



Habitatnutzung der Waldschnepfe im Neuenburger Jura während der Brutzeit

Schlussbericht

Benjamin Homberger, Pierre Mollet und Martin Gruebler

Zusammenfassung

In den Jahren 2016 und 2017 wurden im Neuenburger Jura mehrere Waldschnepfenmännchen gefangen und per VHF-Telemetrie während der Brutzeit von April bis Juli regelmässig lokalisiert. Für 20 dieser Vögel konnten mit den vorhandenen Daten "Streifgebiete" bestimmt werden, also Waldgebiete, die von den Vögeln tagsüber genutzt wurden. Diese Waldgebiete wurden verglichen mit jenen, in denen keine Streifgebiete angelegt waren. Zusätzlich wurden auch innerhalb der Streifgebiete bevorzugte von eher gemiedenen Waldbereichen unterschieden. Die Waldschnepfen etablierten ihre Streifgebiete bevorzugt in Wäldern mit gut entwickelter Strauchschicht, doch mit lückiger Krautschicht, mit gut entwickelten Beständen an Feuchtigkeit anzeigenden Pflanzen, mit vielen der für Kalkgebiete charakteristischen Karrenfeldern und mit einem Boden-pH zwischen 5 und 6. Gemieden wurden fragmentierte Wälder, d.h. solche, die von vielen offenen Weiden durchsetzt waren, solche, die von vielen geteerten Strassen durchquert wurden und solche, in denen eine relativ hohe Belastung durch Lichtmissionen besteht. Damit übereinstimmend gab es innerhalb der Streifgebiete ebenfalls eine Präferenz für lückige Krautschicht und wenig Fragmentierung durch offene Weiden, zusätzlich auch eine Präferenz für lückigen Kronenschluss und für eine hohe Dichte an ungeteerten Wegen. Die Waldschnepfe bevorzugt deshalb grössere, zusammenhängende Wälder mit einem guten Nahrungsangebot und möglichst wenig Störung durch Menschen.

1 Einleitung

Das Verbreitungsgebiet der Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) in der Schweiz ist in den vergangenen 20 Jahren deutlich kleiner geworden (Brüngger et al. 2007, Mollet 2015, Mulhauser & Zimmermann 2015, Knaus et al. 2018). Die Waldschnepfe ist insbesondere fast aus dem ganzen Mittelland sowie aus grossen Teilen des zentralen und östlichen Jura verschwunden. Die Schwerpunkte der Verbreitung liegen heute im westlichen Jura und entlang des Alpennordrandes (Knaus et al. 2018), wobei es im westlichen Jura ebenfalls Hinweise auf Bestandsrückgänge gibt (Mulhauser & Zimmermann 2015, Zimmermann & Santiago 2019). Die Ursachen für diese negative Entwicklung sind weitgehend unbekannt. Vermutet werden Veränderungen im Waldaufbau (Verdichtung, Verdunkelung) oder der Bodenbeschaffenheit (Versauerung, Entwässerung, welche sich negativ auf das Nahrungsangebot auswirken), Störung, Prädation oder erhöhte Mortalität, verursacht durch die Jagd (Mollet 2015, Prieto et al. 2019).

In Mitteleuropa scheint die Waldschnepfe als Lebensraum zur Brutzeit grossflächige Wälder zu bevorzugen (Andris & Westermann 2002). Die Art bewohnt grundsätzlich sowohl Nadel- als auch Laub- und Mischwälder. Im Jura allerdings meidet die Waldschnepfe Wälder mit einem hohen Laubholzanteil (Zellweger & Bollmann 2018). Die Struktur des Waldes, sowohl in der Baum- als auch in der Strauch- und in der Krautschicht, scheint für die Habitatsignung eine entscheidende Rolle zu spielen (Hirons & Johnson 1987, Mulhauser 2001, Andris & Westermann 2002, Brüngger & Estoppey 2008).

Grundsätzlich ist über den bevorzugten Lebensraum zur Brutzeit wenig bekannt, denn die meisten früheren Untersuchungen stützten sich auf die Lokalisation von Männchen während der Balzflüge, und die Resultate beruhen auf den für die Balz aufgesuchten Wäldern, die nicht zwingend mit dem für die Nahrungssuche und Fortpflanzung bevorzugten Lebensraum übereinstimmen müssen. Nur Hirons & Johnson (1987) in England sowie Brüngger & Estoppey (2008) in den Waadtländer Voralpen (kleine Stichprobe von 6 telemetrierten Vögeln) arbeiteten mit Telemetrie und konnten darum die Waldschnepfen auch ausserhalb der abendlichen Balzflüge lokalisieren.

Aufgrund dieser dünnen Datenlage hinsichtlich der bevorzugten Waldstrukturen zur Brutzeit beschloss die Schweizerische Vogelwarte im Jahr 2015, sich mit wesentlichen Mitteln an einem wissenschaftlichen Projekt zu beteiligen, welches das Bundesamt für Umwelt (BAFU) im Jahr zuvor gestartet hatte, und das vom Centre Suisse de cartographie de la faune (CSCF) koordiniert wurde. Im Rahmen dieses Projekts wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Federn geschossener Schnepfen wurden einer Isotopenanalyse unterzogen, mit dem Ziel, die Herkunft (bzw. die Brutgebiete) der erlegten Vögel zu identifizieren. Die WSL verglich mittels Fernerkundungsdaten (LiDAR) auf Landschaftsebene für den ganzen Jurabogen die Struktur von Wäldern, die heute von der Waldschnepfe besiedelt sind, mit solchen, die von der Waldschnepfe als Lebensraum aufgegeben worden waren (Zellweger & Bollmann 2018). Sie nutzte dafür die Daten aus

dem Brutvogelatlas der Schweizerischen Vogelwarte. Diese Präsenz-Datenpunkte bestehen zu fast 100% aus Beobachtungen balzender Männchen.

Die Vogelwarte beteiligte sich am umfangreichsten Teil des Forschungsprojekts: einer Telemetriestudie auf lokaler, kleinräumiger Ebene im Neuenburger Jura. Mit Sendern ausgestattete Vögel wurden regelmässig geortet. Die Struktur der Wälder, in denen sich die Waldschnepfen häufig aufhielten, wurde detailliert analysiert, um eine möglichst genaue Beschreibung der von der Waldschnepfe zur Brutzeit bevorzugten Wälder zu erhalten, und zwar unabhängig vom Balzverhalten. Dabei orientierten wir uns an den wenigen bereits publizierten Resultaten und untersuchten den Einfluss der verschiedenen Vegetationsschichten (Andris & Westermann 2002, Boschert & Westermann 2003, Hoodless & Hirons 2007, Brünger & Estoppey 2008), der Bodenbeschaffenheit, die sich auf das Nahrungsangebot auswirkt (Duriez et al. 2005, Ferrand & Gossmann 2009) sowie der Fragmentierung der Wälder und anderer Einflüsse des Menschen (Ferrand & Gossmann 2009, Dorka et al. 2014, Irwin 2018, Zellweger & Bollmann 2018) auf das Vorkommen und die Nutzung von Streifgebieten.

Daneben lieferte das Projekt auch Daten zur Frage, wann die einheimischen Brutvögel im Herbst wegziehen.

Im vorliegenden Bericht beschreiben wir die Methoden und Resultate zu den während der Brutzeit bevorzugten Wäldern und Waldstrukturen. Die Resultate zum Wegzug im Herbst werden vom CSCF im Schlussbericht über das Forschungsprojekt vorgestellt.

