

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

**LEBENSRAUMPOTENZIAL UND HABITATNUTZUNG DER WALDSCHNEPFE
IN DEN NORDÖSTLICHEN VORALPEN**



©Jean-Lou Zimmermann

DIPLOMARBEIT

Michael Lanz

Diplomstudiengang 2004

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Februar 2008

Fachkorrektoren:

Dr. Kurt Bollmann

Eidg. Forschungsanstalt WSL

Dr. Roland F. Graf

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW

Zusammenfassung

Die Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) gehört in der Schweiz zu den verletzlichsten Brutvogelarten der Roten Liste. In den vergangenen Jahrzehnten ist die Waldschnepfe als Brutvogel im Mittelland praktisch verschwunden und kommt heute nur noch im Jura und den Voralpen verbreitet vor. Die Rückgangsursachen sind weitgehend unbekannt. Weil die Art bisher ausschliesslich im Jura und den westlichen Voralpen untersucht wurde und ihre Verbreitung in der Ostschweiz nur lückenhaft ist, habe ich die Waldschnepfe im Rahmen meiner Diplomarbeit in den nordöstlichen Voralpen untersucht.

Mit einem Expertenmodell untersuchte ich das landschaftsökologische Potenzial für die Waldschnepfe in den beiden Kantonen Schwyz und St. Gallen. Die sechs Lebensraumfaktoren *Waldfläche*, *Bäche/Flüsse*, *Moore*, *offene Waldflächen*, *Exposition* und *Senken/Feuchtstellen* wurden über Literaturwissen klassiert und in einem GIS-basierten Habitatmodell kombiniert. Die gut geeigneten Lebensräume liegen gemäss dem Expertenmodell im voralpinen Gürtel zwischen dem Vierwaldstättersee und dem Alpsteingebirge. Ich habe das Modell mit Daten von eigenen Balzplatzzählungen und Waldschnepfennachweisen der Jahre 1970 bis 2007 aus der Datenbank der Vogelwarte Sempach validiert. Hierfür habe ich in beiden Kantonen im Frühjahr 2007 19 Balzplatzzählungen mit insgesamt 73 Zählpunkten durchgeführt. Bei 41 Zählpunkten konnten balzende Waldschnepfenmännchen beobachtet werden mit durchschnittlich 4.3 Überflügen pro Zählpunkt. Die Modellvalