer- und Siegerland, Westerwald über Vogelsberg, Spessart, Rhön, Thüringer

Wald bis zum Harz, dem Erzgebirge und der Fränkischen Alb sowie dem Bayerischen Wald erkennbar. Besonders dicht und weitläufig ist der Schwarzwald besiedelt. Verbreitungslücken finden sich entlang der Nordseeküste, in den ackerdominierten, großflächig unbewaldeten Gebieten in Ostdeutschland (Magdeburger Börde, Thüringer Becken bis Sächsisches Lößhügelland) und in weiten Teilen des Alpenvorlandes (Gedeon et al. 2014). Bestand und Verbreitung werden kurzfristig (für den Zeitraum 1985 bis 2009) als stabil und langfristig als negativ eingeschätzt (Gedeon et al. 2014). In der aktuellen Roten Listen Deutschlands ist die Waldschnepfe auf der Vorwarnliste eingestuft (Ryslavý et al. 2020).

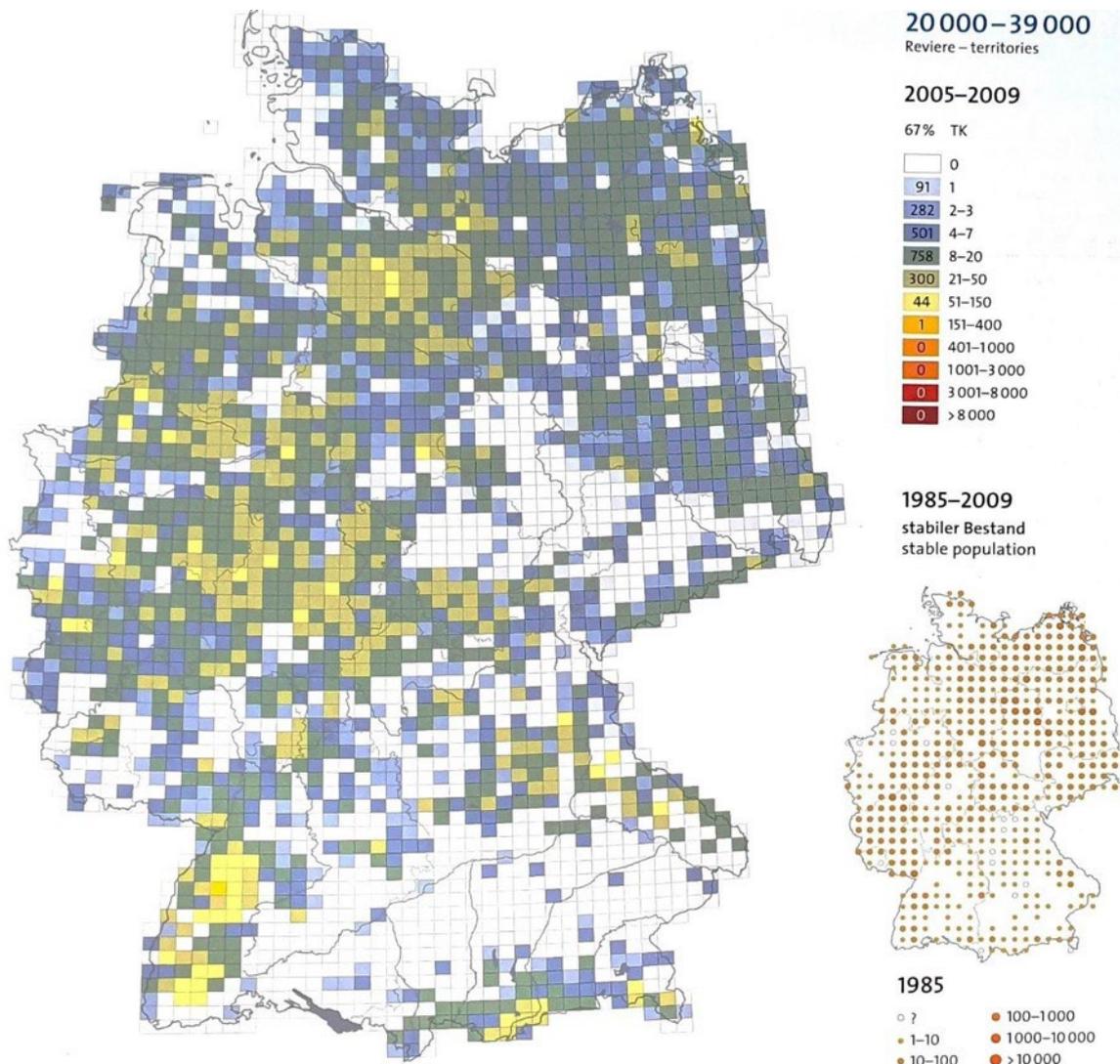


Abb. 4: Brutverbreitung der Waldschnepfe in Deutschland in den Jahren 2005 bis 2009 (große Karte, Gedeon et al. 2014) sowie um 1985 (nach Rheinwald 1993).

1.2 Aktuelle und historische Verbreitung in Hessen

Sunkel (1926) führt zum Vorkommen der Waldschnepfe als Brutvogel aus: *„Ein Waldvogel, der nicht nur allenthalben auf dem Durchzug erscheint, sondern vor allem in unseren Gebirgen auch brütet. Als früher die Wälder noch mehr Unterholz hatten und weniger durch Verkehr beunruhigt wurden, war die W. ein weitverbreiteter Brutvogel, für den Landau als Nistgebiete anführt: Rhön, Meißner, Knüll, Kellerwald, Haina usw., aber auch da schon von einer Abnahme rede!“*.

Gebhardt & Sunkel (1954) fassen zusammen, dass es in Hessen *“kein Waldgebiet der Ebene und der Höhen“* gebe, in dem die Schnepfe als Brutvogel fehle.

Im Rahmen der ADEBAR-Kartierung (STÜBING et al. 2010) wurde erstmals in Hessen flächendeckend gezielt nach der Art gesucht und die dabei erfassten Vorkommen bestätigen die Einschätzung von Gebhardt & Sunkel (1954) weitestgehend. Verbreitungslücken sind nur in weitgehend waldfreien Gebieten wie der Wetterau, dem Hessischen Ried, den Offenlandgebieten in den Kreisen Kassel und Schwalm-Eder sowie dem Ballungsraum Frankfurt erkennbar. In manchen Bereichen, wie dem Spessart, sind vermutlich einige Verbreitungslücken nicht real, sondern kartierungsbedingt. Die Schwerpunkte der Verbreitung liegen demnach in den Wäldern der Mittelgebirge: vor allem in Westhessen sowie im Werra-Meißner-Kreis, in Knüll, Vogelsberg, Rhön sowie Taunus und in Südhessen in den Wäldern der Untermainebene südlich bis Darmstadt sowie im Odenwald (s. Abb. 5 und Abb. 6).

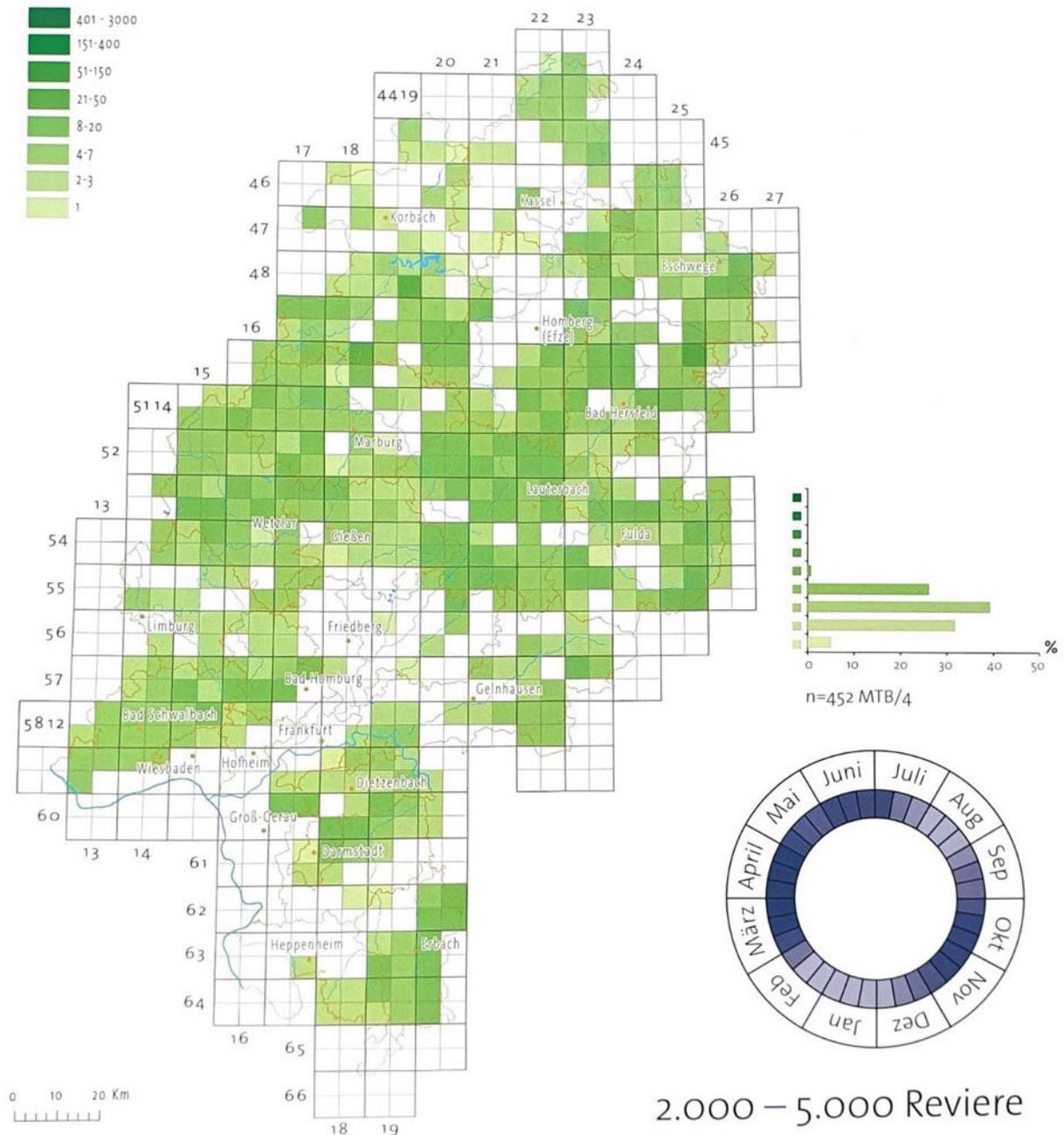


Abb. 5: Verbreitung der Waldschnepfe in Hessen nach Ergebnissen der ADEBAR-Kartierung der HGON (Stübing et al. 2010) für die Jahre 2005 bis 2009.

Als Bestand wurden auf Grundlage der ADEBAR-Kartierung landesweit 2.000-5.000 Reviere geschätzt (Stübing et al. 2010, übernommen auch in VSW & HGON 2014). Aufgrund der punktuell, vor allem infolge von Windenergie-Planungen, verbesserten Datengrundlage wird der landesweite Bestand an der Untergrenze angehoben und in der aktuellen Roten Liste der im Bestand bedrohten Brutvogelarten 2022 (Kreuziger et al. 2023) nun mit 3.000 bis 5.000 Revieren beziffert. Gegenüber der Angabe von 1.600 bis 2.300 Revieren von Fritz in HGON

(2000) stellt dies keine Zunahme, sondern lediglich einen verbesserten Kenntnisstand dar. Die Einstufung in der aktuellen Roten Liste Hessens blieb unverändert auf der Vorwarnliste (V).

In den Jahren ab 2012 werden die Vogelbeobachtungen in Deutschland im Online-Portal ornitho.de des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten e.V. (DDA) gesammelt. Die Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz e.V. (HGON) betreut das Portal mit Unterstützung von mehr als 50 Regionalkoordinatoren in Hessen. Die dort gesammelten Zufallsbeobachtungen lassen unter Berücksichtigung der heimlichen Lebensweise und fehlender, systematischer Erfassungen ein unverändertes Verbreitungsgebiet vermuten (s. folgende Abbildung). Genauere Aussagen zur kurz- oder langfristigen Bestandsentwicklung sind nicht möglich, da dazu keine gezielten Untersuchungen vorliegen.

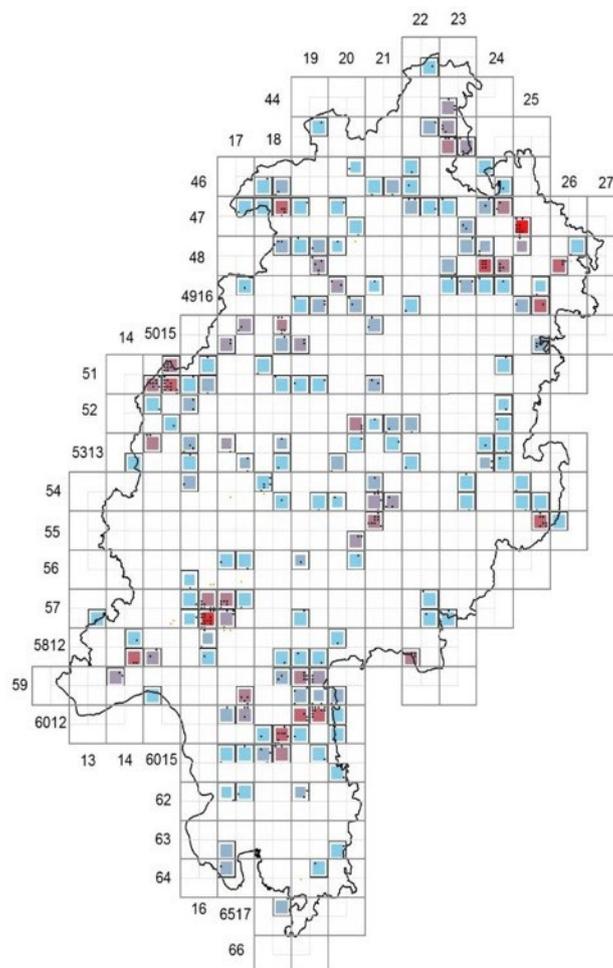


Abb. 6: Verbreitung der Waldschnepfe **zur Brutzeit** in Hessen nach den in ornitho.de archivierten Zufalls-Beobachtungen der HGON (Monate April bis August) für die Jahre 2014 bis 2023 (kleinste farbige Symbole = Meldungen letztmals aus 2012, größte Symbole = letzte Meldungen aus 2023; winzige schwarze Markierungen = Minutenfelder mit Nachweis; winzige orange Markierungen = Minutenfelder mit Nullmeldung; Farbgebung von hellblau zu dunkelrot = wenige bis viele gemeldete Individuen).

Besonders oft wird die Waldschneepfe während der Zugzeiten in Hessen beobachtet, da sie dann, außerhalb der Wälder rastend, leichter nachweisbar ist. Die ornitho-Daten (HGON schriftl.) lassen erkennen, dass die Art während der Zugzeiten flächendeckend in Hessen, bis in die waldarmen Bereiche und den Ballungsraum Frankfurt, rastet (Abb. 7).

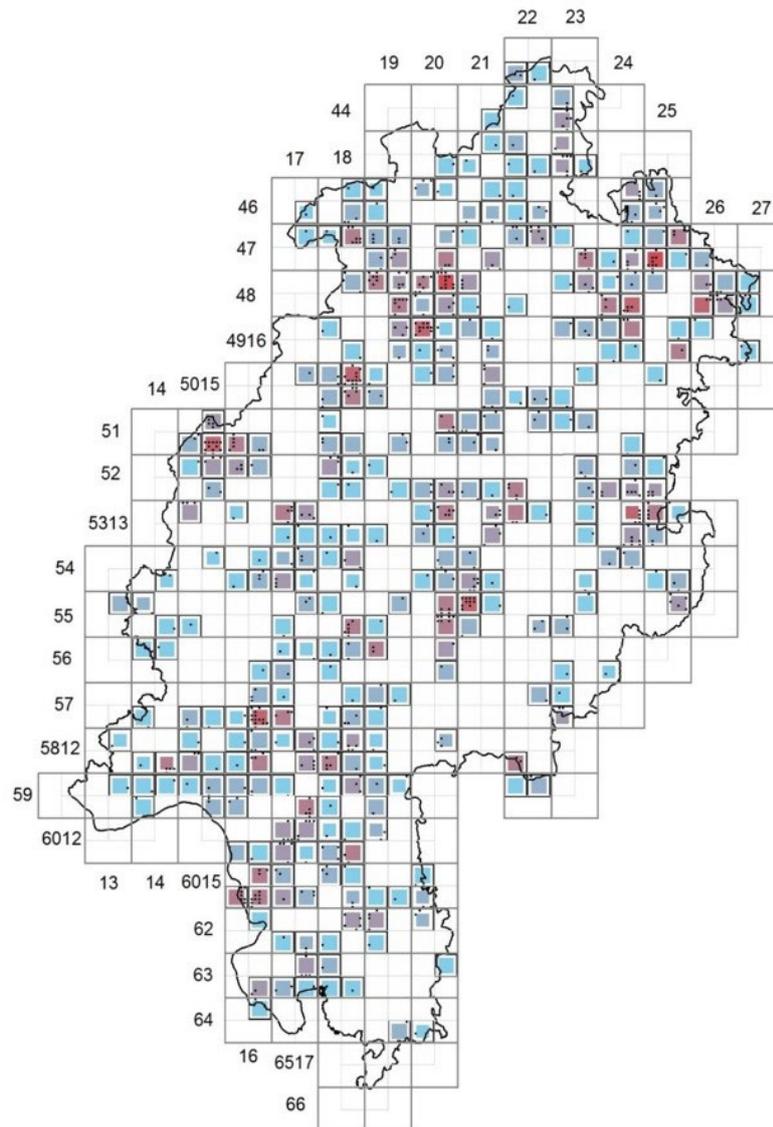


Abb. 7: **Zugzeitnachweise** der Waldschneepfe in Hessen (Monate Februar/März und September bis November) nach den in ornitho.de archivierten meist Zufalls-Beobachtungen der HGON für die Jahre 2014 bis 2023 (kleinste farbige Symbole = Meldungen letztmals aus 2012, größte Symbole = letzte Meldungen aus 2016; winzige schwarze Markierungen = Minutenfelder mit Nachweis; winzige orange Markierungen = Minutenfelder mit Nullmeldung; Farbgebung von hellblau zu dunkelrot = wenige bis viele gemeldete Individuen).

Auch in den Wintermonaten Dezember und Januar liegen regelmäßig Beobachtungen vor (HGON schriftl.), die in der folgenden Abbildung dargestellt sind. Hier deutet sich eine Bevorzugung der niedriger und südwestlich gelegenen Teile Hessens an, während Meldungen aus den Hochlagen der Mittelgebirge seltener sind (Abb. 8). Schon Gebhardt & Sunkel (1954) führen in allen Landesteilen überwinternde „Lagerschnepfen“ an.

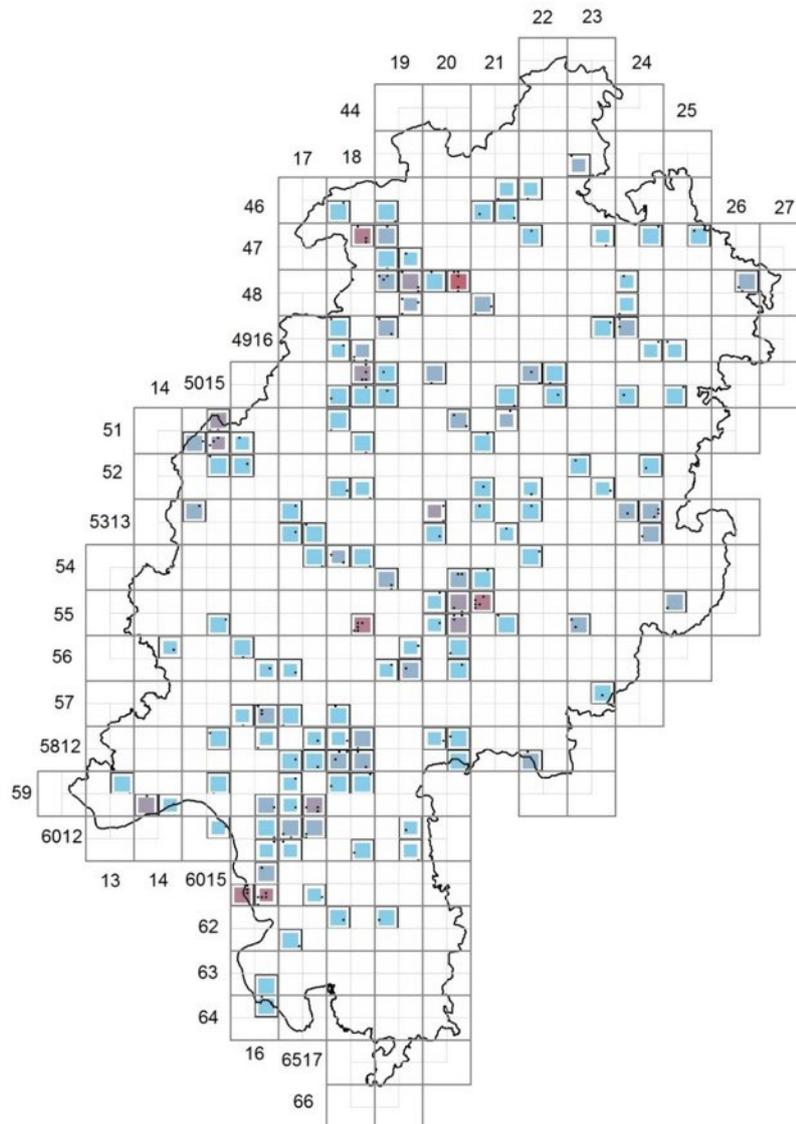


Abb. 8: **Winterverbreitung** der Waldschnepfe in Hessen (Dezember/Januar) nach den in ornitho.de archivierten meist Zufalls-Beobachtungen der HGON für die Jahre 2014 bis 2023 (kleinste farbige Symbole = Meldungen letztmals aus 2012, größte Symbole = letzte Meldungen aus 2023; winzige schwarze Markierungen = Minutenfelder mit Nachweis; winzige orange Markierungen = Minutenfelder mit Nullmeldung; Farbgebung von hellblau zu dunkelrot = wenige bis viele gemeldete Individuen).

Die folgende Abbildung zeigt den Jahresverlauf der in ornitho.de archivierten Beobachtungen aus Hessen (HGON schriftl.). Gut erkennbar ist das ganzjährige Vorkommen mit beginnendem Heimzug Ende Februar, einem Heimzugmaximum im März, durchgehend hohen Werten in der Brutzeit von März bis Anfang Juni und dem Beobachtungsminimum im August und September nach Abschluss der Brutzeit. Der Wegzug ist weniger ausgeprägt als der Heimzug und erstreckt sich von Ende Oktober bis Anfang Dezember.

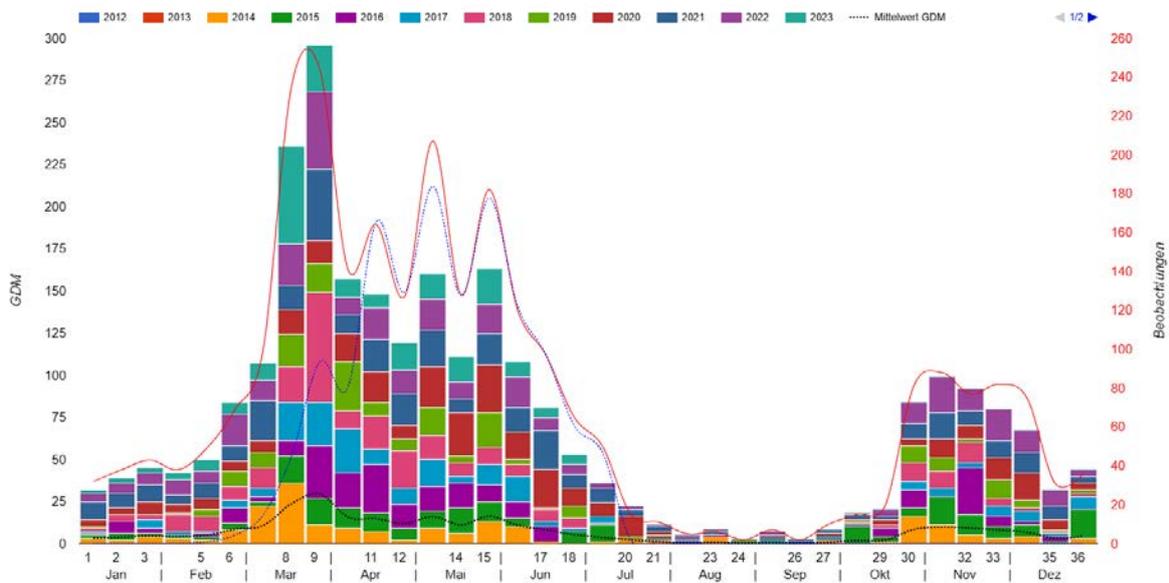


Abb. 9: Phänologie der Waldschnepfe in Hessen nach den in ornitho.de archivierten Zufalls-Beobachtungen der HGON für die Jahre 2014 bis 2023 (rote Linie = Anzahl Beobachtungen pro Monatsdekade, blau gestrichelte Linie = Anzahl Brutzeitbeobachtungen, schwarz gestrichelte Linie = Mittelwert der Summe der Gebiets-Dekadenmaxima pro Monatsdekade).

2. Ökologie der Waldschnepfe – Lebensräume, Nahrung, Brutbiologie

2.1 Besiedelte Habitattypen

Waldschnepfen kommen in reich strukturierten, größeren Wäldern aller Art mit ausgeprägter horizontaler und vertikaler Gliederung vor, bevorzugt mit einer heterogenen Mischung unterschiedlicher Waldlebensräumen (Heward et al. 2018, Bohnenstengel et al. 2020). Sie besiedeln daher von den Niederungen bis in die Hochlagen ein weites Spektrum von Waldtypen, bevorzugt frisch-feuchte Standorte und daher Waldtypen wie Auwälder und Eichenhainbuchenwälder, Erlenbrüche sowie teilentwässerte Hochmoore mit Birkenaufwuchs, aber auch frische bis teils trockene, sandige Laubmischwälder. In Hochlagen werden auch lückige, lichte Jungbestände feuchter Fichtenwälder genutzt (Hölzinger 1987, Glutz von Blotzheim et al. 1986).

Allen besiedelten Bereichen ist gemeinsam, dass sie struktur- und deckungsreich sind und lockere und bevorzugt feuchte und humusreiche Böden zum Stochern aufweisen (Nemetschek 1977). Darüber hinaus müssen sie störungsarm und daher weitläufig sein und eine Mindestgröße von etwa 50 ha aufweisen (Andris & Westermann 2002); dies auch daher, weil Waldschnepfen stärkere Lichtemissionen meiden und bevorzugt fernab von künstlichen Lichtquellen auftreten (Zellweger & Bollmann 2018, Homberger et al. o. Jg.). Von besonderer Bedeutung sind daher größere und große mehrstufige Waldbestände mit lückigem Kronenschluss und strukturreicher Strauch- und Krautschicht, die zumindest stellenweise feucht sind. Günstig sind lichte Althölzer, die Waldlichtungen oder Waldblößen von mind. 0,5 ha oder mehrere kleinere aufweisen, entlang derer die für diese Art typischen ausgeprägten Balzflüge ausgeführt werden. Auch Waldränder mit Wiesen, Mooren, Bächen, Waldwegen stellen wichtige Habitatrequisiten dar.

Insgesamt beträgt die Kronendeckung selten mehr als 75 % (Bohnenstengel et al. 2020, Mollet 2015). Bei der Krautschicht wird eine Deckung um 60 % bevorzugt, da sie einerseits ausreichend Schutz bieten, andererseits noch gut durchgängig sein soll (Lanz 2008). Nur ausnahmsweise werden, wie am Oberrhein (oder aufgrund der von Natur aus eutrophenen Standorte Niederungen allgemein), auch Wälder mit einer nicht zu großflächigen Bodendeckung bis zu 100 % genutzt. Ebenfalls als Deckung werden gerne auch nicht zu großflächige Bereiche mit Wurzeltellern und liegendem Totholz aufgesucht (Lanz 2008, Bohnenstengel et al. 2020). Aufgrund der Notwendigkeit des Vorkommens auch feuchter

Bereiche werden nach Norden ausgerichtete Hänge (Mollet 2014, Bohnenstengel et al. 2020, Strebel et al. 2018) und insgesamt niederschlagsreiche Regionen bevorzugt.

In Hessen werden daher die waldreichen Mittelgebirgslagen flächig besiedelt. Ob dabei die von Richter (1998) abgeleitete Bevorzugung von Wäldern auf Buntsandstein und Basalt gegenüber Grauwacke und Schiefer alleine auf Basis einer Umfrage bei Revierförstereien im Kreis Waldeck-Franckenberg als repräsentativ gelten kann, muss aufgrund der methodischen Vergleichbarkeit jedoch offenbleiben. Insgesamt werden in den Mittelgebirgswäldern in Hessen höhere Siedlungsdichten mit etwa 4 Revieren pro 100 ha vor allem in unterholzreichen Eichen-Buchenwäldern sowie auch in den vereinzelt noch vorhandenen Haubergen erreicht. In den Niederungen tritt die Waldschnepfe als Brutvogel hingegen nur lückig verbreitet auf, was sich dort einerseits durch großräumiges Fehlen von Wäldern (Wetterau, Hessisches Ried), andererseits auch durch die dort vorhandenen Ballungsräume erklärt.

Nisthabitat

Als Bodenbrüter wird das Nest aufgrund des bevorzugten, relativ freien An- und Abfluges meist am Rande eines geschlossenen Baumbestandes anfänglich ohne bzw. mit nur wenig Deckung angelegt. Im Laufe der Brutzeit bietet die aufwachsende Vegetation dann zunehmend Sichtschutz. Die Bodenstruktur am bzw. um das Nest muss dabei derart gestaltet sein, dass der brütende Altvogel optisch mit Umgebung verschmilzt, um nicht gesehen zu werden (Horst 1980). Zudem muss die Umgebung vom Nest aus gut einsehbar sein und sich in der Umgebung Reisig, Fallholz oder Laub befinden, damit Prädatoren auch frühzeitig akustisch bemerkt werden können. Die direkte Nestumgebung darf dabei nicht zu trocken sein, damit die Pulli alsbald möglich dort stochernd Nahrung suchen können, aber auch nicht zu feucht und kalt, da dies das Wachstum der Jungvögel hemmt. Erst später werden die Jungvögel zur Nahrungssuche an feuchte Stellen geführt, die sich durchschnittlich etwa 200 m und maximal bis etwa 500 m von den Nestern entfernt, nie jedoch in direkter Nähe befinden (Staudé 1985).

Balzhabitat

Waldschnepfen führen die ausgeprägten Balzflüge, die auch als „Schnepfenstrich“ bekannt sind, meist entlang regelmäßig genutzter Flugrouten durch, wobei sich die Balzreviere mehrere Männchen stark überschneiden. Die Größe der Balzreviere beträgt etwa 50 bis 150 ha (s. BFN 2022, Skibbe et al. 2009) und liegt damit deutlich über dem regelmäßig genutzten Aktionsraum zur Nahrungssuche während der Brutzeit (s.u.). Da diese Flugrouten meist an exponierten Standorten und entlang von sich im Waldbild abhebenden Linien wie breiten Waldwegen, Innenwaldkanten etc. in insgesamt eher (halb)offenen Bereichen und auch sehr

großflächig verlaufen, liegen sie oft nicht im näheren Umfeld des späteren Neststandortes, da dort andere Habitatbedingungen gegeben sein müssen (s.o.).