2 Material und Methoden

2.1 Art und Studiengebiet

Die Waldschnepfe ist innerhalb der Paläarktis die einzige Art innerhalb der Familie der Schnepfenartigen (Scolopacidae), die stärker an den Wald als an Feuchtgebiete oder Gewässer gebunden ist. Ihr Brutgebiet erstreckt sich von der nördlichen Iberischen Halbinsel und Grossbritannien ostwärts entlang des gemässigten und borealen Waldgürtels bis nach Japan (Ferrand & Gossmann 2009). Sie ist wie die meisten Schnepfenartigen eine Zugvogelart, die während der kalten Jahreszeit aus ihrem Brutgebiet nach Süden bzw. Westen ausweicht. Während des Zugs und im Winterquartier werden Waldschnepfen häufig auch ausserhalb des Waldes, z.B. auf Viehweiden oder in Rebbergen, angetroffen. Die Hauptnahrung der Waldschnepfe sind bodenlebende Invertebraten wie Regenwürmer und Insektenlarven, welche sie durch Stochern im Boden mit dem mit einem feinen Tastsinn ausgestatteten langen Schnabel findet (Ferrand & Gossmann 2009).

Das Studiengebiet deckt ungefähr die westliche Hälfte des Kantons Neuenburg sowie einen kleinen Teil des nördlichen Waadtländer Jura ab und umfasst eine Fläche von ca. 225 km². Das Val de Travers (Kanton NE) liegt im Zentrum des Gebiets (Abb. 2). Der Untergrund des Gebiets ist, wie meist im Jura, charakterisiert durch poröse Kalkböden, die Wasser meist nur kurzfristig halten. Etwa zwei Drittel des Gebiets sind bewaldet. Die häufigsten Baumarten sind Fichte, Buche und Weisstanne. Auch Föhren und Eichen sind recht verbreitet, aber nur

auf exponierten und meist trockenwarmen Standorten vorhanden. In den höheren Lagen sind halboffene Übergangszonen zwischen offener Weide und Wald recht weit verbreitet.

2.2 Fang und Ausrüstung mit Sendern

In den Jahren 2016 und 2017 wurden mehrere Dutzend Waldschnepfen mit zwei Methoden gefangen: mit Hochnetzen und mit Keschern. Beim Fang mit Hochnetzen werden diese bis zu 12 m hohen Netze an einem Punkt im Wald aufgestellt, an dem regelmässig balzende Männchen zu beobachten sind. Mit Klangattrappen ("Firestorm", Foxpro Inc., Lewistown, USA) sowie mit visuellen Attrappen wurden die Männchen während des Vorbeiflugs in die Netze gelockt. Die Methode mit den Keschern wurde in der Zeit unmittelbar vor der Balz sowie nach der Brutzeit praktiziert. Zu diesen Jahreszeiten halten sich Waldschnepfen öfter auf offenen Weiden und Wiesen auf (Ferrand et al. 2008). Werden sie dort mit einem Scheinwerfer geblendet, bleiben sie in der Regel im Lichtkegel sitzen und können von jemandem, der sich ausserhalb des Lichtkegels nähert, mit einem grossen Kescher gefangen werden (Benítez-López et al. 2011).

Für den Fang mit Hochnetzen mussten erst die Waldbestände identifiziert werden, in denen regelmässig Balz stattfindet. Dazu wurden zu Beginn des Projekts alle Meldungen über balzende Waldschnepfen in den Datenbanken der Schweizerischen Vogelwarte ausgewertet. Darauf aufbauend wurde begonnen, an einzelnen Punkten innerhalb dieser Balzgebiete Schnepfen zu fangen. Im Laufe des Projekts wurde durch regelmässiges, abendliches Suchen nach balzenden Schnepfen im gesamten Projektperimeter die Anzahl möglicher Fangpunkte deutlich erweitert. Schlussendlich wurden im Verlauf der Jahre 2016 und 2017 an insgesamt 18 Punkten mit Hochnetzen Waldschnepfen gefangen (Abb. 2). Für den Fang mit Keschern auf offenen Flächen wurden Wiesen und Weiden, die uns dazu geeignet schienen, abends mit Scheinwerfern auf Waldschnepfen kontrolliert. Wurden Vögel angetroffen, so wurde versucht, sie möglichst rasch per Kescher zu fangen.

Alle gefangenen Schnepfen wurden vermessen und fotografiert. Die Vögel wurden dann mit Aluringen der Schweizerischen Vogelwarte beringt, mit VHF Backpacks Sendern (TW3, 9 g, Biotrack, ungefähr 3% des Körpergewichts) ausgestattet und unmittelbar danach freigelassen. Details über Fangmethoden und Fangenerfolg sind in den Projekt-Jahresberichten der Jahre 2016 und 2017 enthalten (Rocheteau et al. 2016, Rocheteau et al. 2017).

2.3 Telemetriedesign

Die besenderten Vögel wurden zwischen April und Ende Juli der Jahre 2016 und 2017 jeweils tagsüber, von 7:00 bis 19:00 Uhr, mit der "homing in"-Methode (Kenward 2001) regelmässig lokalisiert. Alle Lokalisationen wurden unmittelbar im Feld auf einem Tablet-Computer (Samsung SM-T365) erfasst. Die Genauigkeit jeder Peilung wurde geschätzt und als Kategorie miterfasst. Ziel war es, während der Brutzeit mindestens alle 3 Tage eine Peilung pro Vogel zu machen. Wir lokalisierten die Vögel primär tagsüber, denn gemäss den aktuell verfügbaren Daten scheint die Waldschnepfe während der Brutzeit in erster Linie tagaktiv zu sein (Brüngger & Estoppey 2008, Ferrand & Gossmann 2009, Braña et al. 2013). Zusätzlich wurden einzelne Vögel ab und zu auch während der Nacht lokalisiert.

2.4 Lebensraumanalyse auf zwei räumlichen Ebenen

Habitatpräferenzen einer Art können auf verschiedener räumlicher Ebene untersucht werden (Meyer & Thuiller 2006), denn auch die Entscheidungen der Habitatwahl laufen auf verschiedenen Ebenen ab. Innerhalb der hier vorgestellten Studie analysierten wir die Habitatpräferenzen der Waldschnepfe auf zwei räumlichen Ebenen. Erstens untersuchten wir, in welchen Waldbeständen innerhalb unseres Studiengebiets Waldschnepfen-Streifgebiete vorkommen, und wie sich diese Waldbestände gegenüber denjenigen unterscheiden, in denen die Waldschnepfe keine Streifgebiete anlegt (Vorkommen von Streifgebieten). Zweitens untersuchten wir, welche Bereiche innerhalb der Streifgebiete stark oder nur schwach genutzt wurden (Nutzung innerhalb Streifgebiete).

Zuerst definierten wir das für die Analysen relevante Studiengebiet (verfügbarer Lebensraum), indem wir um sämtliche Peilungen aus der Brutzeit der Jahre 2016 und 2017 ein Minimum-Konvex-Polygon legten (Abb. 2).

Anschliessend bestimmten wir, basierend auf den Telemetriedaten, für 20 Männchen Streifgebiete (Abb. 2). Dazu verwendeten wir die "Kernel density"-Methode (Worton 1989, Calenge 2006). Zusätzlich zur Bestimmung der Streifgebiete erlaubt es die Methode, die Nutzung des Lebensraums innerhalb der Streifgebiete zu berechnen. Wir bestimmten für jedes Streifgebiet die Bereiche, die von den Waldschnepfen intensiv genutzt wurden (30% kernel density). Anschliessend berechneten wir Bereiche mit 60% sowie mit 95% kernel density. Damit entstehen rund um den Bereich intensiver Nutzung zwei ring-ähnliche Flächen. Die innere (60% kernel density) kennzeichnet den Bereich mit weniger intensiver, die äussere (95% kernel density) denjenigen mit seltener Nutzung durch die Waldschnepfe (Abb. 2).

Im nächsten Schritt definierten wir Punkte, auf denen wir Daten aufnehmen wollten, um damit die Strukturen der genutzten mit denjenigen der gemiedenen Wälder zu vergleichen. Pro Streifgebiet legten wir 20 solche Punkte fest, und zwar jeweils gleichmässig über die intensiv, mittelstark und selten genutzten Bereiche verteilt (Abb. 2). Die damit entstandenen 400 Präsenzpunkte, basierend auf 20 individuellen Streifgebieten, wurden anschliessend ergänzt durch 200 weitere Punkte ausserhalb der Streifgebiete (Pseudo-Absenz; Abb. 2). Diese zusätzlichen Punkte lagen innerhalb des Studiengebiets sowie innerhalb des Waldes gemäss Swisstopo-Waldtonfarbe, aber ausschliesslich in Wäldern, für die es keinerlei Hinweise auf Präsenz von Waldschnepfen gab. Dazu kontrollierten wir erstens die Datenbanken der Schweizerischen Vogelwarte auf entsprechende Waldschnepfen-Meldungen. Zweitens benutzten wir die Positionsdaten von Waldschnepfen, die im Rahmen desselben BAFU-Forschungsprojekts im selben Perimeter und in denselben Jahren mit ARGOS-Sendern ausgestattet waren und permanent Daten über ihren Aufenthaltsort lieferten. Drittens berücksichtigten wir optische und akustische Waldschnepfenbeobachtungen, die im Rahmen des Projekts, z.B. während der Balzplatzsuche, gemacht wurden.

Auf allen diesen insgesamt 600 Punkten erhoben wir anschliessend die Variablen für die Beschreibung der Wälder (Tab. 1). Weitere Variablen wurden nicht im Feld, sondern auf der Basis existierender digitaler Datensätze erhoben (siehe auch Tab. 1).

Das räumliche Design für die Erhebungen im Feld bestand aus einem Quadrat mit 40 m Diagonale (demnach 800 m² Fläche) sowie fünf kleinen Flächen zu je 1 m², je eine an allen Ecken sowie eine im Zentrum des grossen Quadrats (Abb. 3). Die Variablen wurden teilweise auf den ganzen 800 m², teilweise auf der Hälfte davon und teilweise auf den fünf 1 m²-Flächen erhoben (Tab. 1). Auf allen fünf kleinen Flächen wurde zur Schätzung des Kronenschlusses ein Bild vertikal nach oben gemacht. Die Dichte der Strauchschicht wurde viermal geschätzt mit der Methode nach Nudds (1977): Im zentralen Kleinquadrat (B in Abb. 3) wurde ein 2 m hohes, leuchtend weisses Kunststoffrohr mit 25 cm Durchmesser aufgestellt. Von allen vier Eckpunkten A aus (Distanz 20m) wurde darauf der sichtbare Anteil des Rohrs auf 10% genau geschätzt.

2.5 Statistische Analyse

Welche Habitatvariablen das Vorkommen der Streifgebiete im Studiengebiet sowie die Nutzung innerhalb der Streifgebiete erklärten, analysierten wir mittels Resource Selection Functions (Manly 2004) und mittels Resource Utilization Functions (Marzluff et al. 2004).

Die Qualität der Modelle quantifizierten wir mittels sogenannter "conditional R²"-Werten, welche den Anteil der erklärten Varianz am Gesamtmodell angeben (Nakagawa & Schielzeth 2013). Erst kalkulierte wir diese R²-Werte für zwei Modelle, die unter Verwendung aller Variablen einerseits das Vorkommen von Streifgebieten im Projektperimeter, andererseits die Nutzung innerhalb der Streifgebiete beschrieben. Anschliessend berechneten wir vier weitere Modelle, die ebenfalls die erklärte Varianz für das Vorkommen von Streifgebieten innerhalb des Projektperimeters beschrieben, aber nur auf der Basis jeweils einer Kategorie von Variablen (Vegetation, Bodenbeschaffenheit, bodennahe Kleinstrukturen, Störungen).

Damit Variablen mit übermässig vielen Nullwerten und solche mit starker Korrelation mit anderen Variablen wurden weggelassen. Unimodale Effekte (Optima) wurden durch quadratische Terme getestet, falls möglich und sinnvoll (Tab. 1) und verblieben in den Modellen, falls relevant (Tab. 2). Benachbarte Waldbestände sind sich per se ähnlicher als räumlich weit entfernte, was zu räumlicher Autokorrelation führen kann (Otis & White 1999). Diese räumliche Autokorrelation wurde berücksichtigt, indem Habitaterhebungen auf Punkten, die nahe beieinander lagen, zusammen gruppiert wurden, und diese räumlichen Cluster als Zufallseffekt in gemischte-Effekte-Modellen (Bates et al. 2015) mitberücksichtigt wurden. Die Werte für Kraut- und Strauchschicht nahmen über den Zeitraum der Erhebungen (Juli bis Oktober) linear ab. Diese Variablen wurden deshalb mit einem linearen Modell auf das Datum korrigiert, indem nur die Residuen weiterverwendet wurden. Das Vorkommen der Streifgebiete innerhalb des Studiengebiets wurde mittels eines binomialen gemischte-Effekte-Modells ausgewertet. Die Nutzungsintensität innerhalb der Streifgebiete bzw. ihre Beziehung zu den Lebensraumvariablen wurde ebenfalls mittels gemischter Effekte Modelle analysiert. Alle Analysen wurden in den open source Programmen R 3.5.1 und QGIS 3.2.3 durchgeführt.

3 Resultate

3.1 Generelle Muster aus der Telemetrie

Die mittlere Grösse der Streifgebiete der besenderten Männchen während der Brutzeit lag bei 164 ha im 2016 und bei 129 ha im 2017. Das kleinste Streifgebiet umfasste 50 ha, das grösste 270 ha. Die Raumnutzung war individuell sehr verschieden. Einige Individuen besetzten in beiden Jahren mehr oder weniger dieselben Streifgebiete. Andere wiederum besetzten in beiden Jahren unterschiedliche Streifgebiete. Es gab sogar Individuen, die im selben Jahr unterschiedliche Streifgebiete nutzten, in Wäldern, die mehrere Kilometer voneinander entfernt lagen. Die Vögel hielten sich, wie erwartet, grösstenteils auch in der Nacht in denselben Gebieten auf wie am Tag. Anhand von über 50 nächtlichen Lokalisierungen verschiedener Individuen ausserhalb der abendlichen Balzzeiten konnten wir das bestätigen. Zudem konnten wir zur Brutzeit kaum Nachweise besenderter Vögel ausserhalb des Waldes erbringen. Unsere Telemetriedaten weisen im Weiteren darauf hin, dass die Vögel während des Tages kontinuierlich aktiv waren und kaum längere Ruhephasen einhielten.

3.2 Qualität der Modelle

Das Modell über das Vorkommen von Streifgebieten konnte 55% der Gesamtvarianz in den Daten erklären. Verwenden wir nur die Variablen einer der vier Kategorien Vegetation, Bodenbeschaffenheit, Bodennahe Kleinstrukturen und Störungen, erklären die Modelle 19%, 28%, 14% bzw. 40% der Varianz. Mit dem Modell zur Nutzung innerhalb der Streifgebiete (Verwendung aller Variablen) konnten wir 9.4% der Varianz erklären. (Abb. 4).

3.3 Vegetation (Krautschicht, Strauchschicht, Kronenschluss, Laubholzanteil)

Das Modell mit den Variablen der Kategorie Vegetation erklärte 19% der Varianz (Abb. 4). Sowohl das Vorkommen von Streifgebieten als auch die Nutzung innerhalb der Streifgebiete war mit der Krautschicht negativ assoziiert (Tab. 2, Abb. 5). Im Fall der Nutzung innerhalb der Streifgebiete war die Assoziation zudem signifikant (Tab. 2). Das bedeutet: Streifgebiete kommen eher dort vor, wo die Deckung der Krautschicht bis 10 cm verhältnismässig gering ist. Auch innerhalb der Streifgebiete werden Bereiche mit geringer Krautschicht eher genutzt. Die *Petasites*-Arten (Tab. 1) spielten dabei für die Krautschicht kaum eine Rolle, da sie meist vereinzelt oder in kleinen Beständen vorhanden waren, die maximal 10% der Gesamtfläche ausmachten. Andere Hochstaudenfluren waren in den Waldbeständen nicht vorhanden.