Nahrungshabitat

Entscheidend für eine gute Eignung als Nahrungshabitat ist ein ausreichendes Angebot an stochebfähigen Böden (Lanz 2008), die im Falle schwerer Böden frisch bis feucht (jedoch nicht nass) sein müssen. Ebenfalls werden auch locker-sandige Böden besiedelt, sofern diese ebenfalls gut stochebfähig sind. Geeignete Nahrungsflächen wie Feuchtwiesen, Gewässerufer, teils auch nasse Äcker können auch außerhalb des Waldes liegen und bis in eine Entfernung von 1 km angefliegen werden (Hirons & Owen 1982). Die durchschnittliche Aktionsraumgröße beträgt etwa 25 bis 50 ha, max. 100 ha; wobei nach Telemetriestudien aus Großbritannien je Tag nur eine Fläche von etwa 1 ha aufgesucht, dann aber häufig gewechselt wird (Hoodless & Hirons 2007). Offensichtlich sind viele Nahrungshabitate nur sehr temporär verfügbar und geeignet, so dass insgesamt ein entsprechend großer Aktionsraum benötigt wird.

Außerhalb der Brutzeit tritt die Waldschnepfe regelmäßig auf dem Durchzug und zunehmend auch überwintert auf, solange die Nahrungshabitate schneefrei und die Gewässer nicht gefroren sind. Hierbei zeigt sie im Wesentlichen eine ähnliche Habitatwahl wie zur Brutzeit, taucht aber vermehrt im Offenland auch in kleineren Feldgehölzen oder Baumbeständen, an überschwemmten Wiesen, Großseggenriedern, Klär- und Stauteichen, Lehm- und Sandgruben und sogar in ländlichen Siedlungsbereichen (Dorfgärten, Parks, Grünanlagen) auf (Fritz in HGON 2000). Überwinternde Waldschnepfen suchen bei Frost dann häufig Quellbereiche oder -horizonte, oder die Ränder von Waldbächen auf (pers. Beob.). Während der Zugrast und vor Beginn der Brut konnte mittels Wärmebildkamera die regelmäßige nächtliche Nutzung von Ackerflächen und beweidetem Grünland zur Nahrungssuche dokumentiert werden (Meise & Schütze, HGON schriftl.; Hirons et al. 1987). Ebenfalls erfolgen während des Zuges alljährlich auch Nachweise, oft von Scheibenanflügen, selbst im Zentrum der Großstädte wie Frankfurt/Main (HGON schriftl.).

2.2 Nahrungsspektrum

Auf Basis einer aktuellen und umfangreichen Literaturstudie (Bende & Laszlo 2022) lässt sich das Nahrungsspektrum der Waldschnepfe sehr gut beschreiben. Demnach ist die Nahrung größtenteils animalisch und besteht aufgrund ihrer hohen Energiedichte in erster Linie aus Regenwürmern, die bis zu 85 % der gesamten Nahrung betreffen können (aufgrund ihrer

schnellen Zersetzbarkeit sind sie in Magenanalysen wohl oft unterrepräsentiert, da dort vor allem hartschalige Insektenreste auffindbar sind). Darüber hinaus werden regelmäßig größere bodenbewohnenden Arthropoden, vor allem Myriapoda und Diplopoda (Hundert- und Tausendfüßler), Dermaptera (Ohrwürmer) sowie Araneidae (Spinnen) aufgenommen. Nur gelegentlich und zu geringen Anteilen (0-20 %) wird auch pflanzliche Nahrung genutzt, was vor allem Hanfsamen betrifft; darüber hinaus werden Samen anderer Pflanzen oder deren vegetative Teile nur sehr selten aufgenommen.

Zum Nahrungsspektrum der Pulli gibt es hingegen kaum Kenntnisse. Es ist aber davon auszugehen, dass es mit dem der Adulten vergleichbar ist, auch wenn vermutlich der Anteil an Regenwürmern höher sein dürfte.

Insgesamt handelt es sich damit um ein recht enges Nahrungsspektrum, so dass die Waldschnepfe von Bende & Laszlo (2022) als Nahrungsspezialist eingestuft wird, dessen räumliches und zeitliches Auftreten stark von der Nahrungsverfügbarkeit gesteuert wird und daher sehr dynamisch ausgeprägt ist. Dies betrifft vor allem das Vorhandensein und die Verfügbarkeit von Regenwürmern, die wiederum stark von der jeweiligen Ausprägung der Böden, insbesondere deren Feuchte und der Struktur abhängt (Venetz 2019, weitere Details s. u.). Während diese vor allem während der Fortpflanzungsperiode benötigt werden und zu dieser Zeit besser verfügbar sind, steigt in den kälteren Jahreszeiten der Anteil der Arthropoden.

2.3 Brutbiologie

Weibchen werden regelmäßig im 2. Kalenderjahr geschlechtsreif, Männchen dagegen erst ein Jahr später. Die Waldschnepfe bildet keinen Paarverbund, es wird Promiskuität oder sukzessive Polygynie angenommen. Der charakteristische Balzflug der Art in der Dämmerung wird schon während des Heimzuges gezeigt und reicht von März bis Mitte Juli/Anfang August, oft mit je einem Höhepunkt zu Beginn und am Ende der Balzphase. Gesicherte Bruthinweise ergeben sich nur durch Beobachtungen balzender Tiere über Mitte April hinaus. Aufgrund der Reviergrößen bzw. der von den balzfliegenden Männchen beflogenen Bereiche von bis zu 150 ha können in einem von einem Männchen kontrollierten Gebiet mehrere Weibchen brüten, wobei bis zu vier mit einem Männchen verpaarte Weibchen nachgewiesen sind (Bauer et al. 2005, Glutz von Blotzheim et al. 1977, Südbeck et al. 2005).

Die Balzflüge des Männchens finden in der Morgen- und Abenddämmerung statt und dauern je nach Jahreszeit ungefähr 30 bis 60 Minuten. Dabei signalisieren die Männchen sowohl

akustisch als auch optisch. Die Balzstropfen werden in einem langsamen Flug vorgetragen; diese ist durch das knurrende, tieffrequente, 2- bis 4-mal wiederholte “Quorren” und ein abschließendes kurzes schnalzendes “Puitzen” gekennzeichnet. Weibchen können die überfliegenden Männchen darüber hinaus auch optisch gegen den dämmerigen Himmel als Silhouette erkennen. Das am Boden sitzende paarungswillige Weibchen antwortet einem vorbeifliegenden balzenden Männchen mit charakteristischen Rufen, woraufhin das Männchen landet und weitere Balzrituale stattfinden. Balzende Männchen verhalten sich gegenseitig aggressiv, es kommt bei Begegnungen regelmäßig zu aggressiven Verfolgungen und hektisch wechselnden “Puitz”-Rufen (Glutz von Blotzheim et al. 1977, Nemetschek 1977).

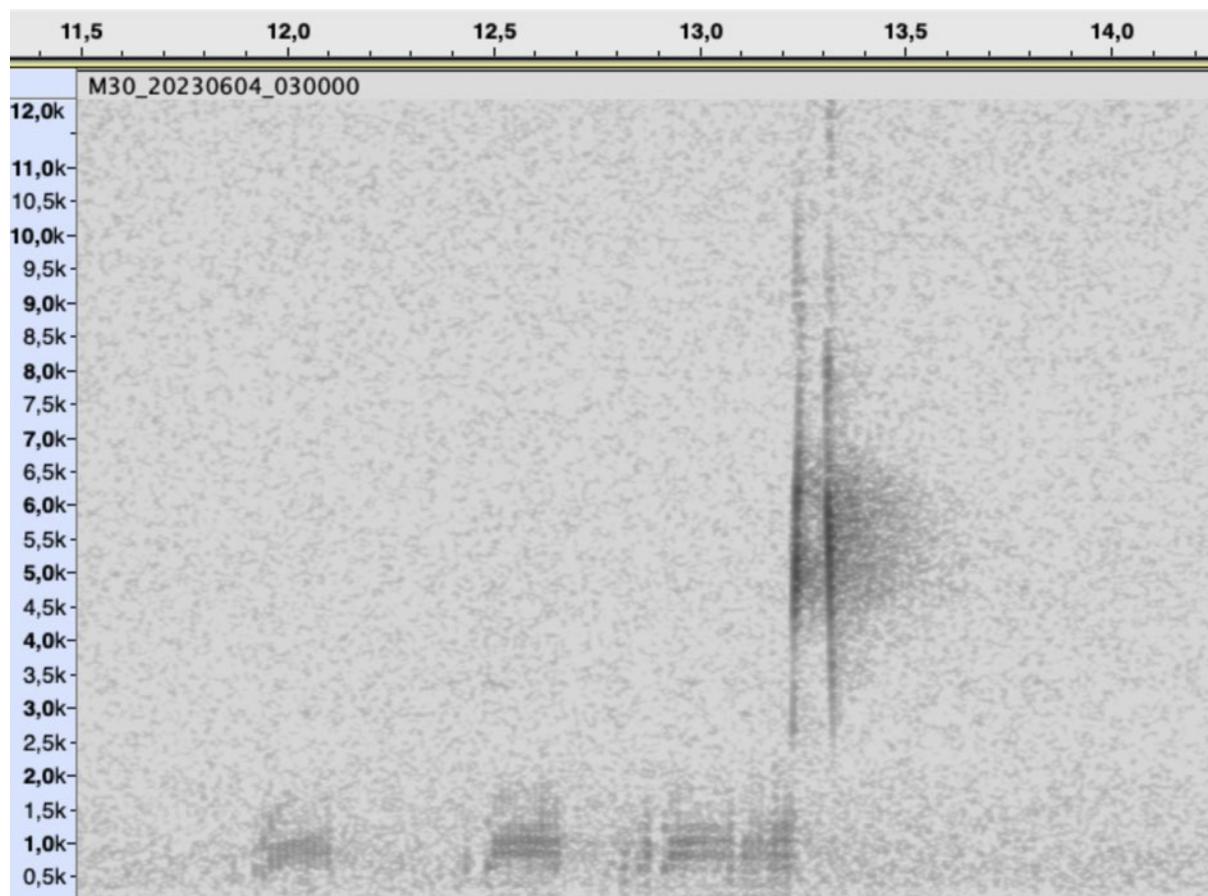


Abb. 10: Eine typische Balzstrophe der Waldschnepfe im Spektrogramm, bei dem die Tonhöhe, bzw. Frequenz (links, in kHz) gegen die Zeit aufgetragen wird (in Sekunden, Skala am oberen Rand). Die drei knurrenden “Quorr”-Laute liegen in der Frequenz zwischen 500 Hz und 2 kHz. Das kurze schnalzende “Puitz” ist dagegen stark frequenzmoduliert und reicht von 3 kHz bis über 12 kHz. Diese Balzstrophe wird von den Männchen im Flug laufend alle 4-6 Sekunden wiederholt.

Bemerkenswert ist, dass ein einzelnes Männchen zwar territorial ist, d. h. es nutzt ein bestimmtes Gebiet regelmäßig und z. T. auch über Jahre hinweg zur Balz und verhält sich gegenüber Konkurrenten aggressiv, wenn es zur Begegnung kommt. Allerdings können im Verlauf eines Abends an einer Stelle unter Umständen mehrere bis zahlreiche verschiedene Männchen balzend angetroffen werden, denn die individuellen Territorien verschiedener Männchen können sich bei der Waldschnepfe außerordentlich stark überlappen. Dies kann für die klassische Erfassung der Waldschnepfe und die Abschätzung der Populationsgröße und Siedlungsdichte sehr problematisch sein und erhebliche Konsequenzen haben, denn es ist für einen Erfasser nicht ohne weiteres erkennbar, wie viele verschiedene männliche Waldschnepfen am registrierten Balzgeschehen beteiligt sind. Ein konkreter Hinweis auf mehrere, sich überlappende Balzreviere in einem Bereich ist jedoch immer die Häufigkeit von Balzflügen an einer Stelle, wie es in mehreren Studien ermittelt wurde (Ferrand 1987, Hoodless et al 2008, Mulhauser & Zimmermann 2010, Mollet et al 2021, Bristow et al 2022). Da sich die absolute Balzintensität jahreszeitlich und anhand der Niederschlagsmengen in den Wochen vor der Erfassung jedoch stark verändern kann, ist dies in der Praxis vor allem auch im Vergleich mehrerer Erfassungspunkte zu sehen.

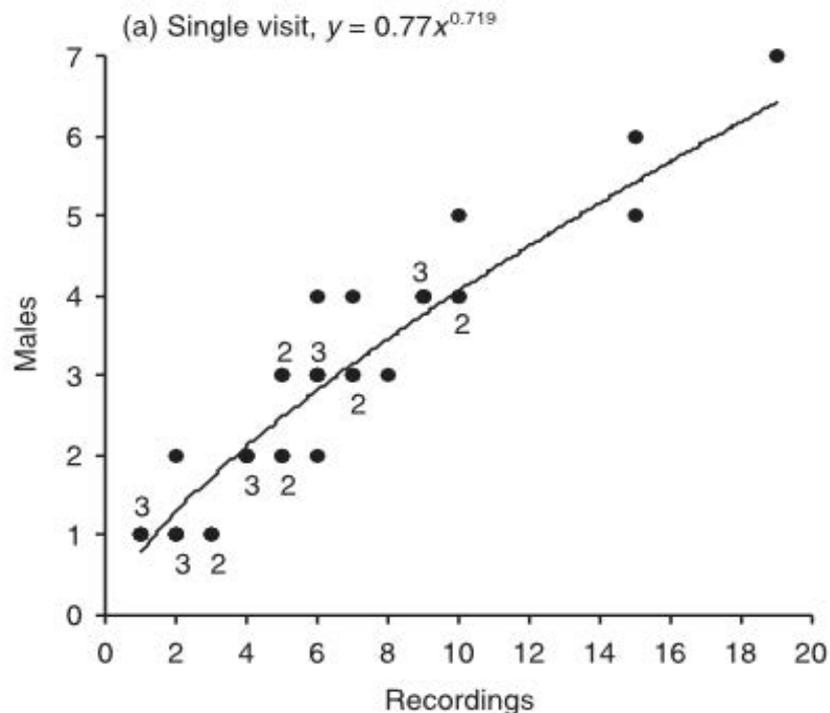


Abb. 11: Diese Darstellung aus Hoodless et al. (2008) zeigt beispielhaft die Korrelation zwischen der Anzahl an Tonaufnahmen ("Recordings") von balzenden Waldschnepfen an einem Standort während eines Abends und der Anzahl an verschiedenen Waldschnepfen-Männchen, die daran beteiligt waren ("Males"). Die Daten stammen von 34 Standorten. Sehr ähnliche Grafiken und Korrelationen sind auch das Ergebnis mehrerer weiterer Studien.

Der Legebeginn von Waldschnepfen liegt nur ausnahmsweise vor Mitte März, aus Hessen gibt es mehrere Vollgelege Ende März und Anfang April. Das Vollgelege besteht fast immer aus vier Eiern, die Brutdauer liegt bei 21-24 Tagen. Die Bebrütung des Geleges wird allein vom Weibchen übernommen, die Gelege schlüpfen nach Angaben aus Baden-Württemberg (Hölzinger & Boschert 2001) wohl überwiegend zwischen Mitte April und Mitte August. Die Jungvögel werden zunächst gefüttert und können im Alter von zehn Tagen kurze Strecken fliegen. Mit einem Monat sind sie voll flugfähig, werden aber bis zum Alter von fünf bis sechs Wochen vom Weibchen geführt. Aufgrund der zwei Maxima der Balzaktivität und des frühen Brutbeginns werden zwei Jahresbruten vermutet (Bauer et al. 2005). Sechs hessische Vollgelege stammen in vier Fällen aus der Phase von 3. bis 18. April, in zwei Fällen von Ende Juli und einmal aus dem „August“. Ein Dreiergelege am 29. März belegt auch einen frühen Legebeginn im März (Fritz in HGON 2000).

In Hessen ist die zweite Balzphase im Mai und Juni oft sehr deutlich ausgeprägt (eigene Projektdaten), aus Juli oder August liegen jedoch, ebenso wie in den Ornitho-Daten, kaum noch Balzbeobachtungen vor. Ob das auf eine in dieser Jahreszeit deutlich geringere Beobachtungsaktivität zurückgeht oder durch die zunehmende, in den Jahren ab 2018 besonders ausgeprägte Sommertrockenheit ausgelöst wird, muss aufgrund fehlender Untersuchungen unbeantwortet bleiben.



Abb. 12: Balzende Waldschnepfe in der abendlichen Dämmerung. Foto: JO Engler.

3. Gefährdungen und Beeinträchtigungen

3.1 Jagd auf die Waldschneffe

Die Waldschneffe wird seit Jahrhunderten gejagt und fällt unter die Bestimmungen des Bundesjagdgesetzes. Die Bejagung während der Balz im Frühjahr wurde in Hessen Anfang der 1970er Jahre eingestellt. Bis 1997 galt eine Jagdzeit vom 16. Oktober bis 15. Januar, seit dem 1. September 1998 ist auch die Bejagung im Herbst und Winter untersagt. Hessen ist damit, zusammen mit Berlin, eines von nur zwei Bundesländern in Deutschland mit ganzjähriger Schonzeit der Art.

Bundesweit betrachtet wurden in den letzten 20 Jahren zwischen knapp 19.000 (im Jagdjahr 2008/09) und 4.197 Waldschneppen (im Jagdjahr 2020/21) geschossen. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der Jagdstrecke:

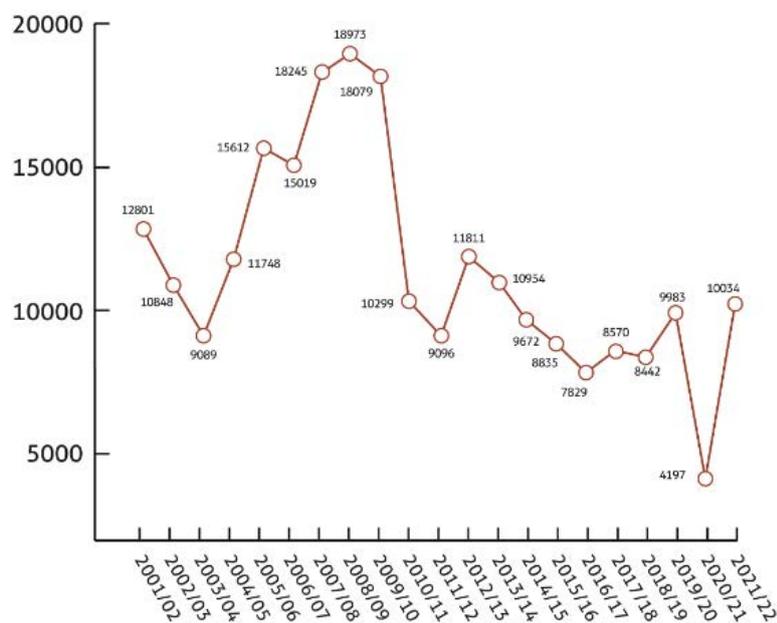


Abb. 10: Entwicklung der Jagdstrecke der Waldschneffe (Herbst/Winter) in Deutschland ab dem Jagdjahr 2001/02 Quelle: www.jagdverband.de/sites/default/files/2023-02/2023-02_Infografik_Jahresjagdstrecke_Waldschneppen_2021_2022.jpg

Europaweit zählt die Waldschnepfe zu den besonders intensiv bejagten Vogelarten. Hirschfeld & Attard (2017) führen Zahlen aus den 2010er Jahren aus 21 der 26 europäischen Länder, in denen die Art eine Jagdzeit hat, auf. Demnach ist davon auszugehen, dass die Jagdstrecke in Europa jährlich bei 1,5 bis 2 Millionen Waldschnepfen liegt. Die Länder mit höchsten Jagdstrecken sind demzufolge Frankreich (736.129 erlegte Waldschnepfen im Jagdjahr 2013/14), Spanien (119.328 in 2014/15), Italien (144.099 errechnet für 2014/15), England und Irland mit jeweils ca. 150.000 nach Zahlen aus den 2000er Jahren sowie Griechenland mit Schätzung zwischen 0,5 und 1 Million Tieren. Auch wenn die Abschusszahlen in einigen europäischen Ländern rückläufig sind, stellt die genannte Größenordnung einen hohen Anteil von jährlich mehr als 10 Prozent des europäischen Gesamtbestandes dar. Zwar ist unbekannt, wie hoch der Anteil der hessischen Waldschnepfen unter den erlegten Vögeln ist. Doch zeigt die Zahl von gut 850.000 erlegten Waldschnepfen in den genannten Jagdjahren in Frankreich und Spanien als vermutlichem Hauptüberwinterungsgebiet hessischer Waldschnepfen (Bairlein et al. 2014, <https://migrationatlas.org/node/1702>) das hohe Konfliktpotenzial zwischen gezieltem Schutz der Art in den hessischen Brutgebieten und der intensiven Bejagung in weiten Teilen Europas.

Wie bei den meisten jagdbaren Arten ist auch bei der Waldschnepfe der Einfluss der Jagd umstritten. Seitens der Jägerschaft wird immer wieder darauf hingewiesen, dass es bei einer „nachhaltigen Jagd“ keine negativen Effekte auf den Bestand (Häufigkeit, Verbreitung) geben kann, da hierbei von dem Bestand nicht mehr genutzt wird, als nachwächst und dadurch nur eine „kompensatorische Sterblichkeit“ gegeben wäre (Kalchreuther 1979). Um dies zu gewährleisten, bedarf es jedoch genauerer Informationen zur tatsächlichen Reproduktionsrate, die nur in wenigen Fällen verfügbar sind. Ermittlungen zur Mortalität auf Basis von Beringungsdaten aus Skandinavien, Russland, Großbritannien und Frankreich zeigen, dass diese bei Einjährigen bei durchschnittlich 62 % (52-69 %) und bei Adulten bei durchschnittlich 50 % (40-56 %) liegt (s. zusammenfassende Darstellung in Lampe et al. 2008). Eine darauf basierende Ermittlung (ebd.) unter Berücksichtigung aller relevanten populationsökologischen Größen ergab für Österreich mit einem Brutbestand von 1.500 bis 4.500 Paaren (somit mit Hessen vergleichbar), dass jährlich 55 Tiere entnommen werden können, ohne dass sich dies negativ auf die Population auswirkt. Angesichts der hohen Jagdstrecken in den vermuteten Überwinterungsgebieten hessischer Waldschnepfen (ca. 850.000 Ind. allein in Frankreich und Spanien, s.o.), ist davon auszugehen, dass die Zahl von jährlich 55 Vögeln oft und vermutlich auch deutlich überschritten wird.

Bei solchen Berechnungen wird zusätzlich jedoch grundsätzlich vernachlässigt, dass dieser Ansatz nur dann funktionieren kann, wenn es sich um stabile Populationen handelt, die eine dafür ausreichend hohe natürliche Reproduktionsraten aufweisen. Sobald sich aber Habitate und weitere Rahmenbedingungen verschlechtern, was vielerorts der Fall ist, verringert sich die Reproduktionsrate (zudem häufig vorerst unerkannt), so dass eine entsprechende Bejagung dann zwangsläufig weitere Bestandsrückgänge bedingt.

Es ist daher zu begrüßen, dass in Hessen keine Bejagung der Waldschnepfe erfolgt, zumal sich diese nach wie vor in einem ungünstigen Erhaltungszustand befindet (Kreuziger et al. 2023).

3.2 Einfluss der Waldnutzung auf die Waldschnepfe

Aufgrund der Verhaltensökologie und der Habitatansprüche der Waldschnepfe wirken sich vor allem die Entwässerung von Wäldern (inkl. angrenzender Nahrungshabitate im Offenland) sowie Monokulturen stark negativ aus. Darüber hinaus führt die allgemeine Intensivierung der Waldwirtschaft, häufig auch mit forstlichen Arbeiten während der Fortpflanzungsperiode, zu Beeinträchtigungen, im ungünstigsten Falle auch zur Zerstörung von Gelegen sowie zu Störungen aller Art.

Auch wenn bei der konkreten Bewirtschaftung der Flächen viele Gefahren für die Waldschnepfe entstehen können, so bieten die Herausforderungen im bewirtschafteten Wald durch Klimawandel, Windwurf, Kalamitäten und den generellen Waldumbau hin zu ökologisch stabileren Laub- und Mischwäldern vielfach auch Chancen für die Entwicklung neuer Lebensräume für die Waldschnepfe. Die Öffnung dichter Kronendächer lässt z. B. Licht auf den Waldboden und fördert die essenzielle Bodenvegetation, die dem Vogel die nötige Deckung gibt. Kalamitätsflächen oder Windwürfe werden häufig im Laufe der Jahre von Waldschnepfen besiedelt – solange sie nicht allzu großflächig sind. Positiv wirken sich die Lichtungen und Waldinnenränder auf die balzenden Männchen aus, die in solchen Bereichen oft konzentriert auftreten können (z. B. auch bei Dorka et al. 2014). Die oftmals lockere und heterogene Wiederbewaldung und reichlich Deckung am Boden bietet Waldstrukturen, die auch von brütenden Waldschnepfen-Weibchen bevorzugt werden.

Die allgemeine Jagdausübung im Wald ruft bei Waldschnepfen Störungen hervor. Dies ist insofern gut nachvollziehbar, da sie selbst in erheblichem Umfang auch das Zielobjekt einer intensiven Bejagung darstellt, vorrangig zu den Zugzeiten und in Überwinterungsgebieten. Im Rahmen von kontrollierten Versuchen bei überwinternden Waldschnepfen war nachzuweisen,

dass regelmäßige Jagd-ähnliche Störungen bei einer Gruppe von Vögeln die Raumnutzung gegenüber einer ungestörten Kontrollgruppe verändert (Ferrand et al. 2013). Insgesamt war der Effekt der Störungen bei dieser Studie allerdings nicht besonders stark.

Die für die Waldschnepfe häufig als Artenschutzmaßnahme postulierte jagdliche Reduktion von Prädatoren (Wildschwein, Fuchs, Waschbär) ist fachlich umstritten, da bei Waldschnepfen meist kein populationsreduzierender Einfluss durch Prädatoren erkennbar ist (Gatter 2000, Nyenhuis 1995, 2007, Bende & Laszlo 2021). Vielmehr ist zu erwarten, dass die Prädation bei Bodenbrütern des Waldes (im Gegensatz zu manchen Offenlandarten, insbesondere seltene Wiesenbrüter, vgl. Langgemach & Bellebaum 2005) keine entscheidende Rolle spielt, da es dort weder zu einer Akkumulation von Brutvorkommen, noch von Nahrungsflächen kommt, die dann (wie im Falle der wenigen optimierten Wiesenbrütergebieten) von den Prädatoren gezielt aufgesucht werden. Unter Berücksichtigung der gesamten von Waldschnepfen besiedelten Waldfläche in Verbindung mit deren geringen Dichten ist die Auffindwahrscheinlichkeit eines Geleges durch einen Prädator zwar grundsätzlich gegeben. Insgesamt ist es aber derart gering, dass hier keine entscheidenden populationsreduzierenden Einflüsse erkennbar sind, zumal die Waldschnepfe arttypische Verhaltensweisen etabliert hat, um mögliche Gelege- und Jungvögelverluste zu minimieren (gute Tarnung, Verleiten, auch das Forttragen der Jungvögel). Analoges dürfte daher auch für weitere potenzielle Prädatoren wie Sperber, Habicht oder Waldkauz (Hoodless & Hirons 2007) gelten. Diese Einschätzung bestätigen auch Gebiete mit hohen Dichten von Waldschnepfen (oder auch Ziegenmelkern und anderen Bodenbrütern) bei gleichzeitig hohen Prädatordichten. Dies ist z. B. auf vielen (ehemaligen) Truppenübungsplätzen der Fall (siehe auch Petermann & Werner 2018). Die Auswirkungen der Jagdausübung auf die Waldschnepfe sind daher insgesamt eher negativ einzustufen. Auf jeden Fall stellt eine „Prädatorenbekämpfung“ keine pauschale oder eindeutig zielführende Artenschutzmaßnahme dar (vgl. auch Mollet 2015).

3.3 Edaphisch und klimatische Einflüsse

Diese Faktoren spielen insbesondere bzgl. der Nahrungswahl eine wesentliche Rolle, da Waldschnepfen stocheifähige Böden benötigen, um ihre Nahrung (vor allem Regenwürmer und sonstige größere Bodenarthropoden) gut erreichen zu können. Bevorzugt werden daher frisch bis feuchte und daher meist lehmige bis tonige Böden und vor allem niederschlagsreiche Regionen (Zellweger & Bollmann 2018). In Gebieten mit geringen Niederschlägen werden auch sandige Böden genutzt, im Gebirge auch steinige, jedoch nur mit feuchten Bereichen wie Pestwurzfluren am Gewässerufer (Zellweger & Bollmann 2018). Auch in Hessen werden

bevorzugt Bereiche mit feuchten Böden besiedelt, immer wieder aber auch stochebfähige Sandböden (vor allem in der Untermainebene). Nordexponierte Waldbereiche werden aufgrund ihres feuchteren Kleinklimas prinzipiell von der Waldschnepfe bevorzugt (Bohnenstengel et al. 2020, Strebel et al. 2018).

Dabei werden Böden mit einem pH-Wert zwischen 5,5 und 6,0 bevorzugt, saure Böden werden gemieden. Boden- und Außentemperatur spielen jedoch keine Rolle, solange genug Bodenfeuchte vorhanden ist. Erst wenn die Außentemperatur so hoch ist, dass der Boden austrocknet, ist er nicht mehr nutzbar.

In Folge des stattfindenden und künftig absehbaren Klimawandels werden für die Waldschnepfe folgende Entwicklungen besonders bedeutsam:

- Eine Zunahme der Durchschnittstemperaturen; Zunahme von Winterniederschlägen und geringfügig trockenere Sommer (z. B. Spekat et al. 2007).
- Zunahme der Häufigkeit und der Intensität von Extremwetterereignissen (Extremregen, Stürme) und extremen Wetterphasen, darunter insbesondere anhaltende Hitzewellen und Trockenheit (z.B. wissenschaftlicher Dienst des Bundestags 2016).
- Niederschlagsmengen fallen in zunehmendem Maße in kurzen Extremereignissen und werden dadurch schlechter vom Boden aufgenommen.
- Durchschnittlich höhere Temperaturen bewirken, dass die Böden schneller und früher austrocknen.

Aufgrund dieser Entwicklungen ist zu erwarten, dass es zukünftig in Folge der Klimaerwärmung zu einer schlechteren und vor allem sehr viel unzuverlässigeren Verfügbarkeit geeigneter Nahrungsflächen für die Waldschnepfe kommen wird. Besonders kritisch sind dabei starke Trockenperioden während der Brutzeit, da sich Regenwürmer, die Hauptnahrung der Waldschnepfe, in solchen Phasen tief in die Erde zurückziehen, Dauerstadien bilden und in erheblichem Umfang auch absterben. Erst im folgenden Frühjahr folgt dann ein neuer Aufbau der Regenwurm-Populationen aus Eiern und Dauerstadien. Besonders katastrophal auf die Regenwurmpopulationen wird der Effekt von zwei sehr starken aufeinander folgenden Trockenjahren prognostiziert, da dadurch der Wiederaufbau von neuen Populationen nachhaltig geschädigt wird (Ehrmann 2008). Der sehr negative Einfluss von anhaltenden Trockenperioden auf die Balzaktivität der Waldschnepfen ist gut belegt und war in den letzten 10 bis 20 Jahren bereits mehrfach zu beobachten (z.B. Sprötke et al. 2021, Heward 2019 und Brauneis 2014). Auch im Erfassungsjahr für diese Studie war das ab spätestens Mitte Juni 2023 in weiten Teilen Hessens und Bayerns der Fall (pers. Beobachtungen).