Streifgebiete kommen eher in Waldbeständen mit dichter Strauchschicht vor (Tab. 2, Abb. 6). Innerhalb der Streifgebiete war aber kein Zusammenhang zwischen Nutzung und der Ausprägung der Strauchschicht erkennbar. Wegen dieser Präferenz gab es wenige Streifgebiete mit geringer Ausprägung der Strauchschicht, was die Identifizierung eines Effektes der Strauchschicht auf die Nutzung innerhalb der Streifgebiete schwierig machte.

Das Vorkommen von Streifgebieten hing nicht mit dem Kronenschluss zusammen (Tab. 2), hingegen nutzten die Waldschnepfen innerhalb der Streifgebiete bevorzugt Bereiche mit geringem Kronenschluss (Tab. 2, Abb. 7).

3.4 Bodenbeschaffenheit (Häufigkeit der Pestwurz, Boden-pH)

Das Modell mit den Variablen der Kategorie Bodenbeschaffenheit erklärte 28% der Varianz (Abb. 4). Das Vorkommen von Streifgebieten zeigte einen positiven Zusammenhang mit der Abundanz des Feuchtigkeits-Zeigers Pestwurz (*Petasites* ssp.; Tab. 2, Abb. 8). Zudem lagen die Streifgebiete vor allem in Waldbeständen mit Boden-pH zwischen 5 und 6 (Abb. 9 links). Die Nutzung innerhalb der Streifgebiete war negativ mit dem pH-Wert des Bodens assoziiert (Abb. 9 rechts). Allerdings waren pH-Werte unter 5 wegen der Platzierung der Streifgebiete an Orten mit pH-Werten über 5 generell selten, bei den Messpunkten innerhalb der Streifgebiete gar kaum vorhanden.

3.5 Bodennahe Kleinstrukturen (Baumstämme, Baumstümpfe, Flächen bedeckt mit Karren und Ästen)

Das Modell mit den Variablen der Kategorie Kleinstrukturen erklärte 14% der Varianz (Abb. 4). Das Vorkommen von Streifgebieten war von der Fläche bedeckt von Karrenfeldern positiv, von der von Asthaufen bedeckten Fläche jedoch negativ beeinflusst (Tab. 2, Abb. 10). Auf die Nutzung innerhalb der Streifgebiete hatten diese beiden Variablen keinen erkennbaren Einfluss (Tab. 2). Bei allen anderen erfassten Strukturelementen wie Anzahl Stämme, Anzahl Wurzelteller oder Einzelsteine waren ebenfalls keine Zusammenhänge mit dem Vorkommen von Streifgebieten oder der Nutzung innerhalb von Streifgebieten erkennbar.

3.6 Störungen (Lichtimmissionen, Länge Grenzlinien, Laufmeter Asphaltstrassen, Laufmeter ungeteeter Wege)

Das Modell mit den Variablen der Kategorie Störungen erklärte 40% der Varianz (Abb. 4). Sowohl die Lichtimmissionen (Tab. 2, Abb. 11) als auch die Länge der Grenzlinien zwischen Wald und Offenland (Tab. 2, Abb. 12 links) beeinflussten das Vorkommen von Streifgebieten negativ. Die Länge der Grenzlinien beeinflusste zudem auch die Nutzung innerhalb der Streifgebiete negativ (Tab. 2, Abb. 12 rechts).

Bei den Strassen bzw. Wegen war das Bild differenzierter. Die Laufmeter an Asphaltstrassen beeinflusste das Vorkommen von Streifgebieten deutlich negativ, die Laufmeter an ungeteerten Wegen jedoch positiv (Tab. 2, Abb. 13). Asphaltstrassen und ungeteerte Wege waren moderat negativ korreliert (Pearsons Korrelationskoeffizient: -0.24).

4 Diskussion

Die Resultate dieser Studie zeigen, dass die Waldschnepfe während der Nahrungssuche grossflächige Wälder mit wenig Störung, mit vielen feuchten Stellen, mittleren Boden-pH-Werten und gut ausgebildeten Strauchschichten bevorzugt. Der Einfluss der weitaus meisten Faktoren (Dichte der Strauchschicht, Vorkommen von Feuchtigkeitszeigern, Fläche an

Karrenfeldern und Asthaufen, Lichtimmissionen sowie Laufmeter an asphaltierten Strassen und ungeteerten Wegen) konnte nur auf der übergeordneten räumlichen Ebene gezeigt werden, auf der die Waldschnepfen entscheiden, wo sie Streifgebiete anlegen. Auf die Nutzungsintensität innerhalb der Streifgebiete hatten diese Variablen keinen messbaren Einfluss. Beim Kronenschluss war es umgekehrt. Diese Variable beeinflusste die Nutzungsintensität innerhalb der Streifgebiete, scheint aber bei der Entscheidung über das Anlegen von Streifgebieten keine Rolle zu spielen. Bei drei weiteren Variablen konnten wir zeigen, dass sie sowohl das Anlegen von Streifgebieten im Untersuchungsgebiet als auch die Nutzungsintensität innerhalb der Streifgebiete beeinflussten: Die Dichte der Krautschicht, der Boden-pH sowie die Länge der Grenzlinien zwischen Wald und Offenland.

4.1 Vegetation

In guten Lebensräumen muss grundsätzlich Deckungsstruktur in Form einer relativ dichten Strauchschicht vorhanden sein. Der Boden sollte aber für Nahrungssuche und Fortbewegung zugänglich bleiben (→ lückige Krautschicht).

Diese Resultate bestätigen erstens diejenigen von Brünger & Estoppey (2008), deren besenderte Waldschnepfen tagsüber ebenfalls Wälder mit dichter Strauch- und lückiger Krautschicht bevorzugten. Weiter zeigen sie, dass die Vögel auch während der Nahrungssuche Wälder mit dichter Strauchschicht bevorzugen und nicht nur über Wäldern mit dichter Strauchschicht balzen, wie das Zellweger & Bollmann (2018) zeigen konnten. Wir nehmen an, die Bevorzugung dichter Strauchschichten hängt mit der stark auf visuelle Tarnung ausgerichteten Lebensweise der Waldschnepfe zusammen (Braña et al. 2013).

Allerdings fanden wir in unserer Untersuchung den positiven Effekt der Strauchschicht nur beim Vorkommen der Streifgebiete, nicht aber bei der Nutzung innerhalb der Streifgebiete. Die möglichen Gründe dafür könnten die folgenden sein:

- Der Effekt ist bei der Nutzung innerhalb der Streifgebiete zwar vorhanden, aber nicht mehr sichtbar, weil es zu wenig Flächen mit gering ausgeprägter Strauchschicht hatte.
- Die Waldschnepfe hat für die Nahrungssuche und die Fortbewegung keine eigentliche Präferenz für dichte Strauchschichten, ist aber darauf angewiesen, dass welche in der Nähe sind, damit sie sich bei allfälligen Attacken durch Greifvögel wie z.B. Habicht sofort in dichte Bereiche zurückziehen kann.
- Bereiche mit dichter Strauchschicht und deshalb guter Sichtdeckung sind möglicherweise wichtig für brütende und führende Weibchen. Auch wenn sich die Männchen gemäss aktuellem Wissensstand nicht am Brutgeschäft beteiligen, könnte es sein, dass sie sich zur Brutzeit in der Nähe der Weibchen aufhalten, die für die Brut und vor allem für die Jungenaufzucht eine dichte Strauchschicht bevorzugen. Die wenigen Daten, die zur Raumnutzung von Weibchen zur Brutzeit existieren, zeigen jedenfalls, dass sich die Neststandorte oft innerhalb der Streifgebiete der Männchen befinden (Leischnig 1980, Hirons 1983).