Die kommenden klimatischen Entwicklungen lassen daher erwarten:

- Dass sich der zur Brut gut geeignete Zeitraum in vielen Lebensräumen verkürzt, da diese im Jahresverlauf schneller abtrocknen und sich die Nahrungsverfügbarkeit reduziert (Regenwürmer).
- Dass sich die Zugzeiten, Balz- und Brutperioden weiter ins Frühjahr verschieben (März, April), und der spätere Brutzeitraum (Juni, Juli) zunehmend an Bedeutung verliert.
- Waldschnepfen-Habitate werden sich immer mehr auf besonders günstige und feuchte Lagen beschränken; mittlere oder trockenere Standorte werden zunehmend nur noch in feuchten Jahren besiedelt, oder nur noch zu Beginn der Brutzeit besiedelt und bei anhaltender Trockenheit dann vorzeitig verlassen.
- Dass demzufolge hügelige Waldregionen mit klimatisch feuchteren Nordhängen, etwas niedrigeren Temperaturen und höheren Niederschlägen gegenüber ebenen Tieflagen ohne diese Standortvorteile weiter bevorzugt werden.
- Dass es zu verstärkten Schwankungen im Bestand und Bruterfolg der Waldschnepfe kommen kann, da es witterungsbedingt häufiger auch zu Jahren mit „Totalausfall“ bei der Fortpflanzung kommen kann. Ob sich nach solchen Jahren die Brutpopulation auch wieder ausreichend erholt, bleibt abzuwarten.

Diese Entwicklungen sind für den langfristigen Fortbestand der Waldschnepfe in Hessen mit Sicherheit negativ zu sehen und bereits jetzt teilweise auch schon zu beobachten.

Für die Erfassung der Waldschnepfe im Rahmen von Projekten und Kartierungen kann es daher künftig von zunehmender Bedeutung sein, im April einen Erfassungsschwerpunkt zu setzen (d.h. nach den Zugmaximum im März), und insbesondere nach ergiebigen Regenfällen. In zunehmend sommertrockenen Jahren dürften die Erfassungsergebnisse aus Juni-Erhebungen immer weniger repräsentativ sein, da die Männchen ihre Balzflüge trockenheitsbedingt reduziert oder eingestellt haben.

3.4 Beeinträchtigungen durch Windenergieanlagen

3.4.1 Störwirkungen und Meideeffekte

Die Waldschnepfe wurde ursprünglich nicht als besonders WEA-sensibel eingestuft und war daher auch seinerzeit gemäß dem Avifauna-Gutachten zum LEP Hessen (PNL 2012) nicht speziell zu beachten, da zu diesem Zeitpunkt auch keine Abstandsempfehlungen der LAG-VSW (2007) vorlagen. In der zweiten Fassung der LAG-VSW (2015) wurde jedoch erstmals

ein Ausschlussbereich von 500 m um die Balzreviere empfohlen, der dann auch in der neuen Hessischen Verwaltungsvorschrift (HMUKLV & HMWEVW 2020) berücksichtigt wurde.

Diese Einstufung basiert im Wesentlichen auf der Untersuchung von Dorka et al. (2014), die eine Abnahme der Flugbalzaktivität um 88% im Umfeld von 15 neu errichteten WEA-Standorten ermittelte, über einen Wirkradius von etwa 300 m. Diese Studie ist jedoch fachlich nicht unumstritten (Schmal 2015, Straub et al. 2015). Eine andere Untersuchung in Deutschland konnte einen derart deutlichen Meideffekt nicht bestätigen (Sprötge / Planungsgruppe Grün 2021). Waldschnepfen nutzten bei dieser Studie auch das nahe Umfeld von WEA regelmäßig zur Balz. Insgesamt wurde zwar eine Reduzierung der Balzaktivität beobachtet, nachdem zwei zusätzliche Anlagen errichtet wurden, diese Abnahme konnte aber nicht ursächlich mit den neu errichteten WEA in Zusammenhang gebracht werden, sondern wird eher mit Witterungsbedingungen begründet (Trockenheit in den Jahren 2018 und 2019). Eine ausführliche Diskussion zu diesen beiden Studien in Deutschland findet sich in Reichenbach et al. (2022).

Von Gittings (2019) gibt es eine Untersuchung im Windpark Castlebanny in Irland. Dort zeigte sich ebenfalls, dass Balzflüge der Waldschnepfe auch im nahen Umfeld von WEA im untersuchten Windpark stattfanden, allerdings war die Zahl der erfassten Tiere dort geringer als außerhalb. Die Ergebnisse zeigten, dass innerhalb von 250 m um Windkraftanlagen die Häufigkeit von balzenden Waldschnepfen signifikant reduziert war, was stark auf einen Verdrängungseffekt hindeutet. Für den Entfernungsbereich über 250 m ergaben die Untersuchungen hingegen keine Hinweise auf einen Verdrängungseffekt. Die potenzielle Verdrängung innerhalb des Entfernungsbereichs von 0-250 m stimmt mit den Beobachtungen der Studie von Dorka et al. (2014) in etwa überein.

Sehr ausgeprägte Meideffekte gegenüber WEA sind typischerweise bei Vogelarten des weiträumigen Offenlandes bekannt. Betroffen sind insbesondere Wiesenlimikolen, Kiebitz und arktische Gänse, die vor allem größere horizontale „Kulissen“ meiden (Kreuziger 2008). Da die Waldschnepfe aber im Gegensatz zu anderen Limikolenarten nicht im weiträumigen Offenland vorkommt, sondern eine typische Waldart ist, ist eine gleichgeartete grundsätzliche Kulissenwirkung und -meidung bei ihr nicht zu erwarten. Optische Störungen oder „Scheuchwirkungen“ können aber beim Balzflug der Männchen auftreten, welcher weiträumig über die Baumwipfel hinweg durchgeführt wird. Insbesondere wenn die WEA in Betrieb sind, erscheint eine optische Störwirkung besonders denkbar. Schreiber (2015) zitiert hierzu einzelne Anmerkungen in Nemetschek (1975), die eine Störwirkung von plötzlichen Bewegungen auf fliegende Waldschnepfen dokumentieren. Ob Störwirkungen von Anlagen

auch dann ausgehen, wenn die Rotoren stehen, ist dagegen umstrittener und erscheint weniger naheliegend. Dorka et al. (2014) beobachtete auch dann den „Scheueffekt“, während bspw. Brauneis (2019) dies nicht erkennt, da nach seiner Erfahrung grob vergleichbare Funkmasten oder -türme von balzenden Waldschnepfen nicht gemieden werden. Neben der Bewegung durch die Rotoren könnten auch die Blinklichter an WEA zu einer optischen Störung beitragen.

Neben optischen Effekten kann es daneben durch die Geräuschkulisse der Windenergieanlagen zu Stör- und Meideeffekten kommen, ähnlich wie es bspw. auch für Straßen beschrieben wurde (Garniel & Mierwald 2010). Anhand dieser Untersuchung gilt die Waldschnepfe als eine „Art mit mittlerer Lärmempfindlichkeit“, und einer Effektdistanz von 300 m für negative Bestandsauswirkungen im Umfeld von stark befahrenen Straßen. Der kritische Lärmpegel wird für diese Artengruppe pauschal mit 58dB(A) angegeben. Auch diese Distanzangabe deckt sich ungefähr mit den Entfernungsangaben von Dorka et al. (2014) und Gittings (2019). Die Maskierung von Balzrufen durch den Lärm von WEA ist für das tieffrequente „Quorren“ als einer der zwei Bestandteile der akustischen Balz zweifellos gegeben (s. Kapitel 2.3 und 4, auch Reichenbach et al. 2022), während das „Puitzen“ in der Tonfrequenz zu erheblichen Teilen außerhalb des typischen Lärmspektrums von WEA liegt. Die Kommunikation balzender Waldschnepfen ist im lärmbeeinflussten Umfeld von WEA damit zweifellos teilweise eingeschränkt. Inwiefern und in welchem Abstand sich das tatsächlich auf die Individuen auswirkt, bzw. wie diese darauf reagieren, ist jedoch weitgehend unbekannt. Eine Studie im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz zu diesem Thema konnte die Waldschnepfe hierzu leider nicht bewerten (Reichenbach et al. 2022).

Welche Rolle und Bedeutung die Lärmemissionen im Vergleich zu optischen Störwirkungen für den dokumentierten Meideeffekt bei der Waldschnepfenbalz haben, ist aktuell unklar. Vermutlich lassen sich diese zwei Wirkungswege auch nicht getrennt voneinander ermitteln und beurteilen. Die Störwirkungen von WEA auf balzende Waldschnepfen bleiben aufgrund teilweise widersprüchlicher Studien und unklarem Wirkmechanismus (Lärm oder optisch) ein insgesamt unzureichend geklärtes Thema.

Zuletzt bleibt auch noch festzustellen, dass sich die bisher beobachteten und dokumentierten Meideeffekte von WEA allein auf die Balzflüge der Männchen beziehen. Wie beschrieben, können sich die Balzgebiete der Männchen und Bruthabitate der Weibchen bei der Waldschnepfe allerdings erheblich unterscheiden. Die Balzflüge und -rufe der Männchen finden sehr großräumig auf oder über Baumkronenhöhe statt und sind damit den Störeffekten von WEA stark ausgesetzt. Der Brutplatz wird im Gegensatz dazu von den Weibchen primär

anhand der Bodenvegetation und Bodenfeuchte ausgewählt. Die Habitatnutzung am Waldboden erscheint zudem viel weniger störanfällig durch WEA als die exponierten Balzflüge und die Balzrufe der Männchen. Ein Meideeffekt von WEA auf das Balzgeschehen der Männchen muss daher keinesfalls zwangsläufig auch einen Meideeffekt derselben Bereiche auf die brütenden Weibchen und den Bestand und Fortpflanzungserfolg einer lokalen Population bedeuten. Die Auswirkungen von WEA auf das Balz- und das Brutgeschehen sollten daher deutlich unabhängiger voneinander erforscht und beurteilt werden, als es in der bisherigen Debatte erfolgt. Hierzu wären Untersuchungen sehr wünschenswert, auch wenn die systematische Erfassung von Brutplätzen und Bruterfolg bei der Waldschnepfe zweifellos besondere Herausforderungen mit sich bringt.

3.4.2 Kollisionsgefahren

Das Kollisionsrisiko der Waldschnepfe wird aufgrund der zur Verfügung stehenden Informationen als gering eingeschätzt. In der bundesweiten Datei zu den Vogelschlagopfern sind von der Waldschnepfe bisher nur zehn Tiere geführt, europaweit sind es 21, die auch fast ausnahmslos zu Durchzugszeiten kollidierten (Dürr 2023). Der letzte Fund stammt zudem aus dem Jahr 2016. Einschränkend muss bei den Betrachtungen von Kollisionsopferzahlen von Waldvogelarten immer die deutlich geringere Fundrate von Schlagopfern im Wald mitberücksichtigt werden. Dennoch ergeben sich aus den genannten Daten aktuell keinerlei Hinweise auf ein erhöhtes Kollisionsrisiko für die Brutpopulation.

Dies ist auch daher anzunehmen, da die Rotoren der neuen und größeren WEA im Regelfall mind. 80 m über GOK befinden (d.h. ca. 50 m oberhalb der Baumwipfel) und damit in einer Höhe, in der Waldschnepfen typischerweise keine Balzflüge mehr durchführen. Die maximalen Flughöhen betragen hierbei meist 20-30 m und führen üblicherweise nicht oder nur wenig über die Wipfelregion des Waldes hinaus (Glutz von Blotzheim et al. 1986). Auch eine Kollision mit den Masten dürfte bei dieser Waldart sehr unwahrscheinlich sein, da ihr Lebensraum durch vertikale Strukturen (Bäume) geprägt ist und solche Strukturen daher gut erkannt werden sollten.

Daneben kann es durch bau- und anlagebedingte Effekte zu Kollisionen der Waldschnepfe kommen. In Einzelfällen sind Verluste an den Abspanndrähten von Windmessmasten dokumentiert (Weige mündl.).

3.4.3 Flächenentzug

Die benötigte Flächeninanspruchnahme des Waldes umfasst gegenwärtig je WEA eine Größenordnung von etwa 0,5 bis max. 1 ha. Soweit sich diese im Bereich von Waldschnepfenhabitaten liegen, kann allein der Flächenentzug bereits zu einer Aufgabe von Revieren führen, so dass in diesem Fall entsprechende Ausgleichs- bzw. Kompensationsmaßnahmen erforderlich sind (ggf. CEF-Maßnahmen).

4. Erfassung von Waldschnepfenpopulationen mittels automatischen Erfassungssystemen und Rufanalyse

Ein integraler Bestandteil der Bearbeitung dieses Artenhilfskonzeptes war die Erfassung von Waldschnepfen an ausgewählten Standorten mit automatischen Aufnahmegeräten und der Test bzw. Entwicklung einer halbautomatischen Auswertung der Aufnahmen auf Waldschnepfen-Lautäußerungen. Die Erfassungen fanden gleichermaßen an Standorten mit Windenergie-Nutzung und davon unbeeinflussten Standorten statt, so dass mit diesen Untersuchungen insbesondere auch eine Vertiefung der Erkenntnisse bzgl. der Störwirkungen von WEA auf Waldschnepfen erfolgen soll.

Hintergrund

Autonome Aufnahmegeräte mit langer Standzeit („autonomous recording units“ „ARUs“, oder auch „Horchboxen“) sind seit etlichen Jahren kommerziell verfügbar und gewinnen spätestens mit der Entwicklung von besonders günstigen Geräten zunehmend an Beliebtheit auch bei der Vogelerfassung (z.B. die „Audiomoth“, Hill et al, 2018). Die Auswertung der Tonaufnahmen auf vorkommende Vogelarten ist ohne eine Automatisierung jedoch oftmals zeitraubend und wenig effektiv bzw. nur für bestimmte Zielarten effizient. Die automatisierte Suche nach Vogelstimmen in den Tonaufnahmen wird seit wenigen Jahren durch das Aufkommen neuartiger KI-gestützter Algorithmen jedoch drastisch verbessert. Der bekannteste und am weitesten verbreitete Vertreter dieser neuartigen Erkennungssoftware ist BirdNET. Es handelt sich hierbei um frei nutzbare und verfügbare Software, welche die Gesänge und Rufe von weltweit mehreren tausend Vogelarten in Tonaufnahmen erkennen kann (Kahl 2020, Kahl et al. 2021, <https://github.com/kahst/BirdNET-Analyzer>). Die breite Verfügbarkeit relativ günstiger Aufnahmegeräte in Kombination mit einer (halb-)automatisierten, Software-gestützten Auswertung macht das „Passive Akustische Monitoring“ („PAM“) der Vogelstimmen zu einem Thema, zu dem aktuell national und international intensiv geforscht und entwickelt wird. Ein kritisches Thema ist dabei die Reduzierung der Fehlerraten der Erkennungsalgorithmen, damit sich der Aufwand für Validierungen reduziert und die Methode in der Praxis verlässlicher und anwendbarer wird (z.B. Perez-Granados 2023).

Besonders bewährt haben sich Methoden des PAM bisher bei der Erfassung von akustisch aktiven, aber sonst sehr heimlichen (oft nachtaktiven) Vogelarten – darunter insbesondere

solchen Arten, die nur unzuverlässig oder für kurze Zeiträume akustisch aktiv sind. Die Waldschnepfe ist eine der Arten, wo diese Methode in der Vergangenheit deshalb bereits mehrfach zur Anwendung kam.

Akustisches Monitoring bei der Waldschnepfe

Aufgrund ihrer Lebensweise wurden in der Vergangenheit zahlreiche bioakustische Studien zur Waldschnepfe durchgeführt, teilweise auch in Verbindung mit Telemetrie-Studien. Dabei ging es einerseits um Details der Erfassung und Lebensweise, insbesondere aber auch um die individuelle Erkennung einzelner Waldschnepfen-Männchen anhand von individuellen Gesangsmerkmalen. Dies ist eine wichtige Grundlage für detaillierte Bestandserfassungen, da sich die Reviere der Waldschnepfen-Männchen sehr stark überlappen können (s. Kapitel 2.3). Diese individuelle Erkennung einzelner Waldschnepfen-Männchen erfordert immer eine mehr oder weniger aufwändige Vermessung der Gesangsstrophen sowie umfangreiche Statistik und ist in den Untersuchungen zwar meistens, aber auch nicht immer vollständig erfolgreich. Durchgeführt wurden solche Studien beispielsweise in Frankreich (Ferrand 1987), England (Hoodless et al., 2008, Bristow et al., 2022) und der Schweiz (Mulhauser und Zimmermann 2010, Mollet et al., 2021).

Einsätze von ARUs zur Erfassung der Waldschnepfe in Deutschland

Veröffentlichte Studien, die Erfassungen der Waldschnepfe mit automatischen Erfassungsgeräten/ARUs zum Inhalt haben, gab es auch in Deutschland in den vergangenen Jahren mehrfach. Hervorzuheben ist die umfangreiche Studie im Auftrag des Bundesamts für Naturschutz von Reichenbach et al. (2022), die neben etlichen anderen Vogelarten insbesondere auch die Auswirkungen von Windenergienutzung auf die akustische Aktivität der Waldschnepfe untersuchen sollte. Leider stellte sich für die Autoren die eigens entwickelte automatische Auswertung der Tonaufnahmen bzgl. der Waldschnepfe als unzureichend heraus, so dass für die Waldschnepfe keine Ergebnisse präsentiert werden konnten. Diesbezüglich erfolgreicher verlaufen dagegen scheinbar die Erfassungen für das Waldschnepfen-Monitoring in Baden-Württemberg, welches an der Forstlichen Versuchsanstalt (FVA) angesiedelt ist. Holderried et al. (2022) nutzen hier eine Kombination von traditionellen Erfassungen durch Ehrenamtliche gemeinsam mit ergänzend eingesetzten ARUs (Audiomoths) und einer Auswertung mit BirdNET für das Bestandsmonitoring. Schöller (2023) präsentiert ebenfalls die Ergebnisse einer ARU-basierten Waldschnepfen-Erfassung (mit Song Meter Micro), die im lockeren Zusammenhang mit Windenergienutzung entstanden ist. Die Auswertung der Aufnahmen erfolgte manuell.

Ziele der aktuellen Untersuchung

- Erfassung ausgewählter Waldschneppen-Vorkommen in Hessen, Erfassung über einen längeren Zeitraum, abends und morgens.
- Erprobung von BirdNET zur Auswertung der Aufnahmen für Waldschneppen.
 - Effizienz der Erkennung der Waldschneppe: Anteil falsch-positiver Fundmeldungen (Fehlbestimmungen) und falsch-negativer Anteil (übersehene Waldschneppen).
 - Ermittlung optimaler Einstellungen und Filtermöglichkeiten zur Optimierung von Fehlerquoten.
 - Ist eine aufwändige Validierung der Ergebnisse immer nötig, oder ist eine automatisierte Erfassung / Auswertung der Aufnahmen möglich?
 - Wenn möglich, sollen Empfehlungen zur Erfassung der Waldschneppe mit ARUs und dem Vorgehen bei der Auswertung mit BirdNET entwickelt werden.
- Auswirkungen von Windenergienutzung auf die Balzaktivität von Waldschneppen.
 - Als Studiendesign sind 15 Standortpaare in Hessen verteilt vorgesehen, jeweils mit zwei Geräten.
 - Die Standortpaare haben jeweils ein Aufnahmegerät in einem Windpark, ein weiteres Gerät steht 3 km entfernt, in möglichst vergleichbarer topografischer Lage.
 - Gibt es Unterschiede bei der An- bzw. Abwesenheit von Waldschneppen an WEA- und Kontrollstandorten?
 - Gibt es Unterschiede in der Häufigkeit von Waldschneppen-Nachweisen an WEA- und Kontrollstandorten?
- Erkennung weiterer Waldvogelarten mit BirdNET an den untersuchten Standorten

4.1 Material und Methoden

4.1.1 Untersuchungsgebiet

Die Festlegung der Untersuchungsgebiete erfolgte nicht zufällig oder einem festen Muster folgend. Vielmehr wurden die Standortpaare und die Lage der einzelnen Aufnahmegeräte gezielt so gewählt, dass sie bestimmte Bedingungen erfüllen, die vom Auftraggeber vorgegeben wurden. Dazu gehörten:

- Verteilung der Standortpaare über ganz Hessen in verschiedenen Naturräumen.
- Ein Aufnahmegerät eines Standortpaares steht etwa mittig in einem Windpark („WEA-Standort“).
- Das zweite Aufnahmegerät steht in ca. 3 km Entfernung vom ersten. Die Entfernung zur nächstgelegenen WEA sollte ebenfalls etwa 3 km betragen („Kontrollstandort“).
- Der Standort des zweiten Geräts wurde so gewählt, dass er dem eines WEA-Standortes ähnelt (d.h. topografisch exponiert auf einem Berg oder Bergrücken, keine Tallagen; wenn möglich auch Schneisen oder Lichtungen in der Nähe).
- Alle Standorte sollten im Bereich der HessenForsten liegen.

Diesen Bedingungen folgend, wurden insgesamt 23 potenzielle Standortpaare ermittelt. Davon wurden 17 Standortpaare mit jeweils zwei Aufnahmegeräten bestückt, von denen 15 bzw. 16 in die Auswertung eingeflossen sind. Die folgende Abbildung zeigt die untersuchten Standortpaare in Hessen.

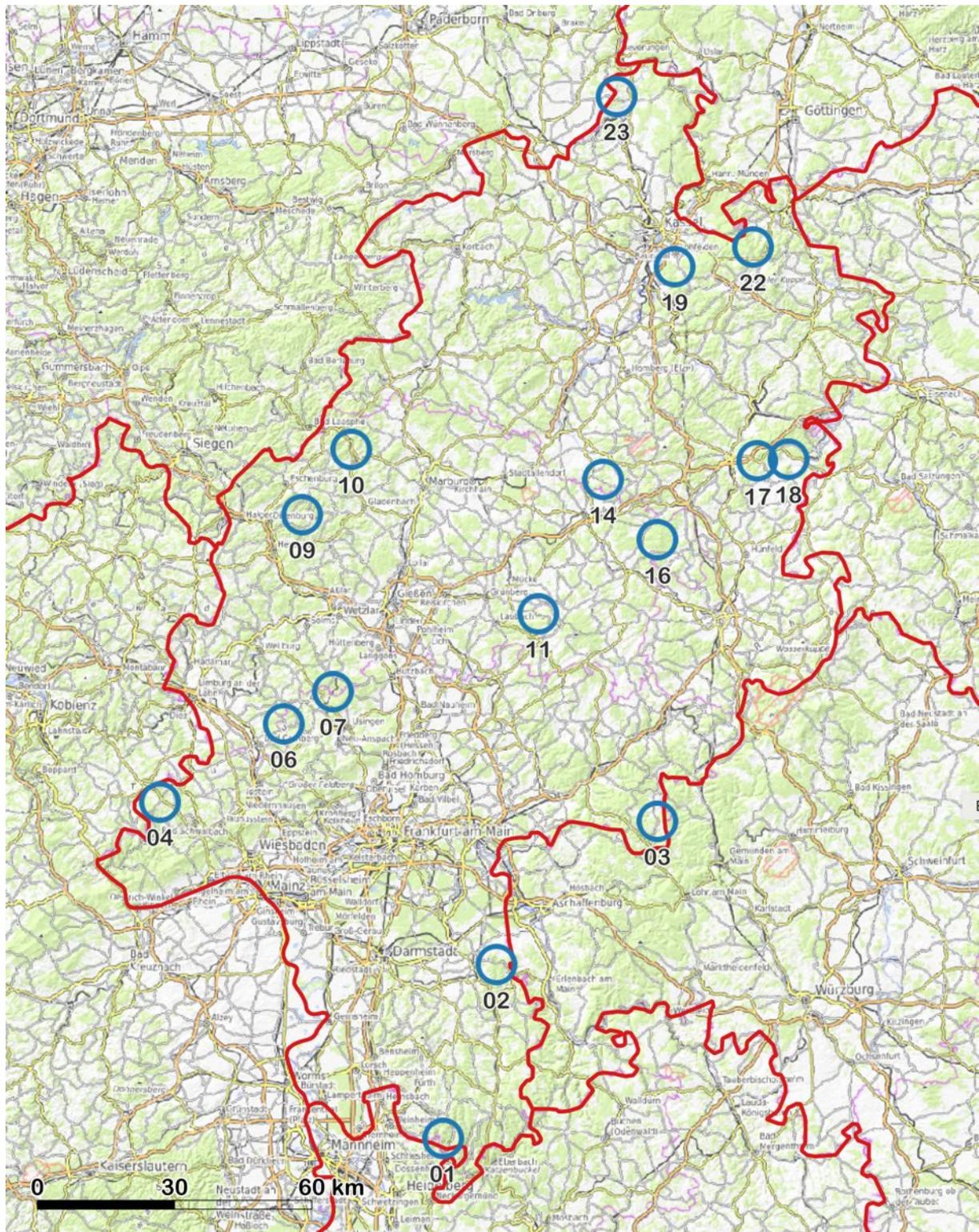


Abb. 13: Lage von 16 der 17 untersuchten Standortpaare in Hessen. An jedem Standortpaar wurden zwei Aufnahmegeräte ausgebracht, jeweils eines in einem Windpark und eines außerhalb. Die hier dargestellten 16 Standorte sind in die Auswertung eingeflossen.

4.1.2 Erfassungsgeräte, Aufnahmezeiten.

Die Aufnahmegeräte, die zum Einsatz kamen, sind „EcoSnooper“. Dies ist eine Eigenentwicklung (Hannabach, Bokämper, Engler) auf Basis von Android Outdoor-Smartphones, die mit einem externen Mikrofon aufnehmen. Die grafische Nutzeroberfläche des EcoSnoopers erlaubt, wie bei vielen ARUs, die Einstellung zu Aufnahmezeiten und -qualität. Besonders hervorzuheben ist die Rückmeldung über Mobilfunk über durchgeführte Aufnahmen, Speicherplatz und Akkustand; auch eine Neukonfiguration aus der Ferne über Mobilfunk ist möglich, sowie bei Bedarf die Übertragung von Aufnahme-Dateien in einen Cloudspeicher.

Das verwendete Mikrofon ist ebenfalls eine Eigenentwicklung und nutzt eine empfindliche Kondensator-Mikrofonkapsel mit omnidirektioneller Charakteristik (Hersteller PUI Audio, Typ „AOM 5024L“). Der Wetterschutz ist konstruktiv, zur Reduzierung von Windgeräuschen wird ein Schaumstoffschutz verwendet. Das Mikrofon ist auf eine Stromversorgung durch das Mobiltelefon über den Kopfhöreranschluss angewiesen („Plug-in-Power“).

Für die Vergleichbarkeit wurden an einem Standortpaar zusätzlich vier Geräte vom Typ Audiomoth ausgebracht: Zwei Audiomoths waren in dem dafür vorgesehenen Plastikgehäuse (Aufnahme durch das eingebaute Mikrofon), zwei weitere Geräte waren mit Kopfhörerbuchse und externen Mikrofonen ausgestattet und in einem eigenen wassergeschützten Gehäuse untergebracht. Das externe Mikrofon dieser Audiomoths entsprach dem der EcoSnooper. Diese vier Audiomoths kamen am Standortpaar 1 (WEA- und Kontrollstandort) parallel mit den EcoSnoopern zum Einsatz.

Die Aufnahmegeräte an 17 Standortpaaren waren vom 1. bis 12. Juni aktiv (9 bis 12 Tage je Gerät). An einem Standortpaar gab es einen weiteren Aufnahmezeitraum von 11. bis 22. Juni. Die Aufnahmezeiten wurden bei allen Geräten so eingestellt, dass am Morgen von 03:00 bis 06:00 Uhr aufgenommen wurde, am Abend von 20:30 bis 23:30. Dadurch wurden die Sonnenauf- und -untergänge, die Dämmerungsphasen und etwas Tagzeit und Dunkelheit eingeschlossen. Die Standorte der Aufnahmegeräte wurden mit den Forstämtern abgesprochen, Hinweisschilder wiesen Waldbesucher auf ggf. laufende Tonaufnahmen hin.

4.1.3 Auswertung mit BirdNET

BirdNET, ebenso wie auch andere KI-Algorithmen, erkennt die Vogelstimmen in den Tonaufnahmen anhand einer Mustererkennung und Klassifizierung von normalisierten Spektrogrammen – letztlich also eine Art Bilderkennung. Die Software gibt dabei bei einer

erfolgten Erkennung und Klassifizierung immer auch eine „confidence“ mit an, als Qualitätsmaß wie „gut“ oder „zuverlässig“ das Spektrogramm der Fundstelle den zuvor erlernten und hinterlegten Mustern für eine bestimmte Vogelart entspricht. BirdNET teilt die Aufnahme in drei Sekunden lange Abschnitte, die jeweils einzeln und unabhängig voneinander analysiert werden.

Zur Anwendung kam die aktuelle BirdNET-Version 2.4. Die Auswertung der Tonaufnahmen mit BirdNET erfolgte mehrfach mit verschiedenen Einstellungen, um den Effekt verschiedener Parameter zu untersuchen. Vorrangig ist dies die „sensitivity“, die beim Start des Programms angegeben werden muss und welche die Empfindlichkeit der Klassifizierung auf leise Signale steuert (bei niedrigen Werten wird die Analyse auf laute und deutliche Signale beschränkt; bei höheren Werten >1 werden leisere Signale einbezogen). Ein weiterer Parameter ist die „confidence“, welche für eine Fundstelle mindestens erreicht werden muss, damit diese Fundstelle als Ergebnis ausgegeben wird. Hier ist eine entsprechende Filterung auch nach der Ausgabe der Ergebnisse immer noch einfach möglich, bei der „sensitivity“ ist das nicht der Fall. Die Analysen wurden alle mit einer eigenen Artenliste durchgeführt, die das „Suchschema“ von BirdNET einschränkt, bzw. definiert. Die Waldschnepfe war hier als eine von ca. 100 Vogelarten enthalten.

Die Ergebnisausgabe von BirdNET erfolgt in verschiedenen Formaten, welche eingestellt werden können. Zur Anwendung kamen hier einfache Tabellen im „csv“ Format sowie Textmarken für die Audio-Software „Audacity“. BirdNET legt grundsätzlich eine Ergebnisdatei für jede Audiodatei an, in der die Fundstellen von BirdNET für diese Audiodatei gespeichert werden (d.h. der Zeitpunkt innerhalb der Aufnahme, die erkannte Art und Konfidenz-Wert dieser Fundstelle).

4.1.4 Vorgehensweise bei der Validierung

Die Validierung von falsch-positiven Fundstellen der Waldschnepfe von BirdNET erfolgte mit der Software „Kaleidoskop Pro“ (Hersteller: Wildlife Acoustics). Dabei wurden die Fundstellen von BirdNET überprüft und als falsch oder richtig klassifiziert, und dann für die weiteren Auswertungen verwendet.

Die Kontrolle bzw. Suche von falsch-negativen Fehlern, d. h. von BirdNET nicht gefundene oder erkannte Waldschnepfen in den Aufnahmen erfolgte dagegen in der Audio-Software Audacity. Hierzu wurden die Aufnahme-Dateien stichprobenartig zusammen mit der entsprechenden Ergebnis-Datei von BirdNET in die Software geladen. Waldschnepfen-Rufe

wurden manuell im Sonogramm der Aufnahme gesucht und zugleich kontrolliert, ob BirdNET diese auch als Fundstelle im Ergebnis angegeben hat.

Die Validierung für die Nachweise weiterer Vogelarten an den untersuchten Standorten erfolgte ebenfalls mit Kaleidoskop Pro, folgte jedoch einem anderen Schema. Betrachtet wurde für jeden Standort eine Reihe an typischen Wald- und Halboffenland-Vogelarten, zumeist Arten der Roten Listen, besonders lebensraumtypische Arten, oder solche der Vogelschutzrichtlinie. Im Rahmen der Validierung wurde versucht, mit möglichst wenigen Validierungen einen sicheren Nachweis dieser Arten an einem Standort zu erreichen. Dazu wurden Fundstellen absteigend von der höchsten Konfidenz je zu betrachtender Art an einem Standort sortiert und anschließend validiert. War eine Fundstelle korrekt, wurde noch versucht, einen weiteren Nachweis für einen anderen Tag an dem Standort zu erreichen. Sobald dies gelang, wurde die Validierung für die Art und den Standort abgebrochen. Maximal wurden so etwa 20 bis 40 Fundstellen je Art und Standort überprüft. Durch dieses Vorgehen können Artnachweise an Standorten sehr rasch und mit relativ geringem Arbeitsaufwand erbracht werden, insbesondere wenn die Art recht regelmäßig an einem ARU Standort vorkommt. Umgekehrt kann ein Artvorkommen mit dieser Arbeitsweise aber nicht sicher ausgeschlossen werden, da richtige Fundmeldungen auch mit niedriger Konfidenz immer möglich sind – und solche Fundmeldungen mit niedrigen Konfidenzen werden bei dieser Methode in der Regel nur selten validiert. Auch die Häufigkeit und Regelmäßigkeit eines Artvorkommens um einen ARU Standort herum fließt lediglich sehr grob in diese Auswertung ein.

4.1.5 Auswertungen

Einfache beschreibende statistische Auswertungen erfolgten in Excel. Für tiefergehende Auswertungen und Statistik wurden das Online-Statistiksystem „Datatab“ und die Statistik-Programmierungsumgebung „R“ (Vers. 4.3.1) genutzt. Die Berechnung der Konfidenz-Schwellenwerte erfolgte in Excel, deren Tests in „R“.

Um die Nachweiszeiten an die lokalen Dämmerungsbedingungen anzupassen, wurde das R Paket *suncalc* (Vers. 0.5.1, Thieurmel & Elarhraoui 2022) verwendet. Hierbei wurden für jeden Tag und Gerätestandort Sonnenauf- und Untergangszeiten bestimmt und diese in relativem Bezug zum Nachweiszeitpunkt gesetzt. Ebenso erfolgte eine Bestimmung der zeitlichen Differenz eines Nachweises zum Beginn der bürgerlichen und nautischen Dämmerung.

Des Weiteren wurden Nullmodellvergleiche durchgeführt, um das Vorkommen von Waldschnepfen an Standorten mit bzw. ohne Windenergieanlagen zu vergleichen. Ein

Nullmodell ist ein statistisches Modell, welches über wiederholte zufällige Neuankordnungen der zugrundeliegenden Daten eine Zufallsverteilung (die sog. Nullverteilung) generiert und diese gegen den tatsächlich erhobenen Wert vergleicht. Durch Subtraktion dieses Ist-Wertes mit der Nullverteilung lässt sich die sogenannte mittlere Differenz errechnen. Diese mittlere Differenz streut um den Wert Null, wenn keine signifikante Abweichung vom Zufall vorliegt. Kommt es jedoch zu einer signifikanten Abweichung, so liegt das 95 % Vertrauensintervall der mittleren Differenz außerhalb des Werts Null. Liegt darüber hinaus auch ein Unterschied zwischen zu testenden Gruppen vor, so liegt der Medianwert einer Gruppe außerhalb des 95 % Vertrauensintervalls der anderen zu vergleichenden Gruppe.

Es wurden zwei dieser Nullmodelle gerechnet. Eines für das Vorkommen der Waldschnepfe an den unterschiedlichen Standorten und eines für die Nachweishäufigkeit je Standort. Beim ersten Nullmodell war es entsprechend unerheblich, wie oft Waldschnepfen nachgewiesen wurden, um ein Vorkommen der Art zu bestätigen. Prinzipiell wäre ein Standort mit einem Einzelnachweis gleich zu werten wie ein Standort mit vielen Nachweisen jede Nacht. Das zweite Nullmodell ging in der Genauigkeit einen Schritt weiter, indem es die Stetigkeit der Nachweise berücksichtigt. Hierbei wurde jeder Tag, an dem eine Waldschnepfe nachgewiesen wurde, als Vorkommen gewertet – d. h. also ebenfalls ohne Berücksichtigung der Häufigkeit von Nachweisen an dem Tag. So gehen Standorte mit wenigen Nachweistagen entsprechend seltener in den Vergleich ein, als Standorte mit täglicher Aktivität, ohne jedoch die lokale Intensität der Waldschnepfenaktivität weiter zu berücksichtigen. Dies wurde als wichtig erachtet, da beispielsweise keine Vorkenntnisse zur Nähe eines besetzten Reviers vorlagen. Eine Platzierung an einem Aktivitätsschwerpunkt würde die Vergleiche entsprechend zwischen den Standorten erheblich verzerren bzw. dominieren und so mögliche Effekte zwischen den Standorttypen kaschieren. Auch aufgrund von methodischen Bedenken wurde auf die Auswertung der Nachweishäufigkeiten innerhalb einer Aufnahme verzichtet (akustische Maskierung im Lärm von WEA und Erkennung der Rufe mit BirdNET).

Die Nullmodelle wurden jeweils getrennt für die Abend- sowie Morgenstunden gerechnet, da sich bekanntermaßen der Schnepfenstrich zwischen beiden Tageszeiten unterscheidet (Glutz von Blotzheim 1986) und diese Unterschiede nicht in die Standortvergleiche eingehen sollten. Jedes Nullmodell basiert auf 1.000 "Bootstraps". Ein Bootstrap beschreibt hierbei das Vorgehen bei der Zufallsauswahl der Originaldaten je Iteration, indem eine Mehrfachziehung eines Wertes explizit erlaubt ist. Legt man zugrunde, dass die empirische Stichprobe der Originaldaten repräsentativ ist, erlaubt das Bootstrap-Verfahren eine genauere Bestimmung der Nullverteilung.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Ergebnisse zu den Aufnahmen

Insgesamt wurden von den Geräten 630 Aufnahmen von jeweils drei Stunden Länge durchgeführt. Darunter waren insgesamt 314 Aufnahmen zur Morgendämmerung und 316 abends und ebenfalls 314 an WEA-Standorten und 316 an Kontroll-Standorten. Die Anzahl an Aufnahmen je Standort schwankte zwischen 17 und 24. Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl und Zeitpunkte der erfolgten Aufnahmen.

Tabelle 1: Übersichtstabelle zu den Aufnahmestandorten und -Zeiten.

Paar Nr.	Standort	Gerät Nr	Gerät Typ	Beginn	Ende	Aufnahmen früh	Aufnahmen abends
1	Kontrolle	M30	Audiomoth, externes Mikrofon	01.06.23	11.06.23	10	10
1	Kontrolle	M34	Audiomoth, internes Mikrofon	01.06.23	11.06.23	10	10
1	Kontrolle	M36	EcoSnooper	01.06.23	11.06.23	10	10
1	WEA	M31	Audiomoth, externes Mikrofon	01.06.23	11.06.23	10	10
1	WEA	M35	Audiomoth, internes Mikrofon	01.06.23	11.06.23	10	10
1	WEA	M38	EcoSnooper	01.06.23	11.06.23	9	10
2	Kontrolle	M41	EcoSnooper	02.06.23	11.06.23	9	9
2	WEA	M40	EcoSnooper	02.06.23	11.06.23	9	9
3	Kontrolle	B14	EcoSnooper	03.06.23	12.06.23	9	9
3	WEA	B15	EcoSnooper	03.06.23	12.06.23	9	9
4	Kontrolle	M42	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
4	WEA	M43	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
6	Kontrolle	M45	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
6	WEA	M44	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
7	Kontrolle	B06	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
7	WEA	B05	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
9	Kontrolle	B08	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
9	WEA	B07	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
10	Kontrolle	B10	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
10	WEA	B09	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
11	Kontrolle	B11	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
11	WEA	B12	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
14	Kontrolle	J17	EcoSnooper	11.06.23	22.06.23	11	11
14	WEA	J02	EcoSnooper	11.06.23	23.06.23	12	12
16	Kontrolle	J04	EcoSnooper	02.06.23	11.06.23	9	9
16	WEA	J01	EcoSnooper	02.06.23	11.06.23	9	9

Paar Nr.	Standort	Gerät Nr	Gerät Typ	Beginn	Ende	Aufnahmen früh	Aufnahmen abends
17	Kontrolle	J03	EcoSnooper	01.06.23	11.06.23	10	10
17	WEA	J05	EcoSnooper	01.06.23	11.06.23	10	10
18	Kontrolle	J10	EcoSnooper	01.06.23	11.06.23	10	10
18	WEA	J09	EcoSnooper	01.06.23	11.06.23	10	10
19	Kontrolle	J15	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
19	WEA	J16	EcoSnooper	02.06.23	10.06.23	8	9
22	Kontrolle	J14	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
22	WEA	J13	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
23	Kontrolle	J11	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10
23	WEA	J12	EcoSnooper	02.06.23	12.06.23	10	10

Von 17 installierten Standortpaaren konnten die Daten von 16 ausgewertet werden. An einem Standortpaar (Nr. 12) hatte eines der zwei Geräte nicht aufgezeichnet, dieses Standortpaar wurde folglich verworfen. An einem weiteren Standortpaar wurden die Erfassungen einige Tage später durchgeführt als an den 15 weiteren Standortpaaren (Nr. 14). Um eine methodische Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde auch dieses Standortpaar bei den vergleichenden Betrachtungen der WEA- und Kontrollstandorte nicht berücksichtigt. Für diesen Teil der Untersuchungen wurden also die Daten von 15 Standortpaaren ausgewertet.

Die Wetterbedingungen während des Zeitraumes waren weitgehend gut für die Waldschnefpe geeignet, d. h. es war kein besonders windiger Zeitraum, besonders kühl oder verregnet. An einzelnen Standorten hat es an einzelnen Tagen während der Aufnahmen leicht geregnet, dies stört die Balzaktivität der Waldschnepfen allerdings nicht (Glutz v. Blotzheim 1986).

Etwas problematisch war dagegen die ab etwa 15. Mai beginnende Trockenheit im Jahr 2023. Der Mai, d. h. der Monat vor dem Aufnahmezeitraum, war im hessenweiten Durchschnitt ungewöhnlich warm (13,3° zu 12,1°C im Durchschnitt von 1961-1990) und zu trocken (43 mm, 70 mm im Durchschnitt). Die folgende Abbildung zeigt die Trockenheit im Mai 2023.

Normalwerte (Zeitraum 1971 - 2000)



Abweichung

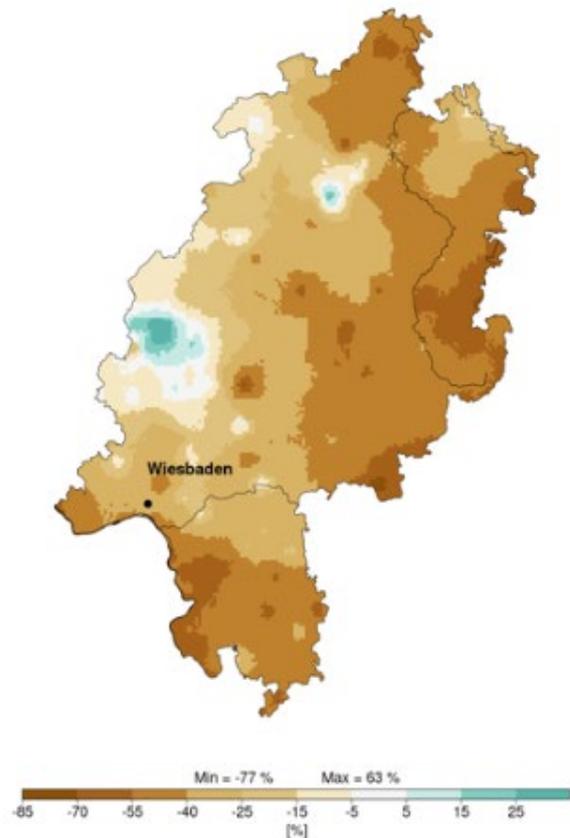


Abb. 14: Durchschnittliche Niederschlagsmengen im Mai (links) und im Vergleich dazu die tatsächlich gefallenen Niederschlagsmengen (rechts) im Mai 2023 in Hessen. Darstellungen aus dem Klimaatlas des Deutschen Wetterdienstes (https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html)

Trockenheit wirkt sich negativ auf die Balzaktivität der Waldschnephen aus. Inwiefern die Aufnahmen davon bereits betroffen sind, insbesondere die Frage, ob früher im Jahr, bei noch feuchteren Bedingungen, die Ergebnisse erheblich anders ausgefallen wären, kann nicht beurteilt werden. Zum 1. Juni, dem Beginn der Aufnahmen, herrschte in Hessen noch keine weit verbreitete Dürre vor, da es im März und April 2023 deutlich überdurchschnittlich viel geregnet hatte. Trotzdem kann zumindest vermutet werden, dass die Waldschnephen-Aktivität zum Aufnahmezeitraum aufgrund der Trockenheit im Mai grundsätzlich bereits etwas geringer war als in normal feuchten Jahren. Für die vergleichenden Untersuchungen zwischen WEA- und Kontrollstandorten spielt dies aber keine erhebliche Rolle, da alle Standorte

gleichermaßen betroffen sind und die ausgewerteten Aufnahmen alle im gleichen Zeitraum stattfanden.

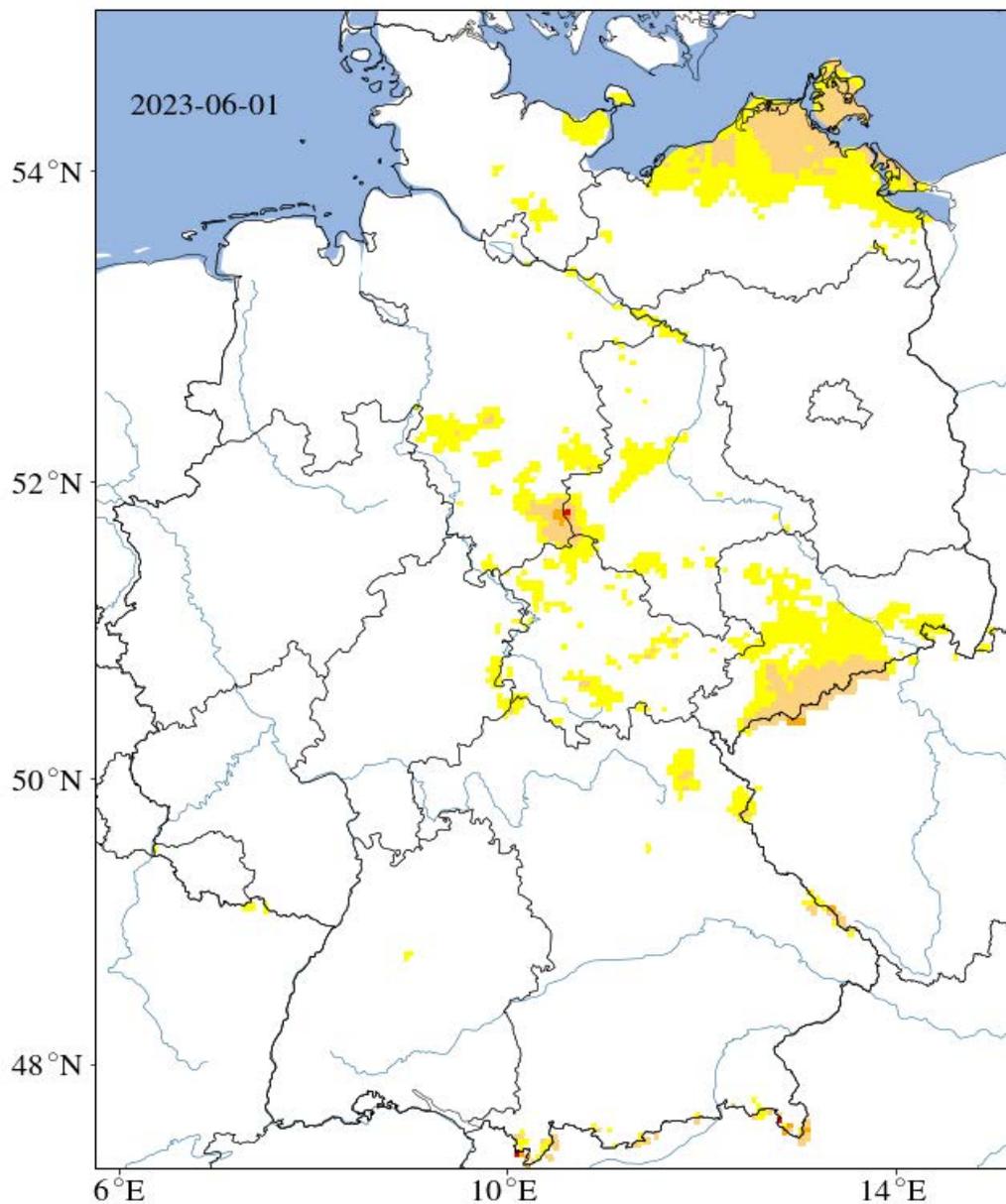


Abb. 15: Abbildung aus dem Archiv des „Dürremonitors Deutschland“ des Umweltforschungszentrums (<https://www.ufz.de/index.php?de=37937>). Die Abbildung zeigt, dass in Hessen zu Beginn der hier durchgeführten Waldschnepfen-Erfassungen (1. Juni 2023) im Oberboden (25cm) noch keine Dürrebedingungen vorherrschten. Eine starke Austrocknung des Oberbodens erfolgte jedoch im Verlauf des Juni 2023 (nicht dargestellt).

Vergleich der EcoSnooper Aufnahmen mit denen von Audiomoths

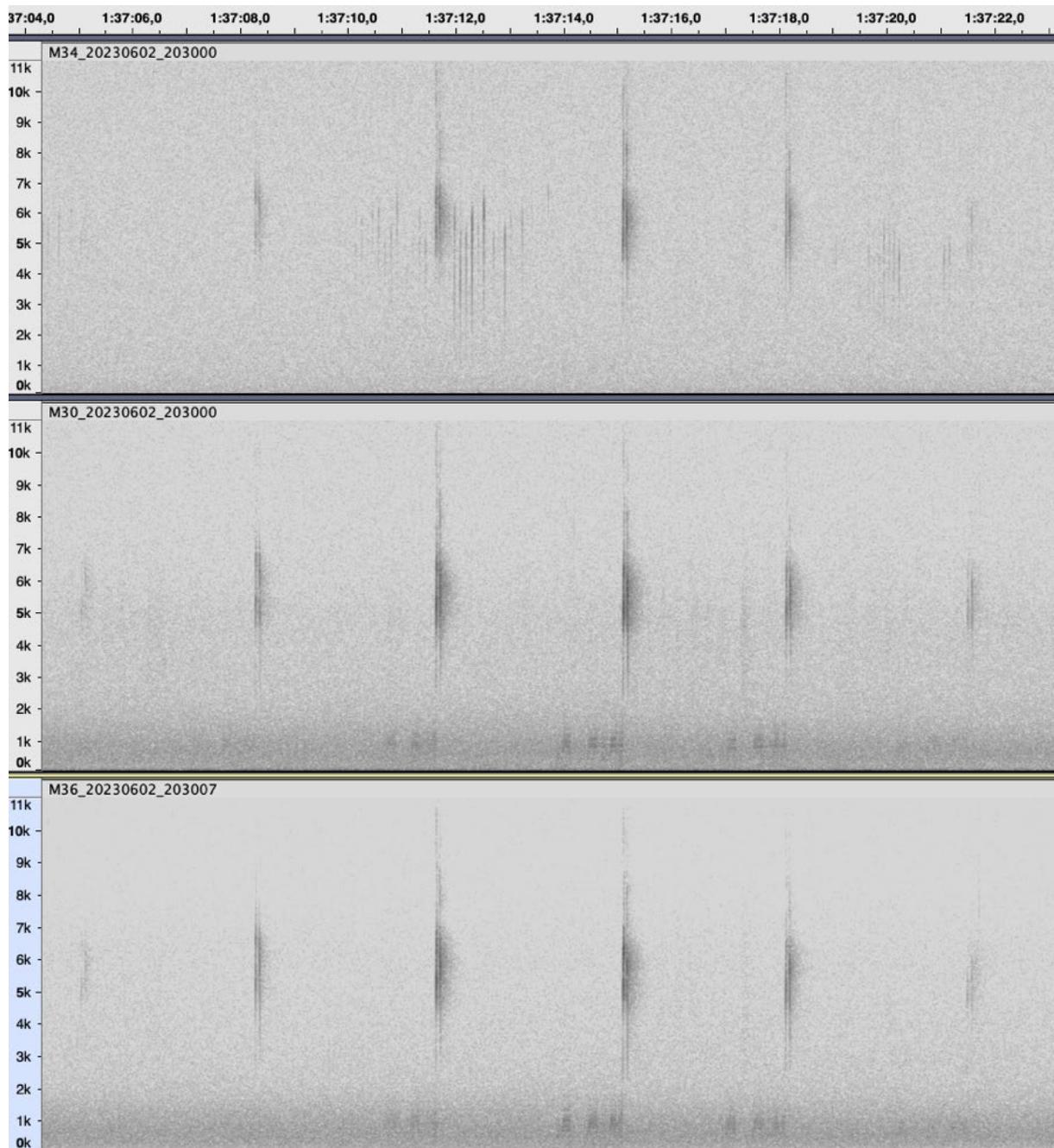


Abb. 16: Ein Vorbeiflug einer balzenden Waldschnepfe im Vergleich von drei verschiedenen Aufnahmegeräten. Die x-Achse zeigt den Zeitpunkt im Format Stunde:Minute:Sekunde nach Aufnahmestart an. Die y-Achse zeigt die Frequenz (in Kilohertz) an. Oben: Audiomoth mit internem Mikrofon im Gehäuse; Mitte: Audiomoth mit externem Mikrofon; Unten: EcoSnooper. Die Aufnahme des EcoSnoopers (unten) wurde nachträglich verstärkt, so dass die Waldschnepfen-Rufe die gleiche Lautstärke erhalten, wie bei der Aufnahme der Audiomoth mit externem Mikrofon (beide Aufnahmen verwendeten gleiche Mikrofonkapseln). Es sind sechs Balzstrophen zu erkennen (das "Puitz"), bei den drei lautesten Strophen auch das "Quorren" – dies fehlt aber bei der oberen Tonspur.

Im Vergleich der Aufnahmen zwischen den Geräten fallen folgende Dinge auf:

- Die Audiomoth haben generell ein geringfügig höheres Grundrauschen und damit einen niedrigeren Signal-Rauschabstand als die EcoSnooper. Erkennbar an dem „weißeren“ Hintergrund der EcoSnooper-Aufnahme im Vergleich, bei gleichem Signalpegel (ein Waldschnepfenruf).
- Die Audiomoth-Aufnahmen mit dem eingebauten Mikrofon in ihrem Plastikgehäuse leiden qualitativ stark unter einer Dämpfung der niedrigen Frequenzen. In der Abbildung ist dies deutlich zu sehen am unteren Rand (tiefe Frequenzen) der oberen Tonspur. Dies ist für die Erfassung vieler Vogelarten problematisch, bei der Waldschnepfe wird insbesondere das „Quorren“ sehr stark gedämpft und ist auf den Aufnahmen oft kaum wahrnehmbar. Frühere Tests haben ergeben, dass diese Dämpfung vor allem durch das Gehäuse entsteht, da das eingebaute Mikrofon diese Frequenzen im Prinzip durchaus registrieren kann.
- Die Geräte mit externen Mikrofonen (Kondensator-Mikrofone, mittlere und untere Spur) zeigen diese Dämpfung der niedrigen Frequenzen nicht – egal ob an EcoSnoopern oder Audiomoths. Das „Quorren“ der balzenden Waldschnepfen ist hier gut im Spektrogramm zu sehen.
- Für hohe Frequenzen gilt dies jedoch nicht. Das „Puitzen“ der Waldschnepfen ist in einer grob vergleichbaren Qualität auf den Aufnahmen aller drei Geräte.

4.2.2 Ergebnisse der Waldschnepfen-Auswertung mit BirdNET

Anzahl Fundstellen der Waldschnepfe bei verschiedenen BirdNET-Einstellungen

Die Effizienz von BirdNET hängt stark von den verwendeten Parametern ab. Insbesondere die „sensitivity“ ist dabei von Bedeutung, denn dies beschränkt die Erkennungsalgorithmen auf laute Signale (Werte <1), oder weitet die Suche auch auf leise Signale aus (Werte >1, maximal 1,5). Dies beeinflusst direkt die falsch-negative Rate, d.h. den Anteil „übersehener“ Waldschnepfen in den Tonaufnahmen, weil sie zu leise für den Algorithmus sind. Umgekehrt führt die Berücksichtigung von immer leiseren Signalen aber auch zu vermehrten falsch-positiven Fundmeldungen, allerdings ganz vorrangig bei niedrigen Konfidenzen, da leise Signale oft nicht sicher bestimmt werden bzw. eine generell mit einer eher niedrigen Konfidenz gefunden werden. Entsprechend sehr unterschiedlich fällt die Anzahl an Fundmeldungen aus, die von BirdNET als Ergebnis gemeldet werden. Für die Aufnahmen dieses Projekts wurde BirdNET mehrfach mit verschiedenen Einstellungen gestartet und die Ergebnisse entsprechend ausgewertet.

Tabelle 2: Anzahl der von BirdNET v2.4 gefundenen Waldschnepfen im Datensatz, in Abhängigkeit der zwei Einstellparameter „sensitivity“ und „confidence“. Die Fundstellen der Parameter der markierten Zelle wurden validiert.

	Konfidenz Limit								
Sensitivity	>0,1	>0,2	>0,3	>0,4	>0,5	>0,6	>0,7	>0,8	>0,9
0,5	83.930	48.868	32.737	23.068	16.518	11.670	7.919	4.913	2.619
1,0	> 100.000	78.163	45.003	27.136	16.434	9.631	5.382	2.845	1.481
1,1		90.074	49.822	28.644	16.434	9.073	4.808	2.441	1.304
1,2		> 100.000	56.321	30.622	16.434	8.446	4.110	2.055	1.153
1,3			65.727	33.253	16.434	7.702	3.474	1.684	1.002
1,4			79.915	37.115	16.515	6.803	2.765	1.388	886
1,5			103.407	43.186	16.432	5.660	2.111	1.138	742

Die Tabelle oben zeigt, dass – wie erwartet – die Anzahl an Fundmeldungen mit der „sensitivity“ zunimmt – allerdings werden die zusätzlichen Fundmeldungen nur mit niedrigen Konfidenzen bewertet. Bei höheren „sensitivity“ Einstellungen und niedrigem Konfidenz-Limit gehen die Fundmeldungen für den Datensatz schnell in die Hunderttausende (die Zahlen wurden nicht mehr im Detail ermittelt).

Die Abnahme der Anzahl Fundstellen mit höheren Konfidenzwerten und zunehmender „sensitivity“ ist dagegen nicht intuitiv zu erklären. Hierzu wären weitere Informationen über die Funktionsweise von BirdNET v2.4 hilfreich.

Grundsätzlich ist Waldschnepfe eine Vogelart, die von BirdNET vergleichsweise schlecht erkannt wird. Die Anzahl an Fundstellen ist, insbesondere auch im Vergleich zu vielen anderen Vogelarten, außerordentlich – gänzlich unrealistisch – hoch, was sofort auf eine sehr hohe Anzahl von falsch-positiven Fundstellen hindeutet.

Die Validierung der Fundmeldungen wurde mit den Einstellungen Sensitivity 0,6 und Konfidenz >0,6 durchgeführt. Sämtliche Fundstellen wurden kontrolliert.

Ergebnisse der Validierung der Fundstellen

Die Validierung wurde für alle Fundstellen mit den Einstellungen „sensitivity“ = 1,4 und „confidence“ >0,6 durchgeführt. Bei diesen Einstellungen hat BirdNET insgesamt 6.803 Fundstellen der Waldschnepfe in dem Datensatz der 16 Vergleichspaare gefunden (ohne Audiomoths). Die Ergebnisse der durchgeführten Validierung sind im Folgenden zu sehen.

Tabelle 3: Ergebnisse der Validierung von BirdNET ermittelten Fundstellen der Waldschnepfe

Ergebnisse der Validierung von 16 Standortpaaren			
Gesamt	Summe Fundstellen	6803	100%
	richtig	1475	21,7%
	falsch	5328	78,3%
Fundstellen Abends	Summe Fundstellen	3959	58,2%
	richtig	803	20,3%
	falsch	3156	79,7%
Fundstellen Früh	Summe Fundstellen	2844	41,8%
	richtig	672	23,6%
	falsch	2172	76,4%

Im Datensatz der BirdNET-Fundmeldungen fanden sich insgesamt 1.475 korrekt erfasste Fundstellen von Waldschnepfen-Balzstropfen. Wichtig ist hier festzustellen, dass die Anzahl an korrekten Fundstellen nicht gleichzusetzen ist mit einer Anzahl an Vorbeiflügen der Waldschnepfe. Ein Vorbeiflug kann (je nach Entfernung, Fluglinie) zahlreiche einzelne Balzstropfen auf der Aufnahme verursachen, die einzeln von BirdNET als Fundstelle erkannt werden, da immer nur drei Sekunden lange Abschnitte analysiert werden. Regelmäßig wird auch eine einzelne Strophe (aus mehreren „Quorr“-Lauten und einem „Puitz“) in zwei einzelne Fundstellen „zerlegt“. Zweifellos stellt die Anzahl an richtigen Fundstellen ein Maß für die Häufigkeit der Balzflüge an einem Standort dar, sie kann aber nicht ohne weiteres in eine Anzahl Vorbeiflüge übersetzt werden.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Waldschnepfe mit zahlreichen Fundstellen in den Aufnahmen vorkommt und von BirdNET auch erkannt wurde. Bei den gewählten Einstellungen für die Validierung (sensitivity 1,4, Konfidenz Limit >0,6) sind allerdings nur etwa 20 bis 23 % der von BirdNET angegebenen Fundstellen tatsächlich korrekt. Zu verschiedenen Möglichkeiten der Verbesserung der Fehlerquote und geringerem Validierungsaufwand folgt unten ein separater Abschnitt.

Ursächlich für diese hohe Fehlerquote sind häufige Verwechslungen mit dem Gesang anderer Vogelarten. BirdNET verwechselt vor allem das „Puitzen“ der Waldschnepfen-Balz mit Fragmenten des Amsel-, Singdrossel-, und Rotkehlchen-Gesangs. Dieses „Drosselkonzert“ überlappt sich morgens und abends zeitlich mit den Balzflügen der Waldschnepfen und führt häufig zu Fehlbestimmungen. Auch das „Quorren“ der Waldschnepfe wird von BirdNET verwechselt, allerdings viel weniger häufig. Das Bellen von Rehbock, röhrende Hirsche, Krähen und Kolkraben führten hier zu gelegentlichen Fehlbestimmungen der Algorithmen.

Erfahrungen zur Falsch-negativen Rate bei BirdNET

Die falsch-negative Rate bei BirdNET ist bei den ausgewerteten Einstellungen glücklicherweise relativ gering, d. h. dass ein großer Teil der in den Aufnahmen vorhandenen Waldschnepfen-Vorbeiflüge auch tatsächlich von BirdNET gefunden wurde. Im Zuge der Verifizierung wurden insgesamt 22 Aufnahmen betrachtet, in denen bekanntermaßen Waldschnepfenrufe vorkamen (anhand der Validierung). In diesen Aufnahmen wurde gezielt manuell nach weiteren Waldschnepfen-Stropfen gesucht, die BirdNET jedoch nicht erkannt hatte.