Von Waldschnepfen bevorzugte Wälder haben nicht nur eine dichte Strauch-, sondern auch eine lückige Krautschicht. Der Effekt trat in unserer Studie auf beiden räumlichen Ebenen auf: sowohl bei der Etablierung von Streifgebieten als auch bei der Nutzungsintensität

innerhalb der Streifgebiete. In anderen Studien wurde eine solche Bevorzugung von lückiger Krautschicht ebenfalls schon nachgewiesen, auch in solchen, wo mit Telemetrie gearbeitet wurde und die Daten damit unabhängig vom Balzverhalten waren (Hirons & Johnson 1987, Brüngger & Estoppey 2008). In England hielten sich die untersuchten Waldschnepfen z.B. häufig in Bingelkraut-Ahornwäldern auf, die in Bodennähe relativ offen und leicht passierbar waren (Hoodless & Hirons 2007). Bei der Kanadaschnepfe (*Scolopax minor*), einer nahe verwandten Art aus Nordamerika, wurde ebenfalls festgestellt, dass intensiv genutzte Bereiche eine ausgeprägte Strauchschicht, aber geringe Krautschicht aufwiesen (Rabe 1977 in Hoodless & Hirons 2007). Den wahrscheinlichen Hauptgrund dafür sehen wir darin, dass eine dichte Krautschicht nicht nur die Fortbewegung am Boden erschwert, sondern auch den Nahrungserwerb für Altvögel und vor allem für die Küken behindern könnte (Ferrand & Gossmann 2009).

Die deutliche positive Korrelation zwischen dem Vorkommen von Streifgebieten und der Abundanz von Pestwurz ist wohl darauf zurückzuführen, dass Pestwurz ein Zeiger für nährstoffreiche Böden ist, die auch während des Sommers permanent feucht bleiben (Landolt & Bäumler 2010). In solchen Böden ist das Angebot an Regenwürmern und bodenlebenden Insektenlarven höher als in anderen Böden (Duriez et al. 2005). Auf den ersten Blick scheint widersprüchlich, dass Waldschnepfen einerseits stark deckende Krautschicht meiden und gleichzeitig Bestände mit gut entwickelter Pestwurz-Vegetation bevorzugen. Allerdings bedeckten die Pestwurzbestände jeweils nur einige m² innerhalb der 800 m² messenden Untersuchungsflächen, auch in Fällen, wo es gemäss Protokoll "viel" Pestwurz hatte. Die Daten sind deshalb nicht widersprüchlich, sondern zeigen, dass zur Nahrungssuche Wälder aufgesucht wurden, die eine lückige Krautschicht, aber auch feuchte Bodenstellen aufwiesen.

4.2 Bodenbeschaffenheit

Waldschnepfen bevorzugen Wälder mit einem leicht sauren Boden-pH (5 - 6) und versuchen, sowohl deutlich saure als auch basischere Böden zu meiden. Das ist sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass in diesen leicht sauren Böden das Nahrungsangebot ideal ist (Duriez et al. 2005, Hoodless et al. 2009). Regenwürmer zeigen artspezifische Präferenzen für pH-Werte im Boden. Insbesondere die häufigen, vertikal grabenden Arten, die durch ihre Grösse für die Waldschnepfe wichtig sein könnten, weil sie einen hohen Anteil an der Regenwurmbiomasse bilden, nutzen mässig saure Böden mit pH Werten >5 (Jänsch et al. 2013). Darüber, wie sich die Abundanz von Regenwürmern von mässig sauren bzw. neutralen Böden hin zum basischeren Milieu verändert, wissen wir nichts. Es könnte aber sein, dass alkalische Böden sehr viel weniger Regenwürmer enthalten als leicht saure. Zumindest sind alkalische Böden in der Regel stark kalkhaltig, karg und nährstoffarm, was gemäss Edwards (2004) eine generell geringe Dichte an Bodenorganismen zur Folge hat.

Im Jahr 2018 konnten wir im Rahmen einer Masterarbeit das Nahrungsangebot in unserem Studiengebiet genauer untersuchen (Venetz 2019). Tatsächlich waren Regenwurmdichten und Biomasse in unserem Untersuchungsgebiet am höchsten in Böden mit einem pH Wert

nahe 6. Sowohl das Vorkommen von Streifgebieten als auch die Nutzung innerhalb derselben hingen mit hohen Regenwurmdichten zusammen (Venetz 2019).

4.3 Bodennahe Kleinstrukturen

Streifgebiete der Waldschnepfe kamen vor allem dort vor, wo Karrenfelder den Boden bedecken. Dieser Zusammenhang könnte sowohl mit dem Nahrungsangebot als auch mit der Deckung zu tun haben. Als Karrenfelder hatten wir die für Kalk typischen Felsenstrukturen erfasst, die abwechselnd aus Fels und dazwischen liegenden Senken bestehen. In diesen Senken finden sich lockere, humöse Böden, die für die Waldschnepfe leicht begehbar sind und möglicherweise ein gutes Nahrungsangebot aufweisen, weil sie auch in den warmen Sommermonaten feucht bleiben. Es ist bekannt, dass Steine an der Bodenoberfläche den Feuchtigkeitsrückhalt im Boden gerade in trockenen Perioden begünstigen, was seit prähistorischen Zeiten als Strategie zur Landkultivierung genutzt wird (Lightfoot & Eddy 1994). Gut möglich also, dass diese Senken gerade in den trockenen Sommermonaten Refugien für Bodenorganismen bilden und deshalb bei Waldschnepfen beliebte Nahrungssuchplätze sind. Dass die Waldschnepfen die Karrenfelder tatsächlich nutzten, wurde durch unsere Telemetriearbeit bestätigt. Starke Signalschwankungen beim Lokalisieren von besenderten Vögeln zeigten an, dass der Vogel aktiv war, sich aber an Orten mit Karrenfeldern immer wieder in ein Signal-Loch hineinbewegte und kurz darauf wieder hervorkam. Auch Brüngger & Estoppey (2008) berichten aus den Schweizer Voralpen, dass Flächen aus Blockschutt und Grünerlengebüsch durch die Waldschnepfe tagsüber häufig genutzt wurden.

Das Resultat, dass dicht mit Asthaufen bedeckte Flächen negativ mit dem Vorkommen von Streifgebieten assoziiert sind, erklären wir mit der reduzierten Begehbarkeit solcher Strukturen für Waldschnepfen.

4.4 Störung

Lichtimmissionen haben sich in unserer Studie indirekt auf die Vorkommenswahrscheinlichkeit der Waldschnepfe ausgewirkt, denn tagsüber spielt Kunstlicht keine Rolle. Aber Waldschnepfen meiden Wälder, die hohe Lichtimmissionen aufweisen, zur abendlichen Balz (Zellweger & Bollmann 2018). Ausserdem verlassen sie im Winter den Wald für die Nahrungssuche auf offenen Feldern erst, wenn es ausreichend dunkel ist (Braña et al. 2010). Beides ist wahrscheinlich ein Verhalten, das der Vermeidung von Prädation durch tagaktive Greifvögel dient, denn sowohl auf den Balzflügen als auch bei der Nahrungssuche auf offenem Feld sind die Waldschnepfen visuell sehr exponiert. Wir vermuten jedoch, dass die Waldschnepfe, über Prädatorenvermeidung hinaus, ganz generell Wälder zu meiden trachtet, die stark durch nächtliche Lichtimmissionen belastet sind, und diese Meidung sich nicht nur bei der Balz, sondern auch bei der Habitatwahl während des Tages manifestiert. Direkte und indirekte Beeinflussung des Verhaltens durch nächtliches Kunstlicht wurde schon für viele Organismen nachgewiesen (Gaston et al. 2013, Bliss-Ketchum et al. 2016, Irwin 2018).

Möglicherweise veranlasst zusätzlich auch Störung durch häufige Präsenz von Menschen die Waldschnepfen zur Meidung jener Wälder, die durch Lichtimmissionen stark belastet

sind. Im Jura sind die beiden Variablen Lichtimmissionen und Gebäudedichte korreliert (Zellweger & Bollmann 2018), und wir vermuten, dass Störung durch Präsenz von Menschen in der Nähe von Gebieten mit einer hohen Gebäudedichte häufiger ist als weit von Siedlungen entfernt.