Solche übersehenen Strophen oder „Puitz“-Rufe wurden bei der Suche tatsächlich recht regelmäßig auch gefunden. Geschätzt wurden etwa 20 bis 30 % der gerade noch im Spektrogramm bzw. akustisch feststellbaren Waldschneppen-Strophen nicht von BirdNET gefunden. Allerdings handelt es sich in den allermeisten Fällen um die leisesten Strophen am Beginn oder Ende eines Vorbeiflugs eines balzenden Männchens. Der Vorbeiflug wird in aller Regel in den lautereren Phasen durch BirdNET-Fundstellen registriert.

Von größerer Bedeutung für Erfassungen und Auswertungen erscheint es jedoch, wenn ganze Vorbeiflüge mit mehreren Strophen von BirdNET vollständig übersehen und nicht gefunden werden. Dies wurde nur selten festgestellt (vier mal in den 22 kontrollierten Aufnahmen). In den beobachteten Fällen handelte es sich immer um leise Vorbeiflüge, die offenbar auch weiter entfernt waren. Einschränkend ist hierzu aber auch zu betonen, dass durch die langen Stand- und Aufnahmezeiten von ARUs um Größenordnungen mehr Nachweise der Waldschneppfe erbracht werden können, als es bei einer klassischen Kartierung der Fall wäre. Wenn ein geringer Prozentsatz an Vorbeiflügen dann nicht von BirdNET erkannt wird, fällt das im Vergleich nicht so schwer ins Gewicht.

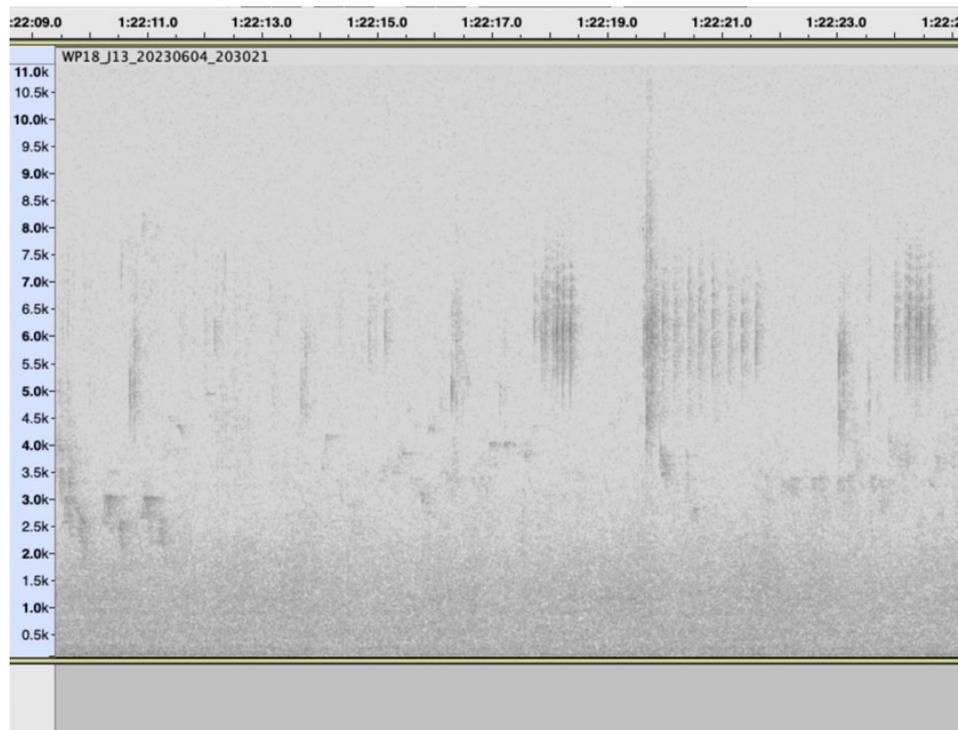


Abb. 17: Beispiel für einen von BirdNET nicht gefundenen, leisen Vorbeiflug einer Waldschneppfe. Der „graue Schleier“ in den niedrigen Frequenzen bis ca. 3 kHz zeigt eine rauschende Verlärmung an, es handelt sich um einen WEA-Standort. Alle fünf einzelnen „Puitz“ Rufe des Vorbeiflugs (das sind die schwachen senkrechten Linien im regelmäßigen Abstand von etwa vier Sekunden) wurden hier nicht von BirdNET gefunden, oder zumindest nicht mit einer Konfidenz $>0,6$.

Waldschnepfen-Erkennung durch BirdNET im Lärmbeeinflussten Umfeld von WEA

BirdNET erkennt die Waldschnepfe sowohl am “Puitzen” als auch am “Quorren” im Gesang der Männchen. Das tieffrequente Quorren wird im Lärm von Windenergieanlagen jedoch weitgehend maskiert und kann dann weder vom Menschen noch vom Algorithmus zur Erkennung von Waldschnepfen herangezogen werden. Nur das “Puitzen” kann im Lärm noch gut erkannt werden. Die Waldschnepfen-Erkennung im verlärmten Umfeld von WEA ist damit benachteiligt, was zu einer methodischen Unterschätzung der Waldschnepfen-Balzaktivität im WEA-Umfeld führen kann. Dies ist vor allem dann problematisch, wenn die BirdNET-Ergebnisse von lärmbeeinträchtigten WEA-Standorten mit ruhigen Bereichen verglichen werden sollen – so wie es im Rahmen dieser Studie der Fall ist. Einschränkend ist zu sagen, dass das “Quorren” in der Regel leiser ist und weniger weit gehört wird, also für die Erkennung grundsätzlich eine geringere Rolle spielt. Außerdem ist BirdNET im Prinzip durchaus gut in der Lage, auch bei starkem Lärm, Waldschnepfen nur anhand des „Puitzens“ zu erkennen. Dennoch bleibt die Frage bestehen, ob bzw. inwiefern die Maskierung dieses Signals eine methodische Bestandsunterschätzung in verlärmten Bereichen zur Folge haben kann.

Eine Ermittlung oder Quantifizierung unterschiedlicher Fundraten mit bzw. ohne Verlärmung wurde im Rahmen dieser Untersuchung hierzu nicht vorgenommen. Diese methodische Problematik wurde umgangen, indem statistische Auswertungen nicht die Anzahl an Waldschnepfen-Fundstellen von Kontroll- und WEA-Standorten als Datenbasis nutzten, sondern auf gröberer Ebene die An- und Abwesenheiten am Standort oder in einer gesamten Aufnahme betrachtet wurden. Die tatsächliche Anzahl an Fundstellen die dem zugrunde liegt, bleibt also unberücksichtigt.

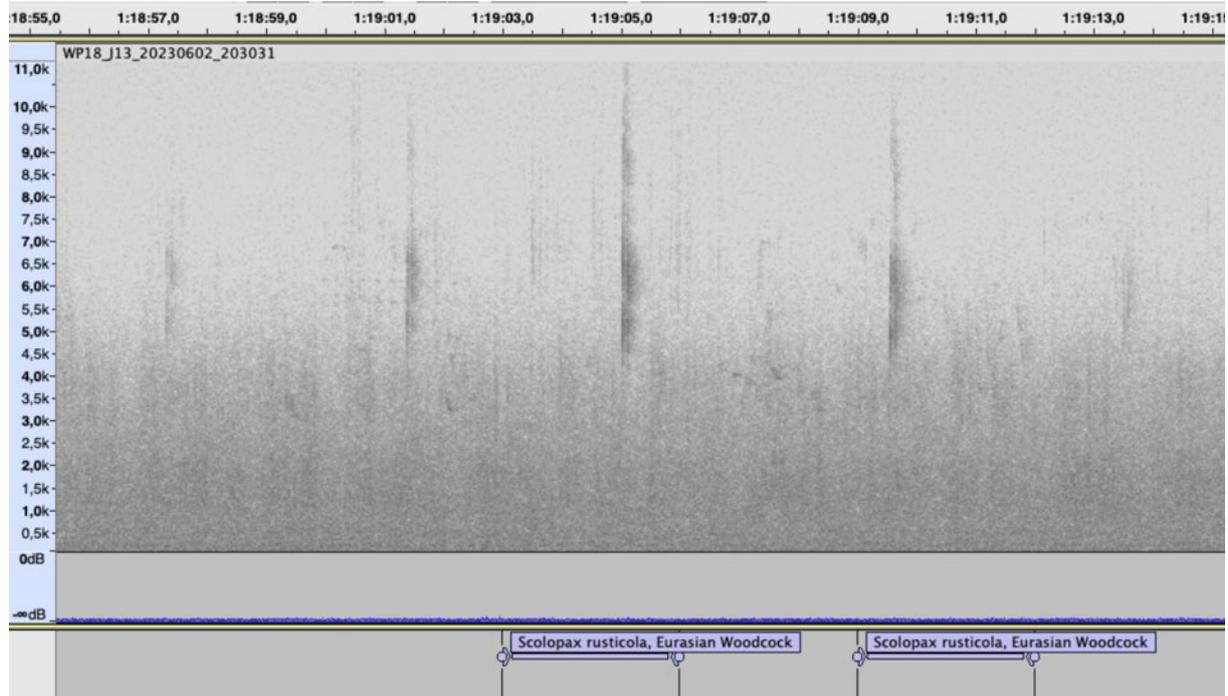


Abb. 18: Beispiel für die Erkennung eines Waldschnepfen-Vorbeiflugs durch BirdNET, trotz einer starken Verlärmung bis etwa 5 kHz durch eine WEA im Umfeld des ARU (Entfernung der WEA etwa 210 m). Von fünf erkennbaren „Puitz“ Rufen wurden hier zwei von BirdNET erkannt (mit einer Konfidenz >0,6). Das „Quorren“ und auch tieffrequente Teile des „Puitz“ sind vom Lärm maskiert.

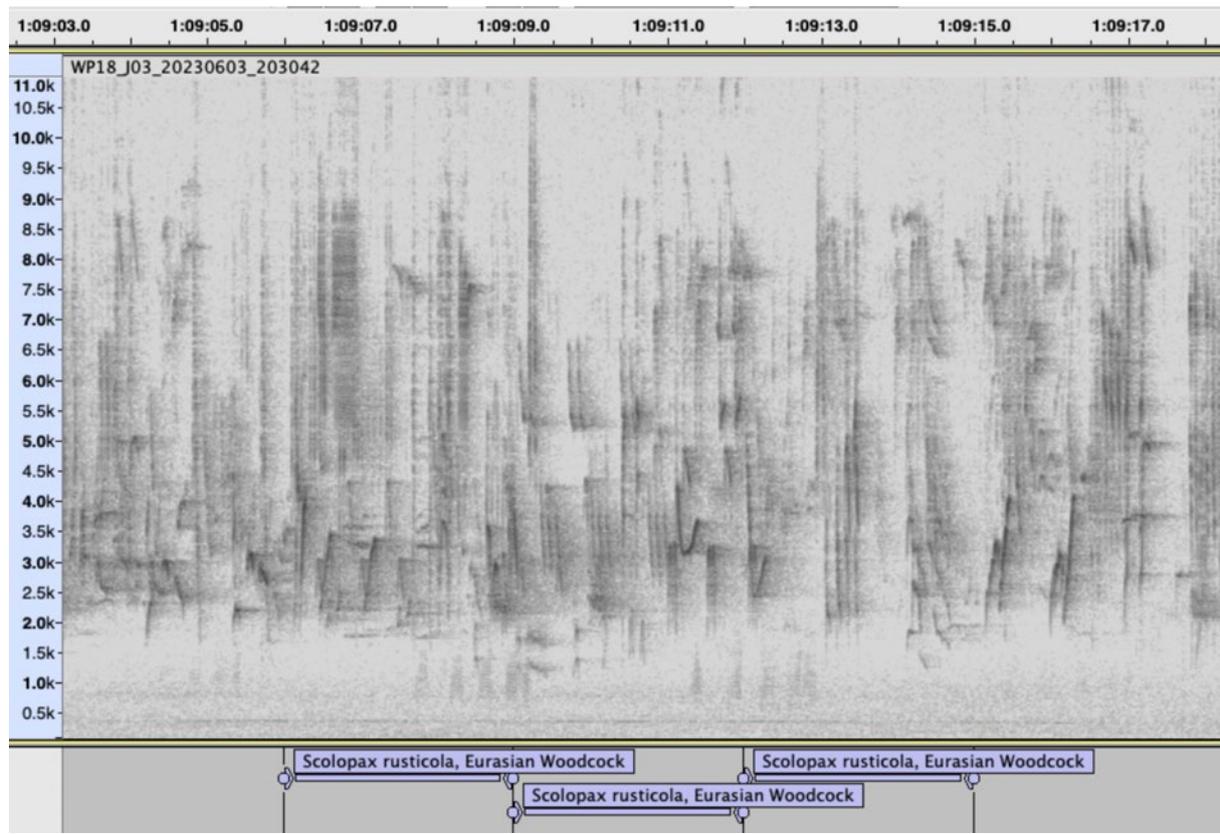


Abb. 19: Dieses Spektrogramm zeigt einen etwa 15 Sekunden langen Tonabschnitt, bei dem die Verlärmung von ARU-Standorten durch WEA methodisch für die Waldschnepfen-Erkennung relevant werden kann. In diesem Fall (ohne WEA-Lärm) ist der hohe Frequenzbereich des „Puitzen“ von ca. 2 bis 10 kHz durch ein lautes abendliches Drosselkonzert stark verlärmert. Die balzende Waldschnepfen ist hier – zumindest für den Menschen – am einfachsten am „Quorren“ bei etwa 1 kHz zu erkennen. Wenn dieser Frequenzbereich durch eine nahe gelegene WEA vollständig verlärmert wird, kann der Vorbeiflug sehr leicht übersehen werden.

Validierungsergebnis in Abhängigkeit von Uhrzeit und Konfidenz der Fundstelle

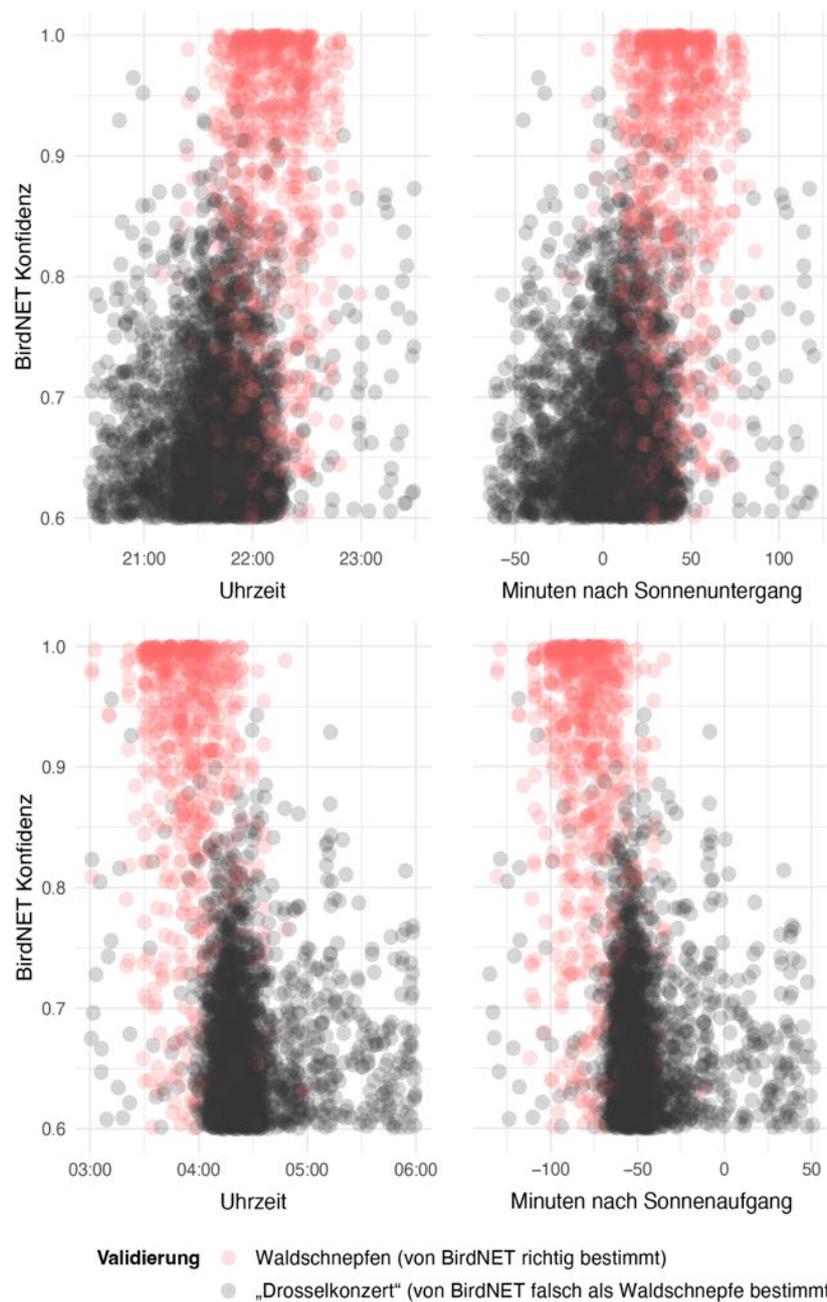


Abb. 20: Tageszeitliche Aktivität der Waldschnepfe abends (obere Hälfte) und morgens (untere Hälfte), jeweils dargestellt zur Uhrzeit (linke Seite) und als Differenz zum tages- und standortgenauen Zeitpunkt des Sonnenauf- bzw. -untergangs (rechte Seite). Richtig verifizierte Waldschnepfen-Fundstellen sind als rote Kreise dargestellt. Widerlegte Fundstellen von BirdNET sind als schwarze Punkte dargestellt und entsprechen dem „Drosselkonzert“ (s. Text).

In der zeitlichen Verteilung und der Verteilung der Konfidenzwerte der richtigen und falschen BirdNET-Fundstellen ist gut zu erkennen, dass die Software die korrekt erkannten Waldschnepfen häufig auch mit hoher Konfidenz im Ergebnis ausgibt (Abb. 20). Dies zeigt die Häufung der roten Punkte am oberen Rand der Abbildungen oben. Korrekt erkannte Waldschnepfen können aber auch recht regelmäßig auch mit einer niedrigeren Konfidenz zwischen 0,6 und 0,8 bestimmt werden. Falsch bestimmte Waldschnepfen (Verwechslungen) haben in der Regel von der Software auch einen niedrigeren Konfidenz-Wert zugewiesen, meist <0,85.

Weiterhin ist die zeitliche Verteilung der richtigen und falschen Waldschnepfen-Bestimmungen von BirdNET auffällig. Bei der abendlichen Balzphase der Waldschnepfen (obere Darstellungen in Abb. 20 und Abb. 21) ist die Waldschnepfe oft schon aktiv, während das „Drosselkonzert“ noch anhält. Die zahlreichen Fehlbestimmungen durch die Verwechslung mit Drosseln überlappen sich zeitlich mit korrekt bestimmten Waldschnepfen. Am Morgen ist diese Überlappung etwas weniger stark ausgeprägt: Die „echten“ Waldschnepfen liegen zeitlich überwiegend vor den von BirdNET falsch-positiv bestimmten Drosseln. Die Morgenbalz der Waldschnepfe beginnt zudem sehr früh (bei nahezu völliger Dunkelheit) und endet zum Erfassungszeitraum etwa bereits 45-60 Minuten vor Sonnenaufgang.

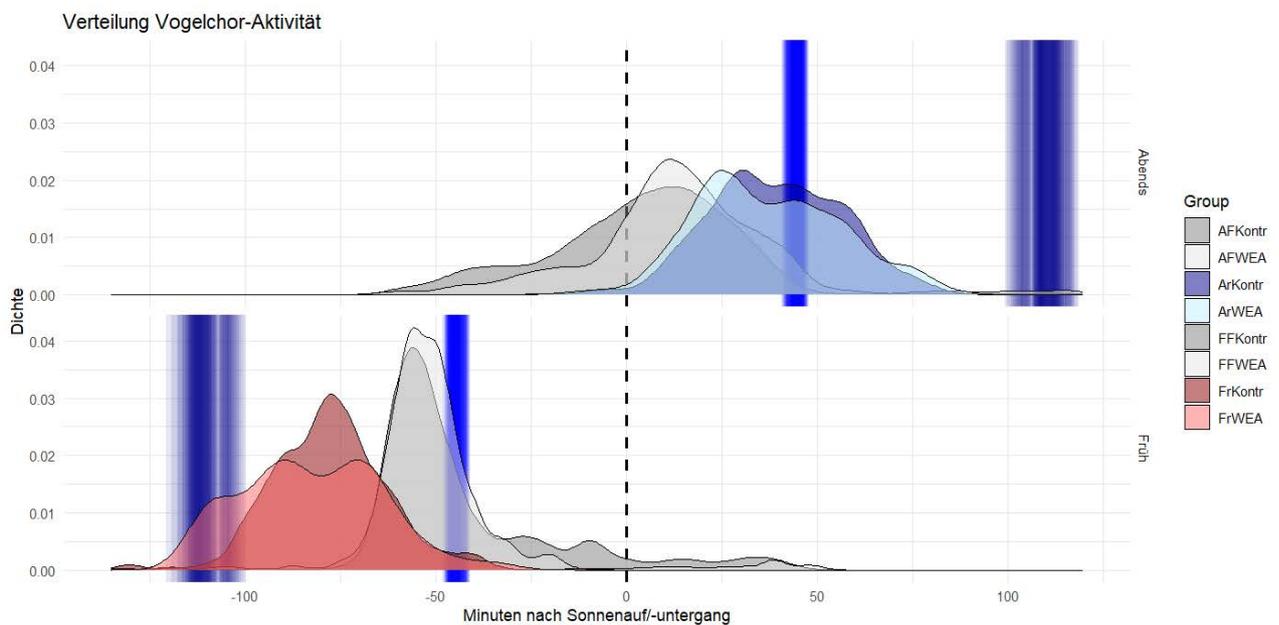


Abb. 21: Dichteverteilung der Nachweise von Waldschnepfen (farbig) und dem „Drosselkonzert“ (als falsch-positiv bestimmte Waldschnepfen; grau) für abends (oben) und morgens (unten). Die vertikal-gestrichelte Linie zeigt den Zeitpunkt von Sonnenauf- bzw. -untergang an. Hellblaue Bereiche zeigen den Übergang von der bürgerlichen in die nautische Dämmerung (Sonnenstand 6° unter Horizont), dunkelblaue Bereiche den Übergang von nautischer in die bürgerliche Dämmerung.

astronomische Dämmerung (Sonnenstand 12° unter Horizont). Daten aus Windenergiestandorten sind heller schattiert als Kontrollstandorte.

Minimierung der Falsch-positiv-Rate anhand der Konfidenz der Fundstellen

Die oben dargestellten Sachverhalte erlauben es, die falsch-positive Fehlerrate von BirdNET zur Waldschnepfen-Erfassung deutlich zu reduzieren, wenn die Ergebnisse entsprechend gefiltert werden. Die Minimierung der Fehlerquote mit der Erhöhung eines Konfidenz-Grenzwertes ist dabei besonders offensichtlich und einfach umsetzbar.

Tabelle 4: Begrenzung der falsch-positiven Fehlerquote durch Anhebung des Konfidenz-Limits

Konfidenz Limit zur Begrenzung der Fehlerquote	Begrenzung auf <5% Fehlerquote		Begrenzung auf <1% Fehlerquote	
Konfidenz Limit	0,865		0,94	
Anzahl Fundstellen oberhalb des Limits	1.014		683	
Anzahl davon falsch	48	4,7%	6	0,9%
Anzahl davon richtig	966	95,3%	677	99,1%
Fundrate bei Anwendung	966 von 1.475	65,5%	677 von 1.475	45,9%

Die Fehlerquote kann innerhalb des Datensatzes durch Anhebung des Konfidenz-Limits auf unter 5 % oder auch unter 1 % reduziert werden. Dies kann, je nachdem welche Fehlerquote toleriert wird, für eine vollautomatische Auswertung genutzt werden. Allerdings hat dies zur Folge, dass etwa ein Drittel bis über die Hälfte der in den Aufnahmen vorhandenen korrekten Waldschnepfen-Fundstellen dann nicht mehr berücksichtigt werden. Bei Anwendung eines pauschalen Konfidenz-Filters zeigt sich bei dieser Untersuchung, dass einzelne Tage oder gar ganze Standorte, die nur durch wenige Nachweise mit niedriger Konfidenz belegt werden konnten, gänzlich wegfallen würden (siehe Tabelle 5). Je nach Ziel eines Akustikmonitorings zur Waldschnepfe können so u. U. relevante Erkenntnisse mit ausgefiltert werden. Im Gegenzug reduziert sich der Aufwand zur Überprüfung allerdings enorm bzw. entfällt ganz, wenn eine gewisse Fehlerquote mit dem Ziel der Untersuchung vereinbar ist. Wären beispielsweise nur Standorte mit regelmäßigen Überflügen in einer Untersuchung relevant, so könnte die Anwendung eines solchen Schwellenwertes diese Kenntnisse sicherstellen bei jedoch drastisch reduziertem Überprüfungsaufwand der verbleibenden Treffer.

Tabelle 5: Auswirkung der Anwendung von verschiedenen Schwellenwerten auf die Anzahl der richtig-positiven BirdNET-Fundmeldungen. Die Nachweise von fünf verschiedenen Standorten fallen bei einem Schwellenwert >0,85 bereits vollständig weg.

Konfidenz	1		2		3		4		7		9		16		17		18		19		22		23		Summe
	Kont	WEA																							
>0,6	113	163	48		14	3	1	2	88		63	2	74	83	489	10	1	54	59		67	140	1		1475
>0,75	94	136	37		11	1		2	68		51	2	53	69	433	9	1	49	43		61	105	1		1226
>0,85	75	113	28		8			1	52		43		41	57	387	6		41	39		52	74			1017
>0,9	63	91	25		8			1	43		39		30	46	356	5		37	36		39	48			867
>0,95	40	54	20		6			1	32		31		16	28	290	2		28	26		26	17			617

Es ist besonders wichtig anzumerken, dass diese ermittelten Schwellenwerte (0,865 bzw. 0,94) nur für das BirdNET in Version 2.4 und auch nur für Analysen mit der „Sensitivity“ 1,4 gelten. Ähnliche Schwellenwerte sollten zwar auch für andere Einstellungen gelten, diese müssen anhand einer ausreichend großen, zufälligen Stichprobe erst ermittelt werden.

Weiterhin kommt hinzu, dass anhand der Aufnahmegeräte (Technik, Frequenzgang, Rauschen), Standorte (individuelle Klang- und Geräuschkulisse), dem lokalen Artenspektrum (vorkommende Verwechslungsarten) und Jahreszeit sehr situationsspezifische Modelle und Schwellenwerte entstehen, die im Rahmen eines bestimmten Projekts gut funktionieren, aber nicht effektiv übertragbar sind (siehe z. B. Lauha et al., 2022). Die hier ermittelten Schwellenwerte für die Konfidenz können also einen Anhaltspunkt für weitere Projekte bieten, sollten aber keinesfalls ungeprüft angewendet werden. Im Rahmen dieses Projekts war beispielsweise sehr deutlich zu sehen, dass Gesangsfragmente von Drosseln zu vielen Fehlbestimmungen führen, dies allerdings mit sehr großen Unterschieden zwischen einzelnen Standorten, je nachdem ob im näheren Umfeld des ARU-Standes eine der Verwechslungsarten vorkam oder nicht.

4.2.3 Verbreitung und Häufigkeit der Waldschnepfe an den einzelnen Standorten, Auswirkungen von WEA auf die Balzaktivität

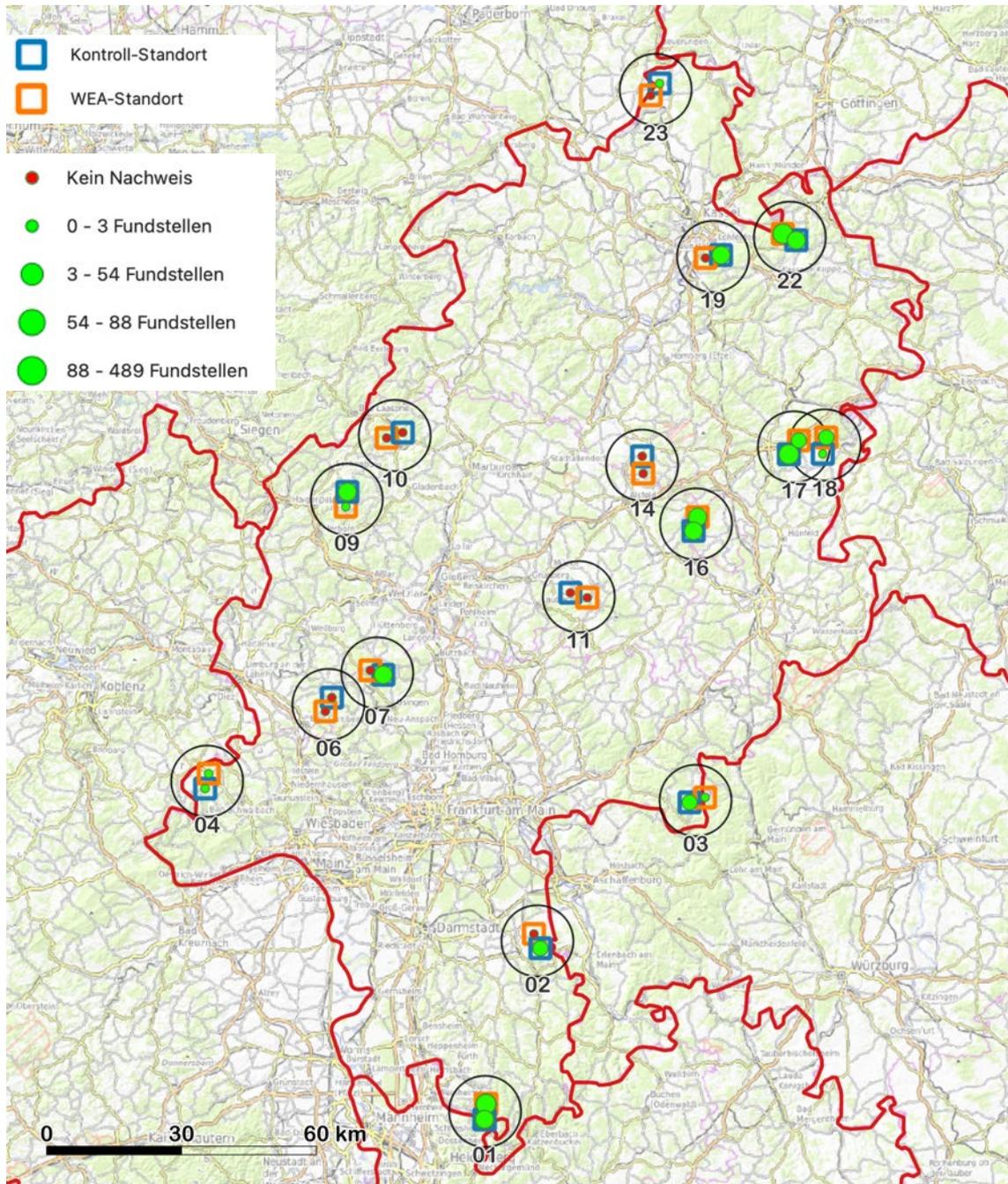


Abb. 22: Vorkommen und Häufigkeit von Waldschnepfen an den untersuchten Standorten in Hessen.

Waldschnepfen wurden im Rahmen dieser Untersuchung in allen Landesteilen festgestellt, obwohl es auch einige Standortpaare gab, an denen keine Waldschnepfen-Nachweise gelangen.

An- und Abwesenheit der Waldschnepe an WEA- und Kontrollstandorten

An WEA-Standorten wurde die Waldschnepe an 8 von 16 Standortpaaren nachgewiesen, an den Kontrollstandorten an 12 von 16 Standorten.

Die folgende einfache Tabelle zeigt die einfache Verteilungsmatrix mit An- und Abwesenheit der Waldschnepe an den WEA- und Kontrollstandorten der Standortpaare:

Tabelle 6: Übersicht über Waldschnepfen-Nachweise an Standorten mit und ohne WEA-Nutzung.

An- und Abwesenheit an 16 Standort-Paaren	WEA-Standort mit Nachweis	WEA-Standort ohne Nachweis
Kontroll-Standort mit Nachweis	8 Standortpaare.	<u>4 Standortpaare.</u>
Kontroll-Standort ohne Nachweis	<u>Kein Standortpaar.</u>	4 Standortpaare.

Auffällig am oben dargestellten Ergebnis ist, dass in den meisten Fällen an beiden Erfassungsorten eines Standortpaares (WEA- und Kontrollstandort) das gleiche Ergebnis herauskam, d.h. die Waldschnepe entweder an beiden Erfassungsorten eines Standortpaares anwesend war (8 Standortpaare) oder an beiden abwesend (4 Standortpaare). Unterschiedliche Ergebnisse zwischen Kontroll- und WEA-Standort eines Standortpaares ergaben sich in vier Fällen, wobei bei allen dieser Fälle am WEA-Standort der Nachweis der Waldschnepe nicht gelang, am Kontrollstandort jedoch schon. An einem dieser vier Standortpaare hat der Kontrollstandort jedoch nur sehr wenige Nachweise (Standortpaar 18 mit nur sehr wenigen Fundstellen am Kontrollstandort).

Ergebnisse an WEA- und Kontrollstandorten im quantitativen Vergleich

Die Waldschnepfe wurde mit BirdNET an insgesamt 1.475 Fundstellen korrekt identifiziert. Die Verteilung dieser Fundstellen auf die WEA- und Kontrollstandorte, sowie in der Morgen- und Abenddämmerung ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 7: Anzahl der Waldschnepfen-Fundstellen an den WEA- und Kontrollstandorten

	Gesamt	Abends	Früh
Kontroll- Standorte	1.018	509	509
WEA- Standorte	457	294	163
Summen	1.475	803	672

Hier ist auffällig, dass von der Waldschnepfe an den WEA-Standorten insgesamt etwa nur halb so viele korrekte Fundstellen gefunden wurden als an den Kontrollstandorten. Die Unterschiede in der Anzahl Fundstellen sind in den Morgenaufnahmen zudem sehr deutlich ausgeprägt, abends jedoch nicht derart deutlich.

Dieses scheinbar sehr deutliche Ergebnis in der Anzahl an Nachweisen zwischen WEA- und Kontrollstandorten ist zwar im ersten Moment beeindruckend, es darf aber keinesfalls überbewertet werden:

- Erstens sind die Unterschiede in den Zahlen zwischen einzelnen Standorten außerordentlich hoch; zu den deutlich unterschiedlichen Zahlen tragen tatsächlich nur einzelne wenige Standorte mit besonders hohen Zahlen bei (s. folgende Abb. 22 und Tabelle 5 oben).
- Zweitens kann es aufgrund der Lärmkulisse zu einer methodisch bedingten Untererfassung an den WEA-Standorten kommen, d.h. es könnte hier eine zusätzliche Benachteiligung der WEA-Standorte geben, weil tatsächlich vorkommende Waldschnepfen im verlärmten Umfeld von WEA durch BirdNET nicht so gut gefunden werden wie im ruhigen Umfeld (s. Kapitel 4.2.2.).

Zeitliche Verteilung der Waldschneepfen-Nachweise an den WEA- und Kontrollstandorten

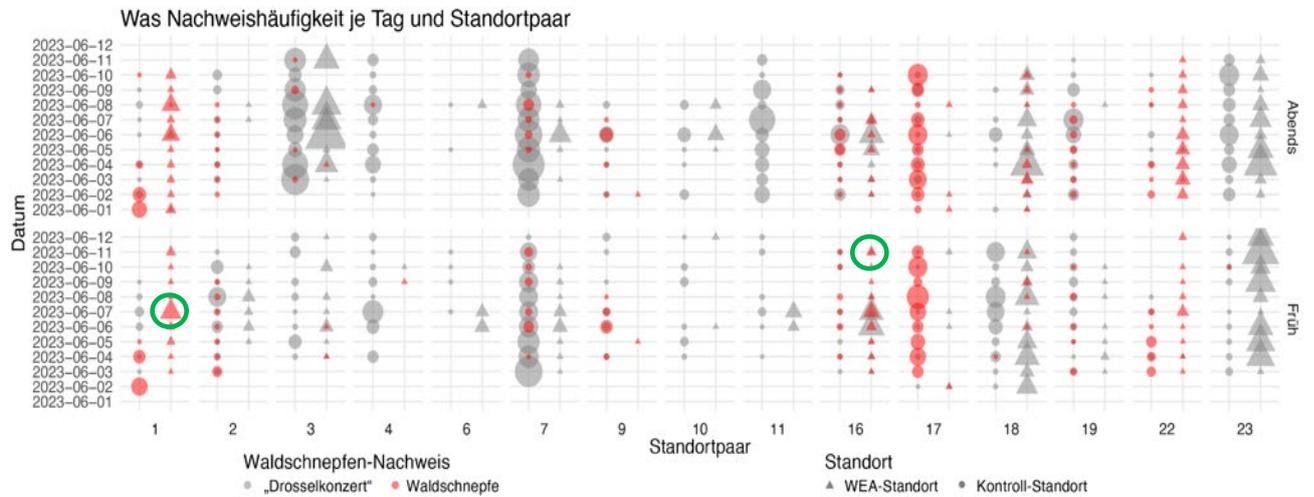


Abb. 23: Waldschneepfen-Häufigkeiten je Untersuchungstag und Standortpaar unterteilt nach abends (oben) und morgens (unten). Standorte an Windparks sind als Dreiecke, Kontrollstandorte als Kreise dargestellt. Falsch-Positiv Nachweise („Drosselkonzert“) sind in grau, bestätigte Waldschneepfen-Fundstellen in rot dargestellt. Die Größe der Symbole entspricht der Häufigkeit von Nachweisen (größere Symbole = mehr Nachweise). Zwei einzelne Aufnahmen sind besonders mit einem grünen Kreis markiert, darauf wird Abb. 25 und 26 eingegangen.

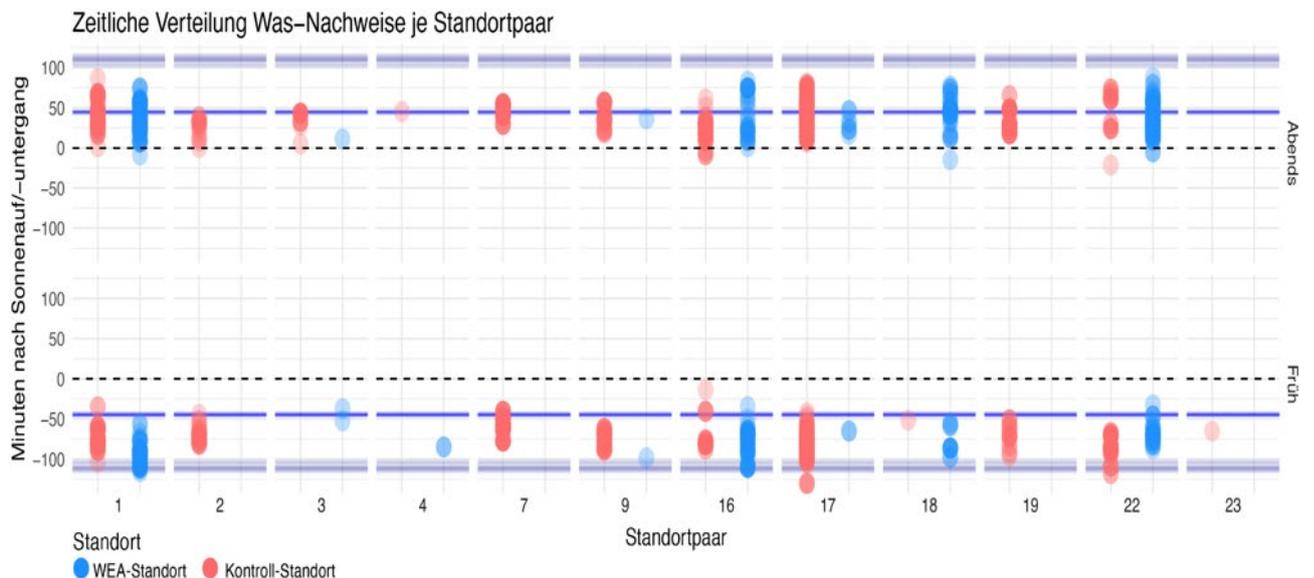


Abb. 24: Zeitliche Verteilung der Waldschneepfen-Nachweise je Standortpaar an Flächen mit (blau) und ohne (rot) Windenergieerzeugung. Die Zeitangaben orientieren sich relativ (in Minuten, gestrichelte Linien) zum Sonnenauf- (unten) und -untergang (oben). Hellblaue Linien zeigen den Übergang von der bürgerlichen in die nautische Dämmerung (Sonnenstand 6° unter Horizont), dunkelblaue Linien den Übergang von nautischer in die astronomische Dämmerung (Sonnenstand 12° unter Horizont).

Wie bereits weiter oben beschrieben, unterscheiden sich die Untersuchungsflächen erheblich hinsichtlich ihrer Nachweisdichte und zeitlichen Verteilung der Waldschnepfe (Abb. 21, Abb. 23). So tragen einzelne Standorte überproportional viele Nachweise der Waldschnepfe bei, während die Art an einigen anderen Standorten gänzlich fehlt. Auffällig ist auch, dass auch die Falsch-Nachweise sehr heterogen verteilt sind. Dies hat damit zu tun, welche Verwechslungsarten im direkten Umfeld des ARU ansässig sind. So kann ein nahegelegenes Singdrosselrevier an einem Standort sehr viele Falsch-Positiv Nachweise beitragen, wohingegen dies an einem anderen Standort weitgehend ausbleibt, wenn das nächste Revier erst in einiger Entfernung zum ARU liegt.

In der tageszeitlichen Verteilung der Waldschnepfen-Nachweise ist auffällig, dass die Morgenbalz deutlich früher beginnt, oftmals noch „mitten in der Nacht“, und auch deutlich früher endet – so wie es auch in der Literatur bereits beschrieben ist (z.B. Glutz von Blotzheim 1986). Es gibt hier innerhalb einzelner Standortpaare auch deutliche Unterschiede, beispielsweise balzen die Waldschnepfen an den Erfassungspunkten 1-W, 16-W, 17-K und 22-K besonders früh.

Zuletzt ist in diesem Abschnitt noch eine interessante Beobachtung zu berichten. Bei näherer Betrachtung der Morgenaufnahmen an WEA-Standorten und Waldschnepfen-Nachweisen ist aufgefallen, dass die Nachweise scheinbar besonders gehäuft an ruhigen (windstillen) Tagen mit stehenden WEAs vorkamen oder auch während einzelnen Phasen, zu denen die WEAs im Umfeld inaktiv waren. Die folgenden Abbildungen sollen diese Auffälligkeit zeigen. Näher untersucht wurde dies allerdings nicht. Eine genauere Ermittlung bzw. Berechnung des Lärms und Schalldruckpegel in den Aufnahmen ist prinzipiell möglich, aber aufwändig. Dadurch könnte eine Konzentration der Waldschnepfen-Nachweise auf solche ruhigen Zeitfenster auch statistisch erfasst werden. Aktuell kann dies an dieser Stelle aber lediglich anekdotisch anhand von zwei Beispielen in den folgenden Abbildungen berichtet werden.

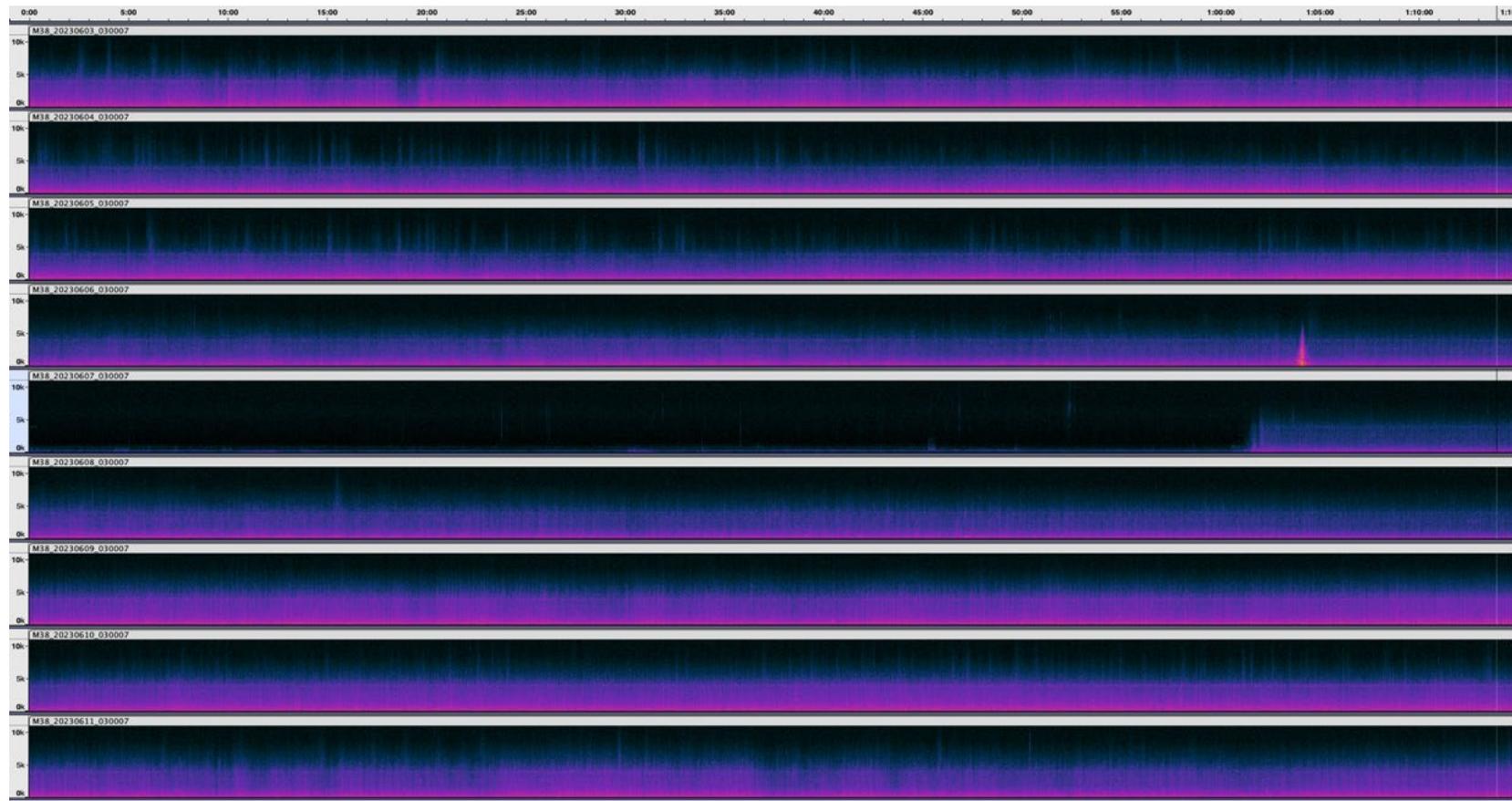


Abb. 25: Diese Abbildung zeigt alle neun Morgenaufnahmen vom 3. bis 11. Juni 2023 des WEA-Standortes von Standortpaar 1 im Spektrogramm. Jeder Tag ist durch eine schmale horizontale Tonspur dargestellt, es ist der Ausschnitt von 03:00 bis 04:15 Uhr für jeden Tag. Zur optischen Verdeutlichung des Lärmpegels ist eine Farbdarstellung gewählt: schwarz zeigt ruhige Bedingungen ohne Lärm an, blaue und violette Farbtöne zeigen Verlärmung durch laufende WEA im Umfeld. In der Mitte der Darstellung ist ein „schwarzer Streifen“ – dies ist der Morgen des 7. Juni. Die Windenergieanlagen stehen offenkundig, der Morgen ist sehr ruhig, erst ab 04:00 Uhr startet wieder eine WEA. Die Waldschnepfen-Nachweise an diesem Standort sind in dieser Abbildung nicht dargestellt. In Abb. 23 ist aber zu erkennen, dass genau dieser eine ruhige Morgen des 7. Juni mit deutlichem Abstand die meisten Waldschnepfen-Nachweise an diesem ARU Standort hatte. Diese Nachweise lagen auch fast alle in der Zeit vor 04:00 Uhr.

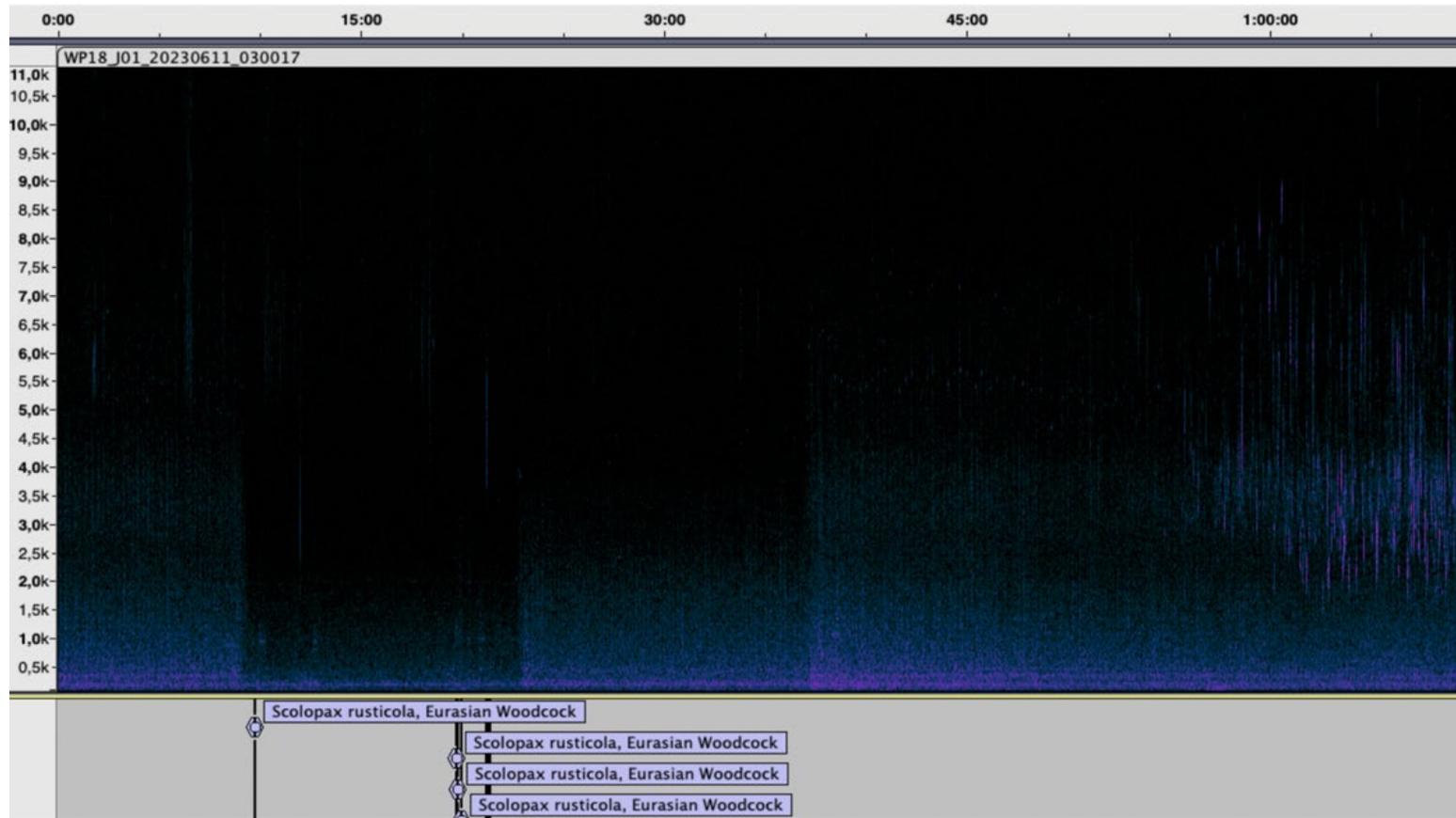


Abb. 26: Diese Abbildung zeigt die Morgenaufnahme des 11. Juni vom WEA-Standort des Standortpaars Nr.16. Dargestellt ist wiederum der Zeitraum von 03:00 Uhr bis 04:10 Uhr in einem eingefärbten Spektrogramm. Es ist zu erkennen, dass die WEA im Umfeld des Standortes zunächst in Betrieb sind, nach ca. 8 Minuten aber für ca. 14 Minuten stehen, es herrscht Stille und das Spektrogramm in diesem Zeitfenster ist auch in niedrigen Frequenzbereich schwarz. Gegen 03:23 Uhr geht zunächst erst eine, dann um 03:38 Uhr eine zweite Anlage im Umfeld wieder in Betrieb. Ab ca. 03:55 beginnen dann die ersten Drosseln zu singen. Diese Morgenaufnahme an dem Standort sticht in der Anzahl Waldschnepfen-Nachweise nicht besonders heraus (siehe Abb. 23). Die Waldschnepfen, die an diesem Morgen erfasst wurden, waren aber alle in dem kurzen Zeitfenster mit den stehenden Anlagen festzustellen (senkrechte Striche unterhalb der Tonspur).

Statistische Auswertung der Unterschiede zwischen WEA- und Kontrollstandorten

Entsprechend der hohen Standorts-spezifischen Variationen und methodischen Einschränkungen hatten die statistischen Vergleiche mittels Nullmodelle die Zielsetzung die An- und Abwesenheit von Waldschnepfen an einem Standort über den gesamten Erfassungszeitraum (Modell 1) bzw. die Regelmäßigkeit / Stetigkeit an den jeweiligen Tagen über den Untersuchungszeitraum zu vergleichen (Modell 2). Diese Analysen erfolgten jeweils getrennt für die morgendlichen und abendlichen Aufnahmen. Die Anzahl an Fundstellen in den Aufnahmen wurde somit nicht genauer betrachtet.

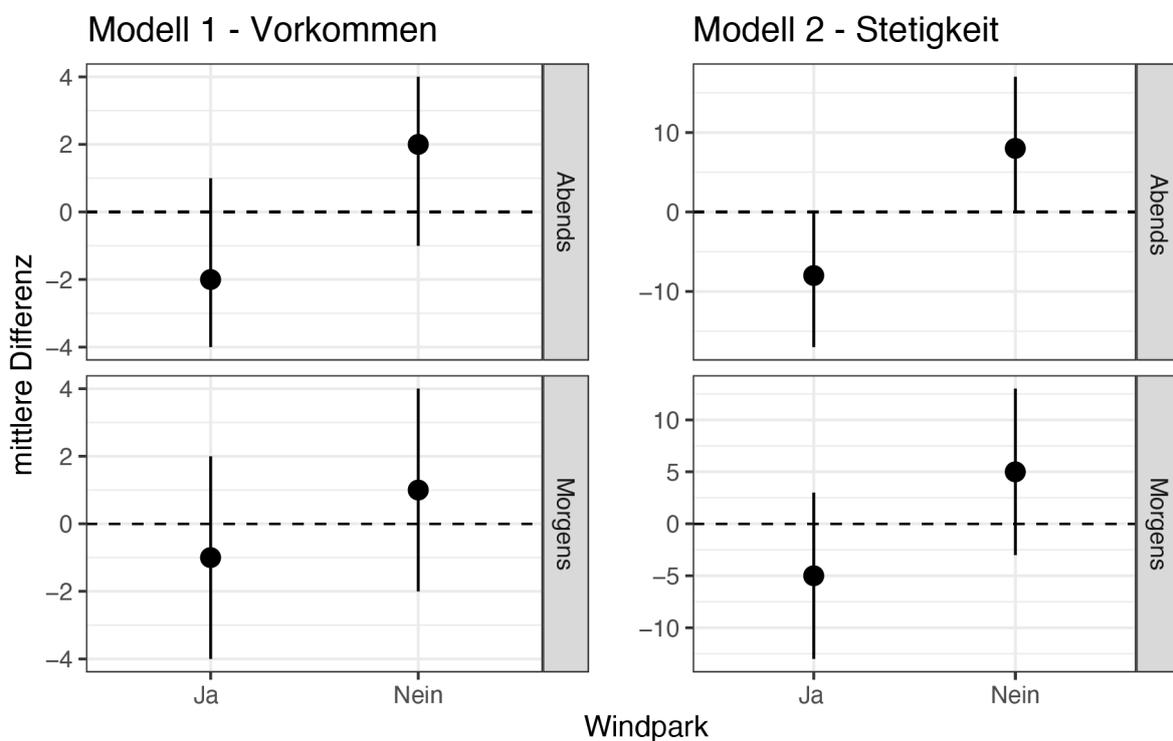


Abb. 27: Nullmodellvergleiche von An- und Abwesenheit (Modell 1; links) und der Nachweis-Stetigkeit (Modell 2; rechts) von Waldschnepfen je Standort, getrennt nach Abend- (oben) und Morgenvorkommen (unten) sowie mit Raumbezug zu einem Windpark (Ja) oder ohne Windpark (Nein). Dargestellt sind die Mediane (Kreise) und den dazugehörigen 95% Vertrauensintervalle (Linien).

Beim Modell 1 (Abb. 27, links) zeigt sich eine Tendenz zu weniger Waldschnepfenvorkommen an WEA-Standorten als Kontrollstandorten. Im Vergleich der WEA-Standorte zu den Kontrollflächen zeigt sich weder morgens noch abends ein statistisch signifikanter Unterschied zur Nullverteilung (die Konfidenz-Intervalle schneiden die gestrichelte Null-Linie). Die Tendenz, dass Waldschnepfen weniger an WEA-Standorten vorkommen, ist jedoch deutlich zu erkennen, insbesondere abends, bei dem sich der Median

der Windpark Gruppe gar unterhalb des 95% Vertrauensintervalls der Gruppe ohne Windpark befindet.

Beim Modell 2 (Abb. 27, rechts) verstärken sich diese Unterschiede. So sind die bereits in Modell 1 beschriebenen Unterschiede in den Aufnahmen mit Blick auf die Stetigkeit noch deutlicher und unterscheiden sich auch statistisch deutlich signifikant von der Zufallsverteilung am Abend. Demnach ist abends die Stetigkeit der Waldschnepfe signifikant geringer an WEA-Standorten im Vergleich zu Kontrollstandorten. Bei den morgendlichen Aufnahmen treten diese Unterschiede ebenfalls auf, wenngleich sie sich nicht signifikant vom Zufall unterscheiden. Allerdings überlappen im direkten Standortvergleich die Mediane der jeweiligen Gruppe nun nicht mehr mit den Konfidenzintervallen der anderen Gruppe, wie es noch bei der ausschließlichen Betrachtung des Vorkommens war (Abb. 27 unten).

4.2.4 BirdNET-Analyse und Validierung zu anderen Vogelarten

Tabelle 8 auf den nächsten Seiten zeigt die Ergebnisse der kurzen Validierungen der BirdNET-Ergebnisse zu anderen Vogelarten.

Weit verbreitete und akustisch auffällige Arten wurden an fast allen Standorten festgestellt. Dies gilt z.B. für den Schwarzspecht und Waldkauz. Etliche Arten sind dagegen nur sehr selten oder überhaupt nur einmal im Datensatz festgestellt worden. Dies waren z.B. Wendehals, Baumfalke, Tannenhäher und Uhu.

Mit Heidelerche, Baumpieper, Turteltaube und Wendehals wurde eine Reihe an Rote-Liste-Arten nachgewiesen, die eigentlich halboffene Lebensräume und Waldränder besiedeln. Diese Arten profitieren offenbar teilweise von den Lichtungen und Freiflächen um die WEA herum, bzw. direkt von den Schotterflächen (Heidelerche) und jungen Anpflanzungen (Neuntöter, Dorngrasmücke). Unter den typischen Waldvögeln ist der Waldlaubsänger eine relevante Rote-Liste Art. Etliche weitere Spechtarten, Eulen und die Hohltaube ergänzen das Artenspektrum der Waldarten.

Bei einer Betrachtung der Ergebnisse anhand von WEA- und Kontrollstandorten ergibt sich bei mehreren Arten eine deutlich geringere Anzahl an Nachweisen an WEA-Standorten als an Kontrollstandorten. Solche Unterschiede zwischen Kontrollstandorten und WEA-Standorten sind bei der Hohltaube und verschiedenen Spechten (Mittel-, Kleinspecht) zu sehen, sowie bei der Wachtel (die überraschend häufig – höchstwahrscheinlich überfliegend – nachgewiesen wurde).

Tabelle 8: Nachweise von weiteren Vogelarten im Umfeld der ARUs mit Hilfe von BirdNET und kurzer Validierung. Das „X“ in der Tabelle steht für Nachweise an mindestens zwei verschiedenen Tagen. Bei „o“ gelang der Nachweis dieser Art nur an einem Tag. Die farbliche Hinterlegung betrifft die Artengruppen der Eulen, Tauben und Spechte. Am Tabellenende ist eine Zusammenfassung.