Indirekte Effekte spielen möglicherweise auch bei der Länge der Wald-Offenland-Grenze eine Rolle. Die Länge dieser Grenze steht für Fragmentierung und häufig auch für eine Art genereller Zugänglichkeit. Stark fragmentierte Wälder werden häufiger von Prädatoren aufgesucht (Marini et al. 1995), allenfalls auch von Menschen. Die Meidung solcher Wälder wäre demnach für die Waldschnepfe eine Strategie zur Minimierung von Prädation und Störung.

Wälder mit vielen asphaltierten Strassen wurden von den Waldschnepfen gemieden, doch das Vorhandensein ungeteeter Wege wirkte sich positiv auf die Präsenz von Streifgebieten aus. Dabei spielen die Nutzung durch den Menschen sowie die Grösse der Strassen und Wege eine möglicherweise entscheidende Rolle. Asphaltierte Strassen sind homogene Oberflächen. Sie zerschneiden die Lebensräume viel stärker als ungeteerte Wege und können als Barrieren wirken. Auch kann entlang von verkehrsreichen Strassen die Dichte an Prädatoren erhöht sein, die dort nach verunfallten Wildtieren suchen (Planillo et al. 2018). Möglich wäre auch, dass Waldschnepfen Teerstrassen meiden, weil dort, je nach Verkehrsaufkommen, regelmässig Lichtimmissionen auftreten.

Dagegen werden die vielen ungeteerten Wege höchstwahrscheinlich deutlich weniger von Menschen benutzt als die wenigen Teerstrassen. Auf den ungeteerten Waldwegen herrscht ein generelles Fahrverbot. Die positive Wirkung von ungeteerten Wegen hat allenfalls mit kleinen Senken zu tun, die auf solchen Erschliessungen häufig sind und nach Regenfällen oft tagelang nass bleiben, bevor sie wieder austrocknen. Solche Stellen scheinen für Waldschnepfen zur Nahrungsaufnahme interessant zu sein (Brüngger & Estoppey 2008, Lanz 2008). Zudem bilden ungeteerte Wege Strukturen mit vegetationsfreien Böden und offenem Kronendach. Auf solchen Wegen können sich die Vögel einerseits am Boden einfach fortbewegen, und andererseits haben sie Übersicht nach oben. Auf den Wegen bleibt die Tarnung der Waldschnepfe zudem besser gewährleistet als auf hellen, uniformen Asphaltstrassen.

Im Gegensatz zur Länge der ungeteerten Wege und dem Vorkommen der Streifgebiete im Studiengebiet fanden wir keinen Zusammenhang zwischen der Länge der ungeteerten Wege und der Nutzung innerhalb der Streifgebiete. Das könnte daran liegen, dass die Dichte der ungeteerten Wege innerhalb der Streifgebiete räumlich einigermassen homogen verteilt war und somit wenig Varianz zwischen den Streifgebieten vorhanden war.

4.5 Qualität der Modelle

Die erklärte Varianz war im Modell über das Vorkommen von Streifgebieten wesentlich grösser als im Modell zur Nutzung innerhalb der Streifgebiete. Eine solche Abnahme der erklärten Varianz mit zunehmender räumlicher Auflösung ist ein bekanntes Muster und insofern nicht weiter erstaunlich (Meyer & Thuiller 2006): Je geringer die räumliche

Auflösung der Untersuchung, desto stärker beeinflussen Messfehler, z.B. Ungenauigkeiten in der Handtelemetrie, und Zufallseffekte die Resultate.

Vor allem das erste Modell konnte demnach einen wesentlichen Teil der Gesamtvarianz erklären, wobei wie bei allen ökologischen Feldstudien ein grosser Teil der Varianz unerklärt blieb (Møller & Jennions 2002). Beim Vergleich der erklärten Varianzen zwischen Modellen, die jeweils nur die Variablen einer Kategorie (Vegetation, Bodenbeschaffenheit, bodennahe Kleinstrukturen oder Störungen) enthielten, zeigte sich, dass anthropogene Faktoren, die mit Präsenz von Menschen und damit potenziell mit Störung verbunden sind, den grössten Einfluss das Vorkommen der Waldschnepfe während der Brutzeit haben. Dabei wirkt sich eine dieser Variablen positiv aus (ungeteerte Wege), die anderen negativ. Anthropogene Faktoren sollten bei der Planung von Lebensraumaufwertungen auf jeden Fall berücksichtigt werden.

Auch die Bodenbeschaffenheit ist sehr wichtig, was sich sowohl beim Vorkommen von Streifgebieten wie auch für die Nutzung innerhalb der Streifgebiete zeigte. Durch die Art der Nahrungssuche kann die Waldschnepfe als Spezialistin bezeichnet werden, die stark an die die Verfügbarkeit von Bodeninvertebraten gebunden ist.

Weniger relevant scheinen aufgrund unserer Analysen die Vegetation und die Kleinstrukturen. Die Varianzen der Variablen dieser Kategorien waren jedoch relativ gering. Passende Vegetation und Kleinstrukturen waren in den meisten Waldbereichen unseres Studiengebiets vorhanden und waren somit keine Ausschlusskriterien für die Waldschnepfe. Interessant wäre dazu ein Vergleich mit Wäldern im Mittelland, die teilweise intensiver bewirtschaftet werden und aus denen die Waldschnepfe als Brutvogel verschwunden ist. Ein weiterer Grund, warum Variablen der Kategorien Vegetation und Kleinstrukturen weniger wichtig erschienen, könnten Messungenauigkeiten sein. Das Abschätzen von Vegetationsdichten und das Zahlen von Kleinstrukturen ist immer ein Stück weit abhängig vom subjektiven Eindruck des Beobachters, zudem Witterungsbedingungen und Tages- und Jahreszeit oft ein Rolle.

4.6 Offene Fragen

Unsere Studie erlaubt fast ausschliesslich Aussagen über die Raumnutzung der Männchen. Offenbar decken sich aber die Lebensräume von Männchen und Weibchen zur Brutzeit zumindest teilweise (Hirons & Johnson 1987) und die Männchen balzen bevorzugt in Gebieten, die auch für die Weibchen attraktiv sind (Hirons 1983). Die wenigen Daten, die über das Verhalten von Weibchen existieren, zeigen, dass Weibchen während der Brutzeit sehr empfindlich reagieren können und nach einer Störung beim Brutgeschäft das Nest kaum wieder aufsuchen und die Brut aufgeben (Hirons 1983). Zudem entfernen sich Weibchen nach Gelegeverlust oft relativ weit vom Brutort, um Ersatzgelege zu etablieren (Hirons 1983). Es gelang uns im Jahr 2018, ein Weibchen vor der Brutzeit zu fangen (Fang mit Hochnetzen am 5. April 2018 bei Plans Dernier), mit einem VHF-Sender zu versehen und während der ganzen Brutsaison regelmässig zu lokalisieren (Abb. 13). Dieses Weibchen unternahm zwischen Ende April und Ende Juni 2018 drei Brutversuche, die alle scheiterten.

Die räumliche Distanz zwischen dem ersten und dem zweiten sowie zwischen dem zweiten und dem dritten Brutort betrug jeweils rund 8 km. Die Tageseinstände dieses Weibchens sowie alle drei Neststandorte lagen gemäss Telemetrie innerhalb oder in unmittelbarer Nähe von Waldbeständen, in denen auch regelmässig Männchen lokalisiert wurden (Abb. 13).