VergleichsPaar Nr.	Standort	Gerät Nr.	Aegolius funereus	Glaucoideum passerinum	Bubo bubo	Strix aluco	Columba oenas	Streptopelia turtur	Coturnix coturnix	Cuculus canorus	Falco subbuteo	Jynx torquilla	Dendrocoptes medius	Dryobates minor	Dryocopus martius	Picus canus	Anthus trivialis	Lullula arborea	Emberiza citrinella	Curruca communis	Lanius collurio	Nucifraga caryocatactes	Oriolus oriolus	Phoenicurus phoenicurus	Phylloscopus sibilatrix
1	Kontrolle	M36				X							X		X										X
1	WEA	M38				X																			
2	Kontrolle	M41			o	X							o		X										
2	WEA	M40						o							X										
3	Kontrolle	B14				X	o		X						X							X	o		
3	WEA	B15	X			X									X			X					o		
4	Kontrolle	M42		o		X	X		o			o	X		X							X	o		
4	WEA	M43													X										X
6	Kontrolle	M45				X	X		X	X			X		X		X		X	X	X				X
6	WEA	M44				X	o	o																	X
7	Kontrolle	B06		o		X	X		X				X		X	X	X							X	
7	WEA	B05				X	o								X										
9	Kontrolle	B08		X		X									X										
9	WEA	B07															X			X					
10	Kontrolle	B10				X			X				X	X	X										

VergleichsPaar Nr.	Standort	Gerät Nr.	Aegolius funereus	Glaucidium passerinum	Bubo bubo	Strix aluco	Columba oenas	Streptopelia turtur	Coturnix coturnix	Cuculus canorus	Falco subbuteo	Jynx torquilla	Dendrocoptes medius	Dryobates minor	Dryocopus martius	Picus canus	Anthus trivialis	Lullula arborea	Emberiza citrinella	Curruca communis	Lanius collurio	Nucifraga caryocatactes	Oriolus oriolus	Phoenicurus phoenicurus	Phylloscopus sibilatrix
10	WEA	B09				X			o						X		X			X					
11	Kontrolle	B11				X	o			o				X	o	o									X
11	WEA	B12				o				X															X
14	Kontrolle	J17					o		X	X					X	X									X
14	WEA	J02				X			o						X										
16	Kontrolle	J04				X	X		o					o	X										
16	WEA	J01				o									X										
17	Kontrolle	J03		X		o	X		o					o	X			X					o		
17	WEA	J05													X										
18	Kontrolle	J10				X	X	X	o						X		X								X
18	WEA	J09				X			o						X										
19	Kontrolle	J15				X			o						X					o			X		
19	WEA	J16				X									X	o									
22	Kontrolle	J14	X			X			X						X		X	X			X		o		
22	WEA	J13													o		X	X				X			
23	Kontrolle	J11				X			X		o		X		X			o					o		X
23	WEA	J12		o		o									X	o									

VergleichsPaar Nr.	Standort	Gerät Nr.	Aegolius funereus	Glaucidium passerinum	Bubo bubo	Strix aluco	Columba oenas	Streptopelia turtur	Coturnix coturnix	Cuculus canorus	Falco subbuteo	Jynx torquilla	Dendrocoptes medius	Dryobates minor	Dryocopus martius	Picus canus	Anthus trivialis	Lullula arborea	Emberiza citrinella	Curruca communis	Lanius collurio	Nucifraga caryocatactes	Oriolus oriolus	Phoenicurus phoenicurus	Phylloscopus sibilatrix
	Anzahl „X“		2	2	0	22	6	1	7	3	0	0	6	2	26	2	7	4	1	3	2	1	3	1	9
	Anzahl „0“		0	3	1	4	5	2	8	2	1	1	1	2	2	3	0	1	0	1	0	0	4	2	0
	SUMME Nachweise		2	5	1	26	11	3	15	5	1	1	7	4	28	5	7	5	1	4	2	1	7	3	9
	Kontroll-Standorte		1	4	1	15	9	1	12	4	1	1	7	4	16	3	4	3	1	2	2	0	0	3	6
	WEA-Standorte		1	1	0	11	2	2	3	1	0	0	0	0	12	2	3	2	0	2	0	1	1	0	3

4.3 Diskussion und Zusammenfassung der akustischen Untersuchungen

Methodische Betrachtungen zur Erfassbarkeit der Waldschnepfe mit ARUs und BirdNET

- Die Wahl eines passenden ARU ist für ein passives akustisches Monitoring der Waldschnepfe wichtig. Vermeintlich günstige Lösungen wie die AudioMoth in der Standardausführung sind beim Aufspüren niederfrequenter Lautäußerungen, insbesondere dem „Quorren“ der Waldschnepfe, nicht zuverlässig (in verstärktem Maße gilt dies auch für viele Eulen).
- Derzeit lässt die Technik es nicht zu, eine 100 % Genauigkeit in der KI gestützten Auswertung zu erreichen. BirdNET erkennt die Waldschnepfe aktuell nicht besonders spezifisch. Daher ist es aktuell eine Abwägungsfrage, ob man Echt-Positive zugunsten einer Minimierung von Falsch-Positiven verliert, oder ob man die Anzahl Echt-Positiver Nachweise maximieren möchte und in der Folge mit einem u. U. sehr hohen Anteil Falsch-Positiver Fundstellen umgehen muss und zeitraubende Validierungen durchgeführt werden müssen.
- Schwellenwerte bezüglich der Konfidenz sind hilfreich, um die zahlreichen falsch-positiven Meldungen von BirdNET zu minimieren, dies geht aber auf Kosten der Fundrate. Zudem lassen sich diese Schwellenwerte erst nach einer Validierung eines Teildatensatzes tatsächlich fundiert definieren. In Abhängigkeit vom Ziel und der Fehlertoleranz einer Untersuchung könnte man aber auch pauschale Schwellenwerte anwenden.
- Die engen Zeitfenster, in denen der überwiegende Teil der Waldschnepfen balzt, könnten ebenfalls als Filtermechanismus genutzt werden, um den Anteil Falsch-Positiver zu reduzieren.
- Eine typische unerwünschte Folge der Anwendung von Schwellenwerten ist auch im Rahmen dieser Studie sichtbar: Einzelne Standorte hatten lediglich einen bis drei korrekte Waldschnepfennachweise mit niedriger Konfidenz, welche bei der Anwendung von Schwellenwerten unberücksichtigt bleiben würden. In dem beobachteten 10-Tages Zeitraum sind diese seltenen Nachweise aber eher als zufällige Vorbeiflüge (u. U. in größerer Distanz zum ARU) zu interpretieren und lassen nicht auf ein etabliertes Vorkommen direkt im Umfeld schließen. Deren Relevanz, beispielsweise im Kontext einer Windkraftplanung darf somit angezweifelt werden.

Akustische Maskierung durch Lärm und Vergleiche der BirdNET Nachweishäufigkeit zwischen WEA- und Kontrollstandorten

- BirdNET Nachweise (Fundstellen) dürfen nicht gleichgesetzt werden mit der Anzahl an Vorbeiflügen. Die von BirdNET genutzten drei Sekunden langen Abschnitte sind deutlich kürzer als ein typischer Vorbeiflug einer balzenden Waldschnepfe zu hören ist.
- Ein quantitativer Vergleich der reinen Fundstellen kann vor allem bei unterschiedlichen Geräuschkulissen zu Verfälschungen führen, da durch Umgebungslärm (durch in Betrieb befindliche WEA) das „Quorren“ maskiert wird, und Waldschnepfen-Nachweise nur noch durch das „Puitzen“ zu erbringen sind.
- BirdNET ist durchaus relativ gut in der Lage, die Waldschnepfe auch allein am „Puitzen“ zu erkennen, auch wenn das „Quorren“ vollständig maskiert ist. Vergleiche mit der Häufigkeit von BirdNET-Nachweisen bei sehr unterschiedlichen Lärmkulissen verbieten sich aber dennoch, solange nicht geklärt ist, ob und inwiefern die Maskierung durch WEA-Lärm die akustische Erfassbarkeit quantitativ einschränkt ist.
- Die Problematik des „Maskierens“ der Vogelstimmen durch Verlärmung im WEA-Umfeld und die Auswirkungen auf die akustische Erfassbarkeit der Vögel durch Algorithmen zeigen auch Reichenbach et al. (2022) auf, und geben einzelne Vorschläge wie diese Auswirkungen ermittelt und berücksichtigt werden könnten. Neben den dort vorgeschlagenen Versuchsreihen mit Klangattrappen könnten auch ruhige Aufnahmen mit Waldschnepfen nachträglich digital unterschiedlich stark „verlärm“ werden (Mischung mit Rauschen), und anschließend unterschiedliche BirdNET-Ergebnisse derselben Aufnahme ausgewertet werden.
- Eine zuverlässige Vergleichbarkeit der Nachweishäufigkeit zwischen verschiedenen Standorten innerhalb einer Untersuchung, aber auch zwischen verschiedenen Projekten wäre bei der Waldschnepfe tatsächlich sehr wünschenswert, denn verschiedene Studien zeigen einen direkten Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Balzflügen am Abend und der Anzahl der dabei beteiligten Männchen. Für eine genauere akustische Bestandserfassung oder die Identifizierung von besonderen „Hotspots“ der Balzintensität ist die Häufigkeit der Nachweise bzw. Überflüge daher ein entscheidendes Kriterium.
- Für nicht verlärmte Umgebungen sollte sich die Häufigkeit der Waldschnepfen-Fundstellen von BirdNET allerdings schon jetzt durchaus gut vergleichen lassen. Dies kann beispielsweise im Vorfeld von (Windenergie-)Planungen sehr hilfreich sein, um die Kernhabitats mit mehreren balzenden Männchen zu identifizieren. Einige weitere

Voraussetzungen müssen für diese Vergleichbarkeit aber ebenso gegeben sein (z.B. gleiche Geräte und Erfassungszeiträume).

- Im Rahmen dieser Studie haben wir u.a. aus diesen Gründen eine Betrachtung auf einer größeren zeitlichen Ebene vorgenommen. Die hier durchgeführten statistischen Auswertungen zum Vergleich von WEA-Standorten und Kontrollstandorten beschränken sich z.B. nur auf die An- bzw. Abwesenheit je Standort zu einer Tageszeit und die Stetigkeit je Untersuchungstag.
- Eine andere Vorgehensweise zur Quantifizierung der Balzaktivität könnte beispielsweise sein, die An- oder Abwesenheit von Waldschnepfen-Nachweisen nur innerhalb bestimmter Zeitfenster zusammenfassend zu betrachten - ähnlich wie dies auch bei akustischen Fledermaus-Untersuchungen angewendet wird, wo die Rufreihen zu „Aktivität in 1-Minuten-Fenstern“ zusammengefasst werden. (vgl. Runkel et al. 2018). Eine vorbeifliegende balzaktive Waldschnepfe kann für bis zu 30 Sekunden gehört werden. Dieses Zeitfenster könnte genutzt werden, um Näherungswerte für Balzaktivität oder Vorbeiflüge zu erhalten (d. h. man würde die An- oder Abwesenheit von Waldschnepfen in einem fließenden 30-Sekunden-Raster ermitteln). Alternativ könnten mehrere, zeitlich sehr nah beieinander liegende Fundstellen rechnerisch immer zu einem „Vorbeiflug“ zusammengefasst werden, unabhängig von der Anzahl Fundstellen. Durch diese Methoden wird die Quantifizierung der Balzaktivität von der Anzahl der BirdNET-Fundstellen etwas abgelöst. Es wird an dieser Stelle nämlich vermutet, dass sich eine unterschiedliche Erfassbarkeit durch Maskierung im WEA-Lärm bei der Erkennung durch BirdNET vor allem in weniger Fundstellen pro Vorbeiflug manifestiert, aber die Vorbeiflüge balzender Waldschnepfen doch in der Regel zumindest einmal festgestellt werden (in der Regel sicher die lauteste Balzstrophe eines Vorbeiflugs). Zudem würde eine automatisierte Ermittlung der Anzahl an Vorbeiflügen anhand der Fundstellen von BirdNET auch direkte Vergleiche mit Literatur und anderen Studien erlauben.

Auswirkungen von WEA auf die Waldschnepfenbalz anhand der vorliegenden Untersuchung

- Die Stetigkeit der Waldschnepfenanwesenheit über die einzelnen Tage des Untersuchungszeitraums hinweg waren bei der Abendbalz an WEA-Standorten signifikant geringer als an Kontrollstandorten. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen also, dass die Waldschnepfen in der abendlichen Balz das Umfeld der untersuchten WEA-Erfassungsorte offenbar meiden.

- Beim morgendlichen Balzgeschehen zeigte sich im Gegensatz dazu allenfalls eine Tendenz zu einer geringeren Anwesenheit bzw. Stetigkeit an WEA-Standorten ab.
- Eine genauere Betrachtung der Häufigkeit der Nachweise könnte weitere Erkenntnisse ergeben und empfindlichere statistische Tests erlauben, allerdings müssen zuvor methodische Unsicherheiten geklärt werden („Maskierung“ und Erkennbarkeit von Waldschnepfen im Lärm).
- Neben Störungen durch die Windenergieanlagen könnten die beobachteten Unterschiede zwischen den WEA- und Kontrollstandorten auch systematische Lebensraum-Unterschiede zwischen den WEA- und Kontrollstandorten widerspiegeln (indem die untersuchten Windparks beispielsweise grundsätzlich in Gebieten errichtet wurden, die von Waldschnepfen gemieden werden). Für diese alternative Erklärungshypothese spricht allerdings wenig: Breite Wegschneisen, Waldinnenränder und -lichtungen sind für Waldschnepfen-Männchen eigentlich besonders attraktiv als Balzgebiete und Flugrouten, und solche Strukturen finden sich im Umfeld von WEAs immer besonders regelmäßig. Anhand dieser Strukturen wäre also sogar eher ein gegenteiliges Ergebnis zu erwarten (höhere Waldschnepfen-Aktivität an WEA-Standorten wegen hohem Anteil Waldrandstrukturen im Umfeld).
- Die wenigen Studien, die es zur Störungsempfindlichkeit der Waldschnepfe gegenüber WEA in der Vergangenheit gab, gehen auf die Morgenbalz nicht näher ein. Tatsächlich erscheint generell die Morgenbalz der Waldschnepfe bei vielen Studien und Untersuchungen häufig nicht speziell analysiert worden zu sein. Die vorliegenden Ergebnisse könnten diesbezüglich einen Ansporn zu detaillierteren Untersuchungen geben, um mögliche unterschiedliche verhaltensbiologische Bedeutungen morgendlicher und abendlicher Waldschnepfenaktivität besser zu interpretieren. Hierbei erscheint uns insbesondere die zeitliche Dynamik in Relation zu Start- und Endpunkten des Drosselchores aber auch die Lärmemission der Anlagen bedeutsam. Das passive Akustikmonitoring kann hierzu bestens genutzt werden, da sich die Aufnahme Fenster ohne größeren Mehraufwand leicht auf die Morgenstunden einstellen lassen.
- Die Entfernung der hier untersuchten WEA-Erfassungsorte zu den nächstgelegenen Windkraftanlagen betrug im Mittel 225 m (im Bereich von 130 m bis 314 m). Innerhalb des 500 m Radius um die WEA-Erfassungsorte befanden sich im Mittel 2,9 Windkraftanlagen (mit Schwankungen von 1 bis 5). Eine genauere Betrachtung des Einflusses der Entfernung oder Anzahl an WEA im Umfeld des WEA-Erfassungsortes wurde nicht durchgeführt, da mögliche Ergebnisse aufgrund des geringen

Stichprobenumfangs aller Voraussicht nach kaum aussagekräftig wären. Die Entfernung, über die hier eine signifikante Auswirkung von WEA auf die Balzaktivität festzustellen war, deckt sich hier aber ungefähr mit den bisher veröffentlichten Entfernungsangaben von grob 250 bis 300 m.

- Sollte sich die unterschiedliche Reaktion der Waldschnepfe auf WEAs während der Abend- und Morgenbalz auch bei weiteren Untersuchungen bestätigen, drängt sich natürlich die Frage nach den Ursachen für diese unterschiedliche Reaktion auf. Ein auffälliger Unterschied zwischen den zwei Balzphasen ist jedenfalls, dass die Morgenbalz in deutlich dunkleren Phasen stattfindet, häufig noch bei völliger Dunkelheit beginnt und meistens kurz nach Einsetzen des Drosselgesangs, lange vor Sonnenaufgang, wieder endet. Gleichzeitig sind meteorologisch bedingt die frühen Morgenstunden auch besonders Windarm. Möglicherweise ist die Bedeutung der Morgenbalz als besonders freie bzw. exklusive „akustische Nische“ für die Waldschnepfe bisher auch unterschätzt (z.B. Mullet et al. 2017). Die abendliche Balz findet hingegen in helleren, durchschnittlich Windstärken, und „lauteren“ Bedingungen statt, sie beginnt oft schon vor Sonnenuntergang, überlappt sich zeitlich deutlich mehr mit dem „Drosselkonzert“ und endet deutlich vor der völligen Dunkelheit.
- Anhand von vorläufigen und bislang eher anekdotischen Ergebnissen könnte sich während der Morgenbalz auch ein bemerkenswertes zeitliches Ausweichverhalten und spontane Nutzung von WEA-Bereichen für die Balz andeuten, wenn die Anlagen nicht in Betrieb sind. Sollte sich dies bestätigen, wäre es eine bemerkenswert spontane Flexibilität der Habitatnutzung und Anpassung an eine verlärmte Umwelt. Zugleich könnte sich dadurch möglicherweise auch eine effektive Maßnahme zur Minimierung der Störungen durch den Betrieb von WEA in Waldschnepfen-Lebensräumen ergeben, nämlich kurze Abschaltzeiten während der morgendlichen Balz. Eine gänzlich andere Interpretation dieser vorläufigen Ergebnisse wäre andererseits eine sehr starke akustische Maskierung der Waldschnepfenbalz durch die Lärmemissionen von WEA, so dass sie nur dann von BirdNET gefunden wird, wenn die Rotoren der WEA stehen. Sind die Anlagen in Betrieb, könnten nach dieser Interpretation die Waldschnepfen im Extremfall völlig unverändert balzen, würden aber von BirdNET nicht mehr detektiert. Diese letztere (extreme) Interpretation konnte im Rahmen dieser Untersuchung bereits sicher widerlegt werden. Auf quantitativer Ebene könnte die Maskierung und Erkennbarkeit das beobachtete Muster aber zu einem gewissen Grad auch verstärken.

Ergebnisse der Validierung weiterer Vogelarten

- Mit Hilfe einer kurzen Validierung der BirdNET-Fundmeldungen konnten zahlreiche naturschutz- und planungsrelevante Vogelarten an den verschiedenen Standorten nachgewiesen werden.
- Neben typischen Waldvogelarten waren darunter auch zahlreiche Vogelarten, die Waldränder oder Halboffenland besiedeln. Die Lichtungen und Schneisen um WEA-Standorte sind für diese Arten offenbar attraktiv; im Falle der Kontrollstandorte gab es ebenfalls regelmäßig Windwürfe oder Kalamitätsflächen im Umfeld, die von entsprechenden Arten besiedelt waren.
- Im Vergleich der Nachweise von WEA-Standorten und Kontrollstandorten fiel hier ebenfalls auf, dass einige Arten deutlich weniger an WEA-Standorten nachgewiesen wurden als an Kontrollstandorten. Bei Klein- und Mittelspecht, Wachtel sowie der Hohltaube schien dies besonders auffällig. Eine statistische Auswertung erfolgte nicht. Ob die Stichprobenzahl für signifikante Unterschiede ausreicht, kann auch bezweifelt werden.
- Diese Ergebnisse passen aber mit Ergebnissen von Reichenbach et al. (2022 und 2015) gut zusammen, wo unter anderem bei verschiedenen Spechten niedrigere Nachweisdichten im Umfeld von WEA festgestellt wurden. Auch im Rahmen einer Studie von Rehling (2023) konnte gezeigt werden, dass WEAs Waldvögel verdrängen können. Allerdings war der beobachtete Effekt dort nicht sehr stark im Vergleich zu verschiedenen Parametern der Habitatcharakterisierung.
- Eine alternative Erklärung für diese unterschiedliche Häufigkeit von Artnachweisen könnten auch hier systematische Unterschiede in der Lebensraumcharakterisierung der WEA- und Kontrollstandorte sein. Einerseits ist es z. B. möglich, dass die untersuchten Windparks bevorzugt in Nadelwäldern oder naturfernen Wäldern angelegt wurden (bspw. im Rahmen der Raumplanung). Auch die immer vorhandenen Offenflächen, Waldränder und Schotterflächen im WEA-Umfeld könnten den Vergleich der Artvorkommen sicherlich beeinflussen. Und nicht zuletzt sind – wie bei der Waldschnepfe – auch Aspekte der Maskierung der Rufe und Gesänge im Lärm der WEA und die daraus folgende unterschiedliche Detektierbarkeit bei diesem Vergleich unberücksichtigt. Zwar wurde auch hier nur der generelle Nachweis am Standort berücksichtigt (ähnlich wie bei der Waldschnepfen-Statistik), trotzdem wäre dies für die methodische Korrektheit eines Vergleichs dringend zu untersuchen.

Eignung von passivem akustischem Monitoring (PAM) zur Erfassung der Waldschnepfe

- Als Nachweismethode hat PAM gegenüber klassischen Erfassungen klare Vorteile, die sich durchaus auch ökonomisch auswirken können. Das tageszeitlich kurze Aktivitätsfenster der Waldschnepfe macht eine systematische Erfassung der Art schwierig, insbesondere auch in den frühen Morgenstunden. Speziell bei der Waldschnepfe sind darüber hinaus die empfohlenen Synchronerfassungen mit mehreren gleichzeitigen Erfassern besonders personalintensiv. Südbeck et al. (2005) empfehlen einen Kartierer je 100 ha Wald, bei quantitativen Erfassungen sogar eine Person je 10 ha. Markova-Nenova, Engler et al. (2023) konnten am fiktiven Beispiel des Rebhuhns zeigen, dass PAM gegenüber einer klassischen Erfassung bei dämmerungsaktiven Arten mit kurzen Aktivitätszeiten deutlich kostengünstiger ist.
- Zugleich wird durch die lange Standzeit und Aufnahmezeit die Nachweisintensität und -qualität gegenüber einer klassischen Erfassung deutlich erhöht, da letztere oftmals auf zwei bis drei Erfassungsgänge beschränkt ist. Speziell bei der Waldschnepfe sind auch Tage oder Phasen mit sehr unterschiedlich starker Balzaktivität bekannt – ein Punkt, der mit den längeren Standzeiten eines PAM ebenfalls lösbar wird. Somit kann eine Erfassung nicht nur kostengünstiger erfolgen, sondern liefert auch eine bessere und nachvollziehbare Datengrundlage, die aufgrund der Speicherung der Daten auch für eine spätere unabhängige Bewertung oder Neu-Auswertung mit besseren Methoden zur Verfügung stehen.

Vorläufige Empfehlungen für die Vorgehensweise bei der Erfassung der Waldschnepfe mit Methoden des PAM

- Wahl eines geeigneten Gerätes, das auch das tieffrequente „Quorren“ der Waldschnepfe zuverlässig aufzeichnet.
- Ausreichend lange Standzeiten, die die erheblichen tageweise Variationen der Balzaktivität mit abdeckt. Mindestens zehn Tage, besser zwei Wochen werden hier vorgeschlagen. Diese Erfassung sollte in mindestens zwei Erfassungszeiträumen stattfinden (April/Mai und Mai/Juni). Dieser lange Zeitraum bei einer Erfassungsperiode erlaubt jeweils für sich bereits den wiederholten Nachweis balzender Waldschnepfen mit einer Woche Abstand, formell den Brutstatus B4 („Brutverdacht“, Südbeck et al. 2005).

- Wahl der Erfassungszeiträume ohne grundsätzliche Einschränkungen der Balzaktivität (insb. nicht während starker Trockenheit oder Dürrebedingungen zum Einsatzbeginn).
- Soll ein größeres Gebiet mit mehreren Geräten abgedeckt werden, so muss der Einsatz gleichzeitig erfolgen und möglichst mit identischen Geräten für eine Vergleichbarkeit.
- Für den qualitativen Nachweis im Untersuchungsgebiet sind nach Südbeck et al. (2005) ein Beobachter je km² empfohlen, ähnlich kann auch beim PAM verfahren werden. Konkrete Fragestellungen, beispielsweise zu Eingriffen, können aber eine dichtere Erfassung notwendig machen.
- Wenn nicht nur der qualitative Nachweis, sondern auch die Häufigkeit der Waldschnepfen-Funde zwischen Erfassungsorten verglichen werden soll, so muss dringend darauf geachtet werden, dass hier nicht stark unterschiedliche Lärmkulissen miteinander verglichen werden, da die Balzrufe teilweise durch den Lärm maskiert werden und die Erfassbarkeit der Balzstrophen durch BirdNET (und Menschen) eingeschränkt sein kann.
- Konkrete Erfahrungswerte oder „Faustregeln“ zu einer Abschätzung der Anzahl von Waldschnepfen-Männchen anhand der Häufigkeit von BirdNET-Fundstellen gibt es aktuell nicht. Ein Vergleich der Häufigkeiten der Nachweise kann aktuell nur innerhalb eines Projektes im Vergleich verschiedener Standorte durchgeführt werden. Wenn die Anzahl an Überflügen manuell ermittelt wird, können Erfahrungswerte aus der Literatur herangezogen werden.
- Für die Auswertung mit BirdNET sind die Möglichkeiten zur Empfehlung beschränkt, da die Effizienz nur mit einer bestimmten Einstellung im Detail untersucht wurde (sensitivity 1,4; confidence >0,6). Andere Einstellungen könnten auch bessere oder schlechtere Ergebnisse bringen, die sich besser oder schlechter auswerten lassen. Zudem werden in sehr regelmäßigen Abständen aktualisierte Versionen der Software veröffentlicht, die solche Empfehlungen schnell wieder hinfällig machen können.
- Aktuell wird die Waldschnepfe von BirdNET nicht besonders spezifisch erkannt, eine mindestens teilweise Validierung der Ergebnisse erscheint daher immer notwendig:
 - Soll lediglich der Nachweis eines Vorkommens an einem Standort oder tageweise erbracht werden, kann bei den jeweils höchsten Konfidenzwerten bei

der Validierung begonnen werden. Diese Ermittlung von reiner Anwesenheit und deren Regelmäßigkeit im zeitlichen Verlauf ist relativ schnell zu ermitteln.

- Sollen die Waldschnepfen-Nachweise von BirdNET mit ihrer Häufigkeit ausgewertet werden, können Schwellenwerte eines Konfidenz-Limits über eine Validierung einer repräsentativen Stichprobe der Fundmeldungen ermittelt werden, und anschließend angewendet werden. Bei dieser Form der Auswertung wird es jedoch immer zu Fehlbestimmungen und ausgefilterten richtig-positiven Waldschnepfen-Fundstellen kommen. Entscheidend ist deshalb, ob die Fragestellung solche Fehler erlaubt, und in welchem Maße.
- Jedoch kann die Information von Falsch-Positiv Raten an Standorten und Zeiträumen nicht nur methodisch, sondern auch ökologischen Erkenntnisgewinn liefern (Stichwort: Akustische Nische). Im Zuge einer Gesamtinterpretation von Effekten und Standortfaktoren in einer Untersuchung ist dieses Wissen also durchaus auch hilfreich.

Eignung von PAM zur weiteren Erforschung der Waldschnepfe

- Die Waldschnepfe zeigt ausgeprägte Unterschiede im „Schnepfenstrich“ am Morgen und am Abend, sowohl in der Dauer als auch in der Lage der Dämmerungsphase. Die ökologischen Gründe hierfür können mittels PAM nun genauer untersucht werden. Die Akustische Nischen-Hypothese (z.B. Mullet et al. 2017) könnte hier eine konzeptionelle Grundlage liefern. Diese Hypothese besagt, dass verschiedene Tierarten ihre eigenen „akustischen Räume“ oder „Nischen“ in der Umgebung haben, um sich nicht gegenseitig zu stören. Das bedeutet, dass jede Art zu unterschiedlichen Zeiten, Frequenzen oder Rhythmen kommuniziert, damit ihre Laute nicht mit denen anderer Arten kollidieren. Im Fall der Waldschnepfe war das „Drosselkonzert“ als Teil des Morgenchors zeitlich klar von den Aktivitätszeiten der Waldschnepfe separiert, abends jedoch weniger deutlich. Standorte mit besonders stetigen und intensiven Drosselchor schienen von der Waldschnepfe weitestgehend gemieden zu werden (Abb. 23). Mit Bezug auf die Waldschnepfe könnten so systematische Erfassungen stattfinden, die das Vorkommen (und Bestandsdichte) mit der Intensität des Drosselchors vergleichen, wodurch sich neue Einblicke in die Habitatwahl der Waldschnepfe rein auf Basis der Geräuschkulisse ergeben könnten.

- Im Zuge dessen wäre auch die Rolle niederfrequenter Geräusch- und Lärmquellen in der Landschaft auf die Waldschnepfe zu untersuchen, da hier gerade das „Quorren“ in der Reichweite beeinträchtigt wird. So könnten viel befahrene Straßen wie etwa Autobahnen oder aber auch aktive Windenergieanlagen eine Geräuschbarriere schaffen, die einen Teil der Landschaft als Balzhabitat für die Waldschnepfe unattraktiv macht. Nach Garniel & Mierwald (2010) gilt die Waldschnepfe im Straßenverkehr als Art mittlerer Lärmempfindlichkeit mit einer Effektdistanz von 300 m. Zumindest im Kontext der Windenergieanlagen konnten die hier erhobenen Daten anhand von Einzelbeispielen zeigen, dass Waldschnepfen morgens an WEA-Standorten vor allem dann aktiv waren, wenn die Anlagen abgeschaltet waren. Durch PAM über einen längeren Zeitraum und mehreren Standorten (z. B. mehreren Windparks, in zunehmender Entfernung zu einer Autobahn) könnte die Rolle niederfrequenter Lärmemissionen auf ein mögliches Meideverhalten der Waldschnepfe systematisch untersucht werden.
- Eine reine PAM-Untersuchung kann natürlich keine kausalen Verbindungen zur Partnerwahl oder gar zum Bruterfolg bei der Waldschnepfe herstellen. Erkenntnisse aus einer PAM-Studie könnten jedoch wesentliche Hinweise auf Störungen der Balz geben und Gebiete identifizieren, wo ein (aufwändiges) Brutmonitoring sinnvoll sein könnte, um mögliche Effekte von Lärmverschmutzung (z.B. durch WEA) auf den Bruterfolg zu quantifizieren.
- Jedoch sollte auch bemerkt werden, dass die Informationen zu Falsch-Positiven durchaus eine wichtige ergänzende Informationsquelle darstellen kann. Im Zuge der Akustischen Nischenhypothese kann die Berücksichtigung der raumzeitlichen Verteilung der Falsch-Positiven einen Eindruck geben, wo die Waldschnepfe eine starke Konkurrenz in ihrer Akustiknische hat, die sich entsprechend auf ihre Habitatnutzung auswirken kann. So zeigt die Verteilung von Falsch-Positiven mit echten Waldschnepfen-Nachweisen in Abb. 23, dass es dort wo viele Echt-Positive Nachweise gelangen, wenig Falsch-Positive auftauchten. Gleichzeitig wurden die Standorte mit den meisten Falsch-Positiven nicht oder vergleichsweise selten von rufenden Waldschnepfen besucht. Daher kann die Einbeziehung von Falsch-Positiv Nachweisen durchaus zu einem vertieften Verständnis zur Habitatnutzung der Waldschnepfe beitragen und sollte entsprechend näher untersucht werden.

5. Schutzmaßnahmen

5.1 Präventive Schutzmaßnahmen im Rahmen von Windkraftplanungen

Eine sorgfältige Standortauswahl ist, nicht nur für die Waldschnepfe, wesentlich zur Vermeidung von Konflikten. Eine präventive Schutzmaßnahme bezogen auf die Waldschnepfe wäre im Rahmen von Windkraftplanungen daher größere Waldbestände mit einer Habitat-Grundeignung für die Waldschnepfe von der Planung auszuschließen. Die Planung und Errichtung von Windkraftanlagen sollte bzgl. der Waldschnepfe bevorzugt im Offenland oder in reinen Nadelwäldern oder Nadelwäldern mit Laubbeimischung erfolgen. Da im Offenland aber häufig andere WEA-sensible und besonders kollisionsgefährdete Arten vorkommen, hätte der Schwerpunkt in Hessen in erster Linie auf die genannten Waldtypen gelegt werden sollen. Immerhin rund zwölf Prozent der Wälder in Hessen bestehen ausschließlich aus reinem Nadelwald und knapp 29 Prozent des Baumbestandes in Hessen bestehen aus Nadelwald mit Laubbeimischung (FA WIND 2023). Diese Rahmenbedingungen wurden jedoch in Hessen nicht beachtet, da die Waldschnepfe weder zum Zeitpunkt der Bearbeitung des Avifaunagutachtens zum Landesentwicklungsplan (LEP) Hessen (PNL 2012), noch im Rahmen der später seitens der Regierungspräsidien konkretisierten Vorrangflächen im Rahmen der Raumordnungspläne im Fokus stand. Darüber hinaus haben sich gerade im Laufe der letzten Jahre durch die Dürresommer und sonstige Kalamitäten viele Waldflächen derart verändert, dass sich dort nun vielerorts neue sehr gute Habitate für Waldschnepfen entwickelt haben.

Auch wenn es bis heute im Detail unklar ist, wie intensiv Waldschnepfen durch WEA beeinträchtigt werden, wird derzeit im konservativen Ansatz empfohlen, Abstände von 500 m um die männlichen Balzreviere einzuhalten, wobei nicht nur die Balzreviere, sondern auch zusammenhängende Gesamtlebensräume und Dichtezentren idealerweise zu berücksichtigen sind (LAG-VSW 2014). Nicht zuletzt auch die bioakustischen Ergebnisse im Rahmen dieser Studie bestätigen nochmals diese konservative Empfehlung, denn nachweisbare Auswirkungen von WEA auf die Balzaktivität wurden auch hier beobachtet. Bei geringeren Abständen der geplanten Windkraftanlagen zu den ermittelten (Balz-)Revieren sind vor Beginn der Bau- und Rodungsmaßnahmen entsprechende Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen umzusetzen, um einen möglichen Lebensraumverlust auszugleichen. Hierbei sollten Synergien mit forstwirtschaftlichen Aufforstungsverpflichtungen hinsichtlich der naturnahen Gestaltung von Waldbereichen berücksichtigt werden. Maßnahmen-Standorte

sind anschließend dauerhaft aus der Nutzung zu nehmen und zu sichern sowie regelmäßig zu pflegen, da sich ein zu hoher und dichter Vegetationsaufwuchs ungünstig auf die Waldschnepfe auswirkt. Wünschenswert sind zudem weitere wissenschaftliche Untersuchungen zum Einfluss von Windkraftanlagen auf Waldschnepfen.

Sollte die Errichtung von Windkraftanlagen dennoch in der für die Art geeigneten Waldbeständen unumgänglich sein, wie es sich anhand der aktuellen Kulisse der Vorranggebiete in Hessen gegenwärtig regelmäßig ergibt, empfiehlt sich vor Errichtung der Windkraftanlagen die Durchführung eines Monitorings zur Erfassung von Waldschnepfen, wie es zeitweise auch von den Zulassungsbehörden gefordert wurde. Im aktuellen hessischen WEA-Leitfaden sind jedoch – über die obligatorischen zwei Nachtbegehungen hinaus (von denen zudem wegen der Eulen die erste bevorzugt noch im Februar durchgeführt werden soll) – keine speziellen Erfassungen der Waldschnepfe vorgesehen, so dass sehr häufig keine aussagekräftigen Ergebnisse zur Waldschnepfe für den Planungsprozess verfügbar sind. Da die Reviergröße und -anzahl der Waldschnepfen aufgrund ihrer versteckten Lebensweise nicht mit den üblichen Kartiermethoden systematisch ausreichend zu erfassen sind (Südbeck et al. 2005), empfiehlt sich auch die Durchführung eines passiven akustischen Monitorings, mit dem auch qualitativ aussagekräftigere und nachvollziehbare Ergebnisse erzielbar sind. Ebenfalls ließen sich mittels geeigneter statistischer Modelle und unter Berücksichtigung verschiedener Umweltvariablen (z.B. Habitatstrukturen wie Waldflächen, Bäche/Flüsse, Moore, offene Waldflächen, Exposition und Senken/Feuchtstellen) Revieranzahl und Reviergrößen besser schätzen (Strebel et al. 2018). So können beispielsweise durch gezielte kleinräumige Standortverschiebungen, auch unter Berücksichtigung der gesamten benötigten Flächeninanspruchnahme und Zuwegung, Beeinträchtigungen möglichst gering gehalten werden.

Die Waldschnepfe ist in neun hessischen Vogelschutzgebieten als Schutzgut und Zielart in den Standard-Datenbögen aufgeführt. Darunter sind auch fast alle größeren Wald-Vogelschutzgebiete in Hessen mit weit über 200.000 ha Waldfläche. In diesen Gebieten hat der Erhalt und ggf. die Wiederherstellung von günstigen Lebensbedingungen und Populationen damit eine besondere Priorität. Zugleich sind einige dieser VSG aber auch für die Windenergienutzung vorgesehen bzw. diese ist in einzelnen Gebieten auch schon lange Realität. Diese (potenzielle) Konfliktsituation erfordert ein besonders sensibles Vorgehen bei der Planung, denn anders als bei „prominenten“ Arten, wie beispielsweise dem Schwarzstorch, ist Bestandssituation und lokale Verbreitung der versteckt lebenden Waldschnepfe auch in den besser untersuchten Vogelschutzgebieten oft nur ungenau bekannt. Neben der besonderen

Bedeutung von feuchten strukturreichen Waldflächen als Fortpflanzungslebensraum wird von mehreren Autoren auch die Bedeutung höher gelegener Plateaulagen in Mittelgebirgen als Balzlebensraum betont, was eine besondere Betroffenheit der Waldschnepfe durch WEA bedeuten kann (z. B. Brauneis 2019). Auch diese vorliegende Studie zeigt, dass Waldschnepfen-Männchen regelmäßig in topografisch exponierten Lagen balzen. Es sollte daher in den für die Waldschnepfe ausgewiesenen Vogelschutzgebieten im Zuge von Windenergieplanungen dringend eine vertiefte Erfassung der Waldschnepfe stattfinden, um mögliche Beeinträchtigungen des Erhaltungszustands der Waldschnepfe in den VSG zu ermitteln und ggf. zu vermeiden oder angemessen zu kompensieren.

5.2 Fördermaßnahmen der Bestandspopulationen im Wald

Zur Förderung der Brutvorkommen der Waldschnepfe sind grundsätzlich unterschiedliche Maßnahmentypen möglich, wobei aufgrund fehlender wissenschaftlicher Untersuchungen über die langfristige Wirksamkeit der Umsetzung solcher Maßnahmen in Bezug auf die Bestandsentwicklung der Art ein begleitendes Monitoring zu empfehlen ist. Fördermaßnahmen sollten in der Regel in Waldbeständen mit einer bereits vorliegenden Grundeignung für die Waldschnepfe umgesetzt werden. Eine flächendeckende Neuanlage bzw. Optimierung von Lebensräumen ist hierbei aufgrund der Größe der Aktionsräume dieser Art nicht sinnvoll und möglich. Die für die Art geeigneten Lebensräume sind daher punktuell, auch durch mehrere verteilt liegende Maßnahmenflächen, aufzuwerten.

Folgende Maßnahmen zur Förderung der Waldschnepfenbestände werden empfohlen (LANUV 2019, Bauer et al. 2005, Hahn et al. 2005):

- Maßnahmen zur Entwicklung der Waldstruktur:
 - Erhaltung und Entwicklung von lichten Laub- und Mischwäldern, insbesondere von Bereichen mit feuchten Birken- und Erlenbrüchen, mit gut entwickelter Kraut- und Strauchschicht, stocherfähigem Boden und Nass- und Feuchtstandorten
 - Umwandlung von Monokulturen in standortstypische Laub- oder Mischwälder, insbesondere an Nass- und Feuchtstandorten
 - Entwicklung und Pflege von Waldlichtungen und Blößen
 - Anlage und Pflege von Gehölz-Jungwuchsflächen, wobei kleinere bevorzugt feuchtere Bereiche nur mit niedrig wachsenden Gehölzen oder gar keinen aufgeforstet werden sollte.

- Auflichtung bei geschlossenem Kronendach und fehlender Krautschicht durch die gezielte Entnahme von Gehölzen und Sträuchern
- Belassen von Wurzeltellern und liegendem Totholz (z.B. nach Windwurf) als Deckungsstruktur
- Extensive Nutzung von Waldwiesen
- Maßnahmen zur Erhöhung der Bodenfeuchte wie z.B.:
 - Wiedervernässung und/oder Anhebung des Grundwasserstandes im Wald durch Verschließen von Ablaufgräben, ggf. auch durch Anlage von Regenrückhaltebecken
 - Wiedervernässung auch von Nahrungshabitaten im angrenzenden Offenland
 - Rückbau von Drainagen sowie Verzicht auf Unterhalt ebensolcher
 - Anlage kleiner Mulden und Senken mit Flachwasser oder Kleingewässer
 - Wiedervernässung von Mooren
 - Entnahme von Nadelhölzern (z.B. Fichten) entlang von Fließgewässerrauen
- Vermeidung anthropogener Störungen an den Brutplätzen (März bis Ende Juli), insbesondere durch Verzicht von Forstarbeiten während der Brutzeit (April-Juli) sowie Absperren von Bereichen und Wegen zur Beruhigung des Lebensraums
- Vermeidung weiterer Habitatfragmentierung geeigneter Waldgebiete (z.B. durch den Bau von Straßen)
- Mehrere Autoren betonen den Erhalt von feuchten Extensivwiesen auch außerhalb, aber angrenzend an die geschlossenen Waldflächen als wichtige Nahrungslebensräume.
- Besondere Berücksichtigung der Art bei der Planung von neuen Nutzungsansprüchen in Waldgebieten, wie aktuell besonders die umfangreichen Mountainbike-Trail-Gebiete in verschiedenen Mittelgebirgen.
- Keine Bejagung auf gesamteuropäischer Ebene, vor allem nicht in Deutschland, wo es noch zulässig ist.

Soweit es sich um Maßnahmen handelt, die aufgrund projektbedingter Beeinträchtigungen umzusetzen sind, wie sie z. B. durch den Bau von WEA, aber auch durch andere Vorhaben (vor allem Straßen) oder auch durch eine intensive forstwirtschaftliche Nutzung entstehen können, wird mangels aussagekräftiger wissenschaftlicher Studien hilfsweise als Kompensation und zur Verbesserung des Habitatangebotes pro betroffenem Revier insgesamt mind. 1 ha Maßnahmenfläche, d. h. im Verhältnis 1:1, empfohlen (LANUV 2019). Bei einer Betroffenheit von mehreren Paaren wäre nach LANUV (2019) jedoch aufgrund der überlappenden Reviere ein linearer Anstieg des Maßnahmenflächenbedarfs nicht erforderlich. Gleichwohl sollten bei höheren Dichten auch umfangreichere Maßnahmen durchgeführt werden. Ein ausreichender Abstand der Maßnahmenfläche zu potenziellen Stör- und

Gefahrenquellen ist hierbei sicherzustellen. Wiederkehrende Pflegemaßnahmen zur Funktionssicherung sind hierbei ebenfalls regelmäßig durchzuführen.

6. Zitierte und eingesehene Literatur und verwendete Datenquellen

- Andris, K. & K. Westermann (2002): Brutverbreitung, Brutbestand und Aktionsraum-Größe der Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) in der südbadischen Oberrheinebene. – Naturschutz südl. Oberrhein 3, S. 113-128.
- Baierlein, F., J. Dierschke, V. Dierschke, V. Salewski, O. Geiter, K. Hüppop, U. Köppen & W. Fiedler (2014): Atlas des Vogelzuges – Ringfunde deutscher Brut- und Gastvögel. – AULA-Verlag, Wiebelsheim.
- Bauer, H., Bezzel, E., und Fiedler, W. (2005): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Alles über Biologie, Gefährdung und Schutz, 2. Aufl., (Wiebelsheim: Aula).
- Bende, A. & R. László (2021): Breeding biology of the Woodcock (*Scolopax rusticola* L.) in the Carpathian Basin. – Ornis Hungarica 2021. 29(1): 126–138.
- Bende, A. R. Laszlo (2022): Spectrum of animal and plant in the diet of Woodcock (*Scolopax rusticola* L.) based on literature data. – Ornis Hungarica 30 (2): 188-194.
- BFN [Bundesamt für Naturschutz](2022): Fachinformationssystem FFH-VP-Info: „Raumbedarf und Aktionsräume von Arten“ (Stand: 10.02.2022). Teil 2: Vogelarten der Vogelschutzrichtlinie. – <https://ffh-vp-info.de/FFHVP/Page.jsp?name=raumbedarf>.
- Bohnenstengel T., Rocheteau V., Delmas M., Vial N., Rey E., Homberger B. & Y. Gonseth (2020). Projet national sur la Bécasse des bois, Rapport final. – Info fauna, Neuchâtel.
- Brauneis Dr. J. (2019) : Wie windkraftsensibel ist die Waldschnepfe wirklich ? Beobachtungen und Bemerkungen aus dem nordosthessischen Bergland. Orn. Mitteilungen 71, S.139-148.
- Brauneis Dr. J. (2014) : Beobachtungen und Betrachtungen zur Frühjahrsbalz der Waldschnepfe im nordosthessischen Bergland. Orn Mitteilungen 66, S.223-232.
- Bristow, T., McHugh N., Heward C., Jenkins D., Newson S. und Snaddon J. (2022): Vocal individuality measures reveal spatial and temporal variation in roding behaviour in Woodcock *Scolopax rusticola*. Ibis 165 (3).

- Brüngger, M. & F. Estoppey (2008): Exigences écologiques de la Bécasse des bois *Scolopax rusticola* dans les Préalpes de Suisse occidentale. (Habitatnutzung der Waldschnepfe *Scolopax rusticola* in den Westschweizer Voralpen). – Nos Osieaux 55: 3-22.
- Dorka, U., F. Straub & J. Trautner (2014): Windkraft über Wald – kritisch für die Waldschnepfenbalz? – Naturschutz und Landschaftsplanung 46 (3): 69-78.
- Dürr, T. (2023): Vogelverluste an Windenergieanlagen in Deutschland - Stand: 9. August 2023. – Daten der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesumweltamt Brandenburg.
- Ehrmann Dr. O. (2012): Auswirkungen des Klimawandels auf die Regenwürmer Baden-Württembergs. Hrsg: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, LUBW. <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/>
- Ferrand, Y. 1987. Reconnaissance acoustique individuelle de la bécasse des bois (*Scolopax rusticola*) à la croule. *Gibier Faune Sauvage* 4: 241–254.
- Ferrand, Y., Aubry P., Landry P., Priol P. (2013): Responses of Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola* to simulated hunting disturbance. *Wildl. Biol.* 19:19-29
- Fritz, H.-G. (2000): Waldschnepfe – *Scolopax rusticola*. – In: Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz (Hrsg.): Avifauna von Hessen, 4. Lieferung, 17 S.
- Fritze, E. (1997): Zum Brutvorkommen der Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) im Eichsfeld. – Beiträge zur Vogelwelt des Eichsfeldes. Heiligenstadt, S. 55-56.
- Garniel, A. & U. Mierwald (2010): Arbeitshilfe Vögel und Straßenverkehr. Bericht zum Forschungsprojekt FE 02.286/2007/LRB "Entwicklung eines Handlungsleitfadens für Vermeidung und Kompensation verkehrsbedingter Wirkungen auf die Avifauna. – Forschungsprojekt im Auftrag von: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach: 115 Seiten.
- Gatter, W. (2000): Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa. – Aula Verlag, Wiebelsheim.
- Gebhardt, L. & W. Sunkel (1954): Die Vögel Hessens.- Frankfurt (Kramer).
- Gedeon, Kai, Christoph Grüneberg, Alexander Mitschke, Christoph Sudfeldt, Werner Eikhorst, Stefan Fischer, Martin Flade, Stefan Frick, Ingrid Geiersberger, Bernd Koop, Mathias Kramer, Thorsten Krüger, Norbert Roth, Torsten Ryslavy, Frank Schlotmann, Stefan

- Stübing, Stefan R. Sudmann, Rolf Steffens, Frank Vökler und Klaus Witt (2014): Atlas Deutscher Brutvogelarten. Stiftung Vogelmonitoring Deutschland und Dachverband Deutscher Avifaunisten. Hohenstein-Ernstthal und Münster.
- Gittings, T. (2019): Castlebanny wind farm: Woodcock surveys 2019 (1912-F1) (Whitegate, Co. Cork). – <https://castlebannyplanning.ie/wp-content/uploads/2021/01/Appendix%207-5%20-%20Woodcock%20survey.pdf>
- Glutz v. Blotzheim, U. N., K. M. Bauer & E. Bezzel (1977): Handbuch der Vögel Mitteleuropas, Bd. 7 (Charadriiformes, 2. Teil). - AULA, Wiesbaden.
- Glutz von Blotzheim; U.N.; Bauer, K.M. & E. Bezzel (1986): Handbuch der Vögel Mitteleuropas, Band 7.Charadriiformes (2. Teil). Schnepfen-, Möwen- und Alkenvögel. – Aula-Verlag. Wiesbaden. 893 S.
- Hagemeijer, W. J. M. & M. J. Blair (Hrsg.) (1997): The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance. - Poyser. London.
- Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz (HGON) (2000): Avifauna von Hessen, Bd. 4. Eigenverlag, Eczell.
- Heward, C. W., Conway G. J., und Hoodless A. (2019): Influence of Weather on the Eurasian Woodcocks Breeding Display. 11th American Woodcock Symposium 2019.
- Heward, C., A. Hoodless, G. Conway, R. Fuller, A. MacColl & N. Aebischer (2018): Habitat correlates of Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola* abundance in a declining resident population. – Journal of Ornithology 159: 955-965.
- Hill A. P., Prince P., Covarrubias E. P., Doncaster C.P., Snaddon J.L., and Rogers A. (2018): The AudioMoth: Evaluation of a smart open acoustic device for monitoring biodiversity and the environment. Methods in Ecology and Evolution. May 2018, Pages 1199-1211.
- Hirons G. J. M. und Johnson T. H. (1987): A quantitative analysis of habitat preferences of Woodcock *Scolopax rusticola* in the breeding season. IBIS 129: 371-381
- Hirons, G. J. M. & R. B. Owen (1982): Radio Tagging as an Aid to the Study of Woodcock. In: Cheeseman, C. L. & R. B. Mitson (Hrsg.): Telemetric studies of vertebrates. – Symp. Zoological society London 49: 132-159.
- Hirschfeld, A. & G. Attard (2017): Vogeljagd in Europa – Analyse von Abschusszahlen und Auswirkungen der Jagd auf den Erhalt bedrohter Arten. – Berichte zum Vogelschutz 53/54: 15-42.

HMUKLV & HMWEVW (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz & Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen) (2020): Verwaltungsvorschrift (VwV) „Naturschutz/Windenergie“, Stand 17.12.2020. – Wiesbaden.

Holderried, P. (2022): Methoden-Entwicklung Waldschneppen-Monitoring - Kartierungsbericht 2022. <https://www.fva-bw.de/waldschneppen>

Holderried, P. Coppes J. und Günther D. (2022): Ganz Ohr - Bioakustisches Monitoring und automatisierte Arterkennung der Waldschneppen. Posterpublikation. <https://www.fva-bw.de/waldschneppen>

Holz, R. & D. Sellin (1981): Untersuchungen zur Verbreitung und Ökologie der Waldschneppen (*Scolopax rusticola*) in Nordostmecklenburg (DDR) mit Hilfe einer Rasterkartierung. – Zool. Jb. Syst. 108: 36–50.

Hölzinger, J. (1987): Waldschneppen – *Scolopax rusticola* (Linné, 1758). In Hölzinger, J. (Bearb.): Die Vögel Baden-Württembergs. Band 1: Gefährdung und Schutz. Teil 2: Artenschutzprogramme Baden-Württemberg. Artenhilfsprogramme. – Ulmer-Verlag, Stuttgart, S. 996-1000.

Hölzinger, J. & M. Boschert (2001): Die Vögel Baden-Württembergs, Nicht-Singvögel Bd. 2. – Ulmer, Stuttgart.

Homberger, B., Mollet, P. & M. Gruebler (o. Jg.): Habitatnutzung der Waldschneppen im Neuenburger Jura während der Brutzeit. Schlussbericht. Schweizerische Vogelwarte Sempach. – http://www.unine.ch/files/live/sites/cscf/files/Documents_telecharger/B%20c3%a9casse%20de%20bois/Schlussbericht_habit_V9.pdf.

Hoodless, A. N., Hiron, G. (2007). Habitat selection and foraging behaviour of breeding Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola*: A comparison between contrasting landscapes. – Ibis 149 (Suppl.2): 234-249.

Hoodless, A. N., Inglis, J. G., Doucet J.-P. und Aebischer N (2008): Vocal individuality in the roding calls of Woodcock *Scolopax rusticola* and their use to validate a survey method. Ibis (2008), 150, 80–89

Horst, F. (1980): Die Vögel des Odenwaldes. – Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 18: 1-96.

- Huntley, B., R.E. Green, Y. C. Collingham & S. G. Willis (2007): A climatic atlas of European breeding birds. – Durham University, The RSPB and Lynx-Edicions, Barcelona.
- Kahl, S. 2020. Identifying Birds by Sound: Large-Scale Acoustic Event Recognition for Avian Activity Monitoring. Promotionsarbeit an der Technischen Universität Chemnitz.
- Kahl, S., Wood C. M., Eibl M., and Klinck H. (2021): BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. *Ecological Informatics* 61.
- Kalchreuter, H. (1979): *Die Waldschnepfe*. – Verlag Dieter Hoffmann, Mainz.
- Keller, V. et al. (2020): European Breeding Bird Atlas 2: Distribution, Abundance and Change. – EBCC & Lynx, Barcelona.
- Kreuziger, J. (2008): Kulissenwirkung und Vögel: Methodische Rahmenbedingungen für die Auswirkungsanalyse in der FFH-VP. – Vilmer Expertentagung 29.09.-01.10.2008 „Bestimmung der Erheblichkeit unter Beachtung von Summationswirkungen in der FFH-VP – unter besonderer Berücksichtigung der Artengruppe Vögel“, Tagungsbericht S. 117-128.
- Kreuziger, J., Korn, M., Stübing, S. & Eichler, L., Georgiev, K., Wichmann, L., Thorn, S. (2022): Rote Liste der bestandsgefährdeten Brutvogelarten Hessens, 11. Fassung. – Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz & Staatliche Vogelschutzwarte für Hessen, Echzell, Gießen.
- LAG-VSW [Länder-Arbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten] (2007) Abstandsregelungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogellebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten. – Ber. Vogelschutz 44: 151-153.
- LAG-VSW [Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten] (2015): Abstandsempfehlungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogellebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten (Stand April 2015). – Ber. Vogelschutz 51: 15-42.
- Lampe, T., A. Duscher & F. Reimoser (2008): EU-Vogelschutzrichtlinie. Europäische Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*). Gutachten zur Anwendungen der Richtlinie 79/409/EWG des Rates vom 2. April 1979 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten. – Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie, Veterinärmedizinische Universität, Wien.

- Langgemach, T. & J. Bellebaum (2005): Prädation und der Schutz bodenbrütender Vogelarten in Deutschland. – Vogelwelt 126: 259-298.
- Langgemach, T. & T. Dürr (2023): Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. Entwurf, Stand 9. August 2023. – Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Staatliche Vogelschutzwarte, Buckow.
- LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz] (2019): Geschützte Arten in Nordrhein-Westfalen. Waldschnepfe. – <https://artenschutz.naturschutzinformationen.nrw.de/artenschutz/de/arten/gruppe/voegel/kurzbeschreibung/103137>.
- Lanz, M. (2008): Lebensraumpotenzial und Habitatnutzung der Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen. – Diplomarbeit an der Züricher Hochschule für angewandte Wissenschaften, 40 S.
- Lauha, P., Somervu P., Lehtikoinen P., Geres L., Richter T., Seibold S., Ovaskainen O. (2022): Domain-specific neural networks improve automated bird sound recognition already with small amount of local data. *Methods in Ecology and Evolution* 2022; 13:2799-2810
- Mollet, P. (2015): Die Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) in der Schweiz - Synthese 2014. – Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Mollet P., Estoppey F., Korner P. und Lanz M. (2021): Analyse des émissions vocales de la Bécasse des bois *Scolopax rusticola* et estimation du nombre de mâles en croule: un test pratique. *Nos Oiseaux* 68/2, 2021/544
- Mulhauser, B. und Zimmermann J.-L. (2010): Individuelle Erkennung und Bestandserfassung bei der Waldschnepfe *Scolopax rusticola* anhand von Gesangsmerkmalen balzender Männchen. *Der Ornithologische Beobachter* / Band 107 / Heft 1 / März 2010.
- Mullet, T.C., Farina A., Gage S.H. (2017): The Acoustic Habitat Hypothesis: An Ecoacoustics Perspective on Species Habitat Selection. *Biosemiotics* 10, 319-336.
- Müller, F. (1989): Über die Auswirkungen von Renaturierungsmaßnahmen im NSG „Rotes Moor“ auf die Vogelwelt, insbesondere „Wiesenbrüter“ und deren Eignung als Biotop-Indikatoren. – *Telma*, Beiheft 2: 181-195.
- Nemetschek, G. (1977): Beiträge zur Biologie und Ökologie der der Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*). – Dissertation Georg-August-Universität Göttingen.

- Nyenhuis, H. (1995): Feindbeziehung zwischen Waldschnepfe (*Scolopax rusticola* L.), Raubwild und Wildschwein (*Sus scrofa* L.). – Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 162: 174–180.
- Perez-Granados P. (2023): BirdNET: applications, performance, pitfalls and future opportunities. *Ibis* (2023), 165, 1068–1075
- Petermann, P. & M. Werner (2018): Artenhilfskonzept für den Ziegenmelker (*Caprimulgus europaeus*) in Hessen. – Gutachten der Staatlichen Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland, Frankfurt/M, Bürstadt, 60 S.
- PNL [Planungsgruppe für Natur und Landschaft] (2012): Abgrenzung relevanter Räume für windkraftempfindliche Vogelarten in Hessen. Avifauna-Gutachten zum LEP. – Gutachten im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung sowie der Staatlichen Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland, Hungen.
- Rehling, F., Delius A., Ellerbrok J., Farwig N, Peter F. (2023): Wind turbines in managed forests partially displace common birds. *Journal of Environmental Management* 328 (2023).
- Reichenbach M., Reers H., Günther, F., Grimm, J. und Martin, R. (2022): Auswirkungen von WEA auf die akustische Aktivität ausgewählter Waldvogelarten. Schriftenreihe des Bundesamtes für Naturschutz, Nr. 643.
- Reichenbach, M., R. Brinkman, A. Kohnen, J. Köppel, K. Menke, H. Ohlenburg, H. Reers, H. Steinborn & M. Warnke (2015): Bau- und Betriebsmonitoring von Windenergieanlagen im Wald. Abschlussbericht 30.11.2015. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
- Rheinwald, G. (1993): Atlas der Verbreitung und Häufigkeit der Brutvögel Deutschlands – Kartierung um 1985. Schriftenr. Dachverband Dt. Avifaunisten 12.
- Richter, E. (1998): Ornithologische Umfrage bei den Forstbeamten im Landkreis Waldeck-Franckenberg. – Vogelkundliche Hefte Edertal 24: 35-44.
- Runkel, V., Gerding G & Marckmann U (2018): Handbuch: Praxis der akustischen Fledermauserfassung 2. Aufl. - Hamburg: tredition GmbH 260 S.
- Ryslavy, T., H.-G. Bauer, B. Gerlach, O. Hüppop, J. Stahmer, P. Südbeck & C. Sudfeldt (2020): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands – 6. Fassung, 30. September 2020.

- Schmal, G. (2015): Empfindlichkeit von Waldschnepfen gegenüber Windenergieanlagen – ein Beitrag zur aktuellen Diskussion. – Naturschutz und Landschaftsplanung 47(2): 43-48.
- Schöller, J. (2023): Waldschnepfen und die Windkraft. Erfahrungsbericht aus dem Waxenberger Forst. Der Falke 1/2023, S.7-11.
- Schreiber, M. (2016): Abschaltzeiten für Windkraftanlagen zur Vermeidung und Verminderung von Vogelkollisionen. Handlungsempfehlungen für das Artenspektrum im Landkreis Osnabrück. Unterlagen des 1. Runden Tisches Vermeidungsmaßnahmen am 24. Februar 2016 in Hannover. http://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veranstaltungen/Runder_Tisch_Vermeidungsmaßnahmen/1._Runder_Tisch_24.02.2016/Studie_Abschaltzeiten_Dr._Schreiber_LKR_Osnabarueck_2016.pdf.
- Skibbe, A., Gießing, B., Gießing, K., Ludwigs, J.-D., Schidelko, K. Stiels, D. & C. Wolf (2009): Erste Ergebnisse der telemetrischen Untersuchungen an der Waldschnepe *Scolopax rusticola* in der Wahner Heide. – Kölner Ornithologische Berichte 1: 17-27.
- Spekat A., Enke W., Keienkamp F.: Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2007; umweltbundesamt.de (PDF; 7,3 MB)
- Sprötge, M. (2021): Waldschnepe (*Scolopax rusticola*), Landkreis Osterholz, Niedersachsen. Darstellung und Diskussion der Monitoringergebnisse aus den Jahren 2017, 2018 und 2019 im Rahmen des 7. Runden Tisches Vermeidungsmaßnahmen (10.03.2021). – Planungsgruppe grün, Bremen.
- Stade, J. (1985): Feststellungen zum Balz- und Brutverhalten der Waldschnepe (*Scolopax rusticola*) nach Beobachtungen im Westerwald. – Naturschutz und Ornithologie in Rheinland-Pfalz 4 (1): 135-155.
- Straub, F., Trautner, J. & U. Dorka (2015): Die Waldschnepe ist „windkraftsensibel“ und artenschutzrechtlich relevant. Entgegnung zum Beitrag von Schmal (2015) im Kontext der Publikation von Dorka et al. (2014). – Naturschutz und Landschaftsplanung 47(2):49-58.

- Strebel, N., S. Wechsler & T. Sattler (2018): Die Verbreitung der Waldschnepfe in der Schweiz. Erstellung der Verbreitungskarte für den Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Stübing, S., Korn, M., Kreuziger, J. & M. Werner (2010): Vögel in Hessen. Die Brutvögel Hessens in Raum und Zeit. Brutvogelatlas. Hrsg.: Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz, Echzell.
- Südbeck, P., H. Andretzke, S. Fischer, K. Gedeon, T. Schikore, K. Schröder & C. Sudfeldt (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. - Radolfzell.
- Sunkel, W. (1926): Die Vogelfauna von Hessen. – Johs. Braun Verlag, Eschwege.
- Thieurmel B., Elmarhraoui A. (2022): suncalc: Compute Sun Position, Sunlight Phases, Moon Position and Lunar Phase. R package version 0.5.1, <<https://CRAN.R-project.org/package=suncalc>>.
- Venez, C. (2019): Earthworm availability in the Jura Mountains to the Eurasian Woodcock (*Scolopax rusticola*) during the breeding season. – Master Thesis in Biology, Université de Neuchâtel.
- VSW & HGON (2014): Rote Liste der bestandsgefährdeten Brutvogelarten Hessens, 10. Fassung. – HMKLV, Wiesbaden.
- Wissenschaftliche Dienste – Deutscher Bundestag (Hrsg.): *Extreme Wetter- und Naturereignisse in Deutschland in den vergangenen 20 Jahren*. WD 8 - 3000 – 049/16, 29. Juni 2016 (bundestag.de [PDF; 3,6 MB]).
- Zellweger, F. & Bollmann, K. (2018): Projektschlussbericht Modellierung der Habitateignung für die Waldschnepfe im Jura: Anforderungen bezüglich biotischen und abiotischen Umweltfaktoren. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL). Birmensdorf. – http://www.unine.ch/files/live/sites/cscf/files/Documents_telecharger/B%c3%a9casse%20de%20bois/Becasse-model_WSL18.pdf.

Impressum

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Abteilung Naturschutz
Europastr. 10, 35394 Gießen

Tel.: 0641 / 200095 58
Fax: 0641 / 200095 62

Web: www.hlnug.de
Twitter: https://twitter.com/hlnug_hessen

E-Mail Dezernat N3: vogelschutzwarte@hlnug.hessen.de

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit schriftlicher Genehmigung des HLNUG

Ansprechpartner Dezernat N3, Vogelschutzwarte

Dr. Simon Thorn 0641 / 200095 38
Dezernatsleitung

Dr. Manuela Merling de Chapa 0641 / 200095 34