5 Fazit

Die Datengrundlage der vorliegenden Studie erlaubt es, statistisch robuste Aussagen über die Raumnutzung der Waldschnepfen-Männchen zu machen und eine Beurteilung der entscheidenden Lebensraumvariablen vorzunehmen. Interessant ist dabei der Vergleich mit den Resultaten von Zellweger & Bollmann (2018), die im Rahmen desselben BAFU-Forschungsprojekts für den ganzen Jurabogen eine Analyse der Waldschnepfenhabitate auf grosser, räumlicher Ebene vornahmen. Für die Präsenz bzw. Absenz der Waldschnepfe verwendeten sie Daten des Brutvogelatlas der Schweizerischen Vogelwarte (Knaus et al. 2018), welcher im wesentlichen auf den Beobachtungen balzender Männchen in den Abendstunden beruht, die Tageseinstände also ausklammert. Für die Beschreibung der Wälder wurden ausschliesslich Fernerkundungsdaten verwendet. Trotz der methodischen Unterschiede konnten wir mit unseren Erhebungen auf wesentlich kleinerer räumlicher Ebene mehrere Resultate bestätigen: die positive Wirkung gut entwickelter Strauchschichten, die Bevorzugung grossflächig zusammenhängender Wälder durch die Waldschnepfe sowie die negative Wirkung von Lichtimmissionen. Unsere Erkenntnis, dass dauerfeuchte Böden bevorzugt werden (Präsenz von Feuchtigkeitszeigern), decken sich mit dem Resultat von Zellweger & Bollmann (2018), dass Niederschlag sich positiv auf die Vorkommenswahrscheinlichkeit der Waldschnepfe auswirkt. Interessant ist auch die positive Wirkung der Variable "Bodenrauheit" bei Zellweger & Bollmann (2018). Unsere Resultate, dass das Vorhandensein von Karrenfeldern sich positiv auf das Vorhandensein von Streifgebieten auswirkt, passt gut dazu.

Eine weitere Variable, die "Waldranddichte", hatte bei Zellweger & Bollmann (2018) keinen wesentlichen Einfluss, wogegen die Länge der Wald-Offenland-Grenzlinien in unserer Studie sich sowohl auf das Vorhandensein von Streifgebieten als auch auf die Nutzungsintensität innerhalb der Streifgebiete negativ auswirkte. Es ist plausibel, dass sich die Fragmentierung der Wälder auf die Balzaktivität weniger auswirkt als auf das Vorkommen und die Nutzung der Streifgebiete. Resultate, die denen von Zellweger & Bollmann (2018) widersprechen, gab es in unserer Studie keine.

Mehrere Resultate unserer Studie legen nahe, dass die Präsenz der Waldschnepfe und die Art, wie sie die Wälder nutzt, zumindest auf den beiden von uns untersuchten räumlichen Ebenen stark von der Verfügbarkeit der Nahrung abhängt (lückige Krautschicht, Karrenfelder, leicht saurer Boden-pH, Feuchtigkeitszeiger). Dazu passen die Resultate der Masterarbeit von Chris Venetz sehr gut, die zeigen, dass die Abundanzen von Regenwürmern bei Boden-pH zwischen 5 und 6 am grössten ist (Venetz 2019). Die Gefahr einer starken Versauerung von Böden im Jura durch Luftstickstoff scheint dank der Pufferung durch die kalkreichen Böden nicht besonders gross. Doch könnten solche

Versauerungen, und die vermutlich damit verbundenen Abnahmen in der verfügbaren Regenwurm-Biomasse, eine Ursache für das Verschwinden der Waldschnepfe aus den Wäldern des Mittellandes gewesen sein. Weiterführende Untersuchungen zur Regenwurm-Biomasse in den Mittellandwäldern wären hier sehr hilfreich.

Weiter scheinen Rückzugsmöglichkeiten bzw. visueller Schutz gegen Prädation durch Greifvögel wichtig zu sein (gut entwickelte Strauchschicht).

Überraschend deutlich waren die (negativen) Effekte von Lichtimmissionen, Fragmentierung der Waldfläche und Zerschneidung durch Asphaltstrassen. Auch wenn die ursächlichen Zusammenhänge bei diesen Faktoren bisweilen etwas schwierig zu interpretieren sind, ergibt sich doch das deutliche Bild einer Vogelart, welche Störung durch Menschen, sei es Licht, Lärm oder unmittelbare Präsenz von Menschen, zu meiden sucht. Ähnlich wie die Bevorzugung von leicht sauren bis neutralen Böden könnte auch das ein weiterer Grund für das Verschwinden der Waldschnepfe aus dem Mittelland gewesen sein.

Stellt man sich die Frage, welches die zielführenden Massnahmen zur Förderung der Waldschnepfe in der Schweiz sein könnten, lautet die Antwort: Einerseits kann der Waldschnepfe tatsächlich aktiv geholfen werden, mittels einer forstlichen Bewirtschaftung der Wälder, die die nötigen Strukturen erzeugt. Mindestens so wichtig ist aber, dass die potenziellen Lebensräume (grossflächige zusammenhängende Waldgebiete) von einer weiteren negativen Entwicklung verschont bleiben, dass also quasi nichts getan wird: keine weiteren Erschliessungen, keine Versiegelungen von Strassen, keine weitere Belastung durch Lichtimmissionen. Allfällige Fördermassnahmen sollten also in Wäldern umgesetzt werden, die möglichst wenig erschlossen und möglichst wenig fragmentiert sind.

Dank

Yves Gonseth und Thierry Bohnenstengel (CSCF)

Florian Zellweger und Kurt Bollmann (WSL)

Nicolas Bourquin (BAFU)

Feldteam: Vincent Rocheteau, Nicolas Vial, Marine Delmas, Karin Vincent, Samuel Jordan, Charlotte Warburton, Florence Bovay, Sandrine Seidel, Jan Naef

Bécassiers: Giuliano Viali, Henri Meister, Thierry Barbier, Victor Ulrick, Yves Lanoir, Francis Anker, Edgar Pfister

Technische Unterstützung: Andi Ryser, Adrian Aebischer, Erich Bächler, Pius Korner, Guido Haefliger, Beat Naef-Daenzer

Alle Bauern und Förster, die uns im Feld halfen oder erlaubten, ihre Weiden zu betreten

Dem Kanton Neuchâtel und dem Bundesamt für Umwelt für die Bewilligungen zum Fang und Besenderung sowie Beringung der Waldschnepfen

Literatur

- ANDRIS, K. & K. WESTERMANN (2002): Brutverbreitung, Brutbestand und Aktionsraum-Grösse der Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) in der südbadischen Oberrheinebene. Naturschutz südl. Oberrhein 3: 113–128.
- BATES, D., M. MÄCHLER, B. BOLKER & S. WALKER (2015): Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software 67.
- BENÍTEZ-LÓPEZ, A., F. MOUGEOT, C. A. MARTÍN, F. CASAS, M. CALERO-RIESTRA, J. T. GARCÍA & J. VIÑUELA (2011): An improved night-lighting technique for the selective capture of sandgrouse and other steppe birds. European Journal of Wildlife Research 57: 389–393.
- BLISS-KETCHUM, L. L., C. E. de RIVERA, B. C. TURNER & D. M. WEISBAUM (2016): The effect of artificial light on wildlife use of a passage structure. Biol. Conserv. 199: 25–28.
- BOSCHERT, M. & K. WESTERMANN (2003): Abwanderung männlicher Waldschnepfen (*Scolopax rusticola*) aus ihren brutzeitlichen Aktionsräumen nach dem Aufwuchs einer dichten Krautschicht. Naturschutz südl. Oberrhein 4: 35–36.
- BRAÑA, F., P. GONZÁLEZ-QUIRÓS, L. PRIETO & F. GONZÁLEZ (2013): Spatial distribution and scale-dependent habitat selection by Eurasian Woodcocks *Scolopax rusticola* at the south-western limit of its continental breeding range in northern Spain. Acta Ornithol. 48: 27–37.
- BRAÑA, F., L. PRIETO & P. GONZÁLEZ-QUIRÓS (2010): Habitat change and timing of dusk flight in the Eurasian woodcock: a trade-off between feeding and predator avoidance? Ann. Zool. Fenn. 47: 206–214.
- BRÜNGGER, M. & F. ESTOPPEY (2008): Exigences écologiques de la bécasse des bois *Scolopax rusticola* dans les préalpes de Suisse occidentale. Nos Oiseaux 55: 3–22.
- BRÜNGGER, M., F. ESTOPPEY, P. MOLLET, A. GERBER & R. SPAAR (2007): La Bécasse des bois sur le Plateau suisse - une disparition documentée. Inventaire des massifs forestiers du Plateau suisse recelant des informations sur la présence ou l'absence de la Bécasse des bois. Station ornithologique suisse, Sempach.
- CALENGE, C. (2006): The package “adehabitat” for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. Ecol. Modelling 197: 516–519.
- DORKA, U., F. STRAUB & J. TRAUTNER (2014): Windkraft über Wald - kritisch für die Waldschnepfenbalz? Naturschutz Landschaftsplanung 46: 69–78.
- DURIEZ, O., Y. FERRAND, F. BINET, E. CORDA, F. GOSSMANN & H. FRITZ (2005): Habitat selection of the Eurasian woodcock in winter in relation to earthworms availability. Biol. Conserv. 122: 479–490.
- EDWARDS, C. A. (2004): Earthworm Ecology. CRC Press, Boca Raton.
- FERRAND, Y. & F. GOSSMANN (2009): La bécasse des bois. Histoire naturelle. 1. Aufl. Effet de lisière, Saint-Lucien.

- FERRAND, Y., F. GOSSMANN, C. BASTAT & M. GUÉNÉZAN (2008): Monitoring of the wintering and breeding Woodcock populations in France. *Revista Catalana d'Ornitologia* 24: 44–52.
- GASTON, K. J., J. BENNIE, T. W. DAVIES & J. HOPKINS (2013): The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 88: 912–927.
- HIRONS, G. (1983): A five-year study of the breeding behaviour and biology of the woodcock in England - A first report. S. 51–67 in: H. KALCHREUTER (Hrsg.): Proceedings of the second European woodcock and snipe workshop, Fordingbridge, England, 30 March - 1st April 1982. International Waterfowl Research Bureau (IWRB), Slimbridge, England.
- HIRONS, G. & T. H. JOHNSON (1987): A quantitative analysis of habitat preferences of Woodcock *Scolopax rusticola* in the breeding season. *Ibis* 129: 371–381.
- HOODLESS, A. N. & G. J. M. HIRONS (2007): Habitat selection and foraging behaviour of breeding Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola*: a comparison between contrasting landscapes. *Ibis* 149: 234–249.
- HOODLESS, A. N., D. LANG, N. J. AEBISCHER, R. J. FULLER & J. A. EWALD (2009): Densities and population estimates of breeding Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola* in Britain in 2003. *Bird Study* 56: 15–25.
- IRWIN, A. (2018): The dark side of light: How artificial lighting is harming the natural world. *Nature* 553: 268–270.
- JÄNSCH, S., L. STEFFENS, H. HÖFER, F. HORAK, M. ROß-NICKOLL, D. RUSSELL, A. TOSCHKI & J. RÖMBKE (2013): State of knowledge of earthworm communities in German soils as a basis for biological soil quality assessment. *Soil organisms* 85.
- KENWARD, R. (2001): A manual for wildlife radio tagging. Academic Press, London.
- KNAUS, P., S. ANTONIAZZA, S. WECHSLER, J. GUÉLAT, M. KÉRY, N. STREBEL & T. SATTLER (Hrsg.) (2018): Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016: Verbreitung und Bestandsentwicklung der Vögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- LANDOLT, E. & B. BÄUMLER (2010): Flora indicativa: Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen = Ecological indicator values and biological attributes of the flora of Switzerland and the Alps. 2. Aufl. Haupt; Ed. des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Bern, Genève.
- LANZ, M. (2008): Lebensraumpotenzial und Habitatnutzung der Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen. Diplomarbeit, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW).
- LEISCHNIG, S. (1980): Wissenswertes über die Waldschnepfe. *Der Falke* 12: 412–414.
- LIGHTFOOT, D. R. & F. W. EDDY (1994): The Agricultural Utility of Lithic-Mulch Gardens: Past and Present. *GeoJournal* 34: 425–437.

- MANLY, B. F. J. (2004): Resource Selection by Animals. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- MARINI, M. A., S. K. ROBINSON & E. J. HESKE (1995): Edge effects on nest predation in the Shawnee National Forest, southern Illinois. *Biol. Conserv.* 74: 203–213.
- MARZLUFF, J. M., J. J. MILLSPAUGH, P. HURVITZ & M. S. HANDCOCK (2004): Relating Resources to a probabilistic measure of space use: forest fragments and Steller's jays. *Ecology* 85: 1411–1427.
- MEYER, C. B. & W. THUILLER (2006): Accuracy of resource selection functions across spatial scales. *Diversity Distrib.* 12: 288–297.
- MØLLER, A. P. & M. D. JENNIONS (2002): How much variance can be explained by ecologists and evolutionary biologists? *Oecologia* 132: 492–500.
- MOLLET, P. (2015): Die Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) in der Schweiz - Synthese 2014. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- MULHAUSER, B. (2001): Situation de la Bécasse des bois *Scolopax rusticola* en période de reproduction dans le canton de Neuchâtel (Suisse) entre 1998 et 2000. *Nos Oiseaux* 48: 93–104.
- MULHAUSER, B. & J.-L. ZIMMERMANN (2015): Suivi démographique de la bécasse des bois *Scolopax rusticola* en période de reproduction dans le canton de Neuchâtel (Suisse) entre 2001 et 2010. *Aves* 52: 129–150.
- NAKAGAWA, S. & H. SCHIELZETH (2013): A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution* 4: 133–142.
- NUDDS, T. D. (1977): Quantifying the vegetative structure of wildlife cover. *Wildl. Soc. Bull.* 5: 113–117.
- OTIS, D. L. & G. C. WHITE (1999): Autocorrelation of Location Estimates and the Analysis of Radiotracking Data. *J. Wildl. Manage.* 63: 1039.
- PLANILLO, A., C. MATA, A. MANICA & J. E. MALO (2018): Carnivore abundance near motorways related to prey and roadkills. *Journal of Wildlife Management* 82: 319–327.
- PRIETO, N., G. TAVECCHIA, I. TELLETXE, R. IBAÑEZ, F. ANSORREGI, A. GALDOS, A. URRUZOLA, I. IRIARTE & J. ARIZAGA (2019): Survival probabilities of wintering Eurasian Woodcocks *Scolopax rusticola* in northern Spain reveal a direct link with hunting regimes. *Journal of Ornithology*.
- ROCHETEAU, V., B. HOMBERGER, Y. GONSETH & T. BOHNENSTENGEL (2016): Projet national sur la bécasse des bois: Rapport sur la saison de terrain 2016. Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel.
- ROCHETEAU, V., N. VIAL, M. DELMAS, T. BOHNENSTENGEL & Y. GONSETH (2017): Projet national sur la bécasse des bois: Rapport sur la saison de terrain 2017. Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel.

- VENETZ, C. (2019): Earthworm availability in the Jura mountains to the Eurasian woodcock (*Scolopax rusticola*) during its breeding season. Master Thesis, Université de Neuchâtel.
- WORTON, B. J. (1989): Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies. *Ecology* 70: 164–168.
- ZELLWEGER, F. & K. BOLLMANN (2018): Modellierung der Habitateignung für die Waldschnepfe im Jura: Anforderungen bezüglich biotischen und abiotischen Umweltfaktoren. WSL, Birmensdorf.
- ZIMMERMANN, J.-L. & S. SANTIAGO (2019): Contribution au suivi démographique de la bécasse des bois *Scolopax rusticola* dans le canton de Neuchâtel (Suisse). *Aves* 56: 49–75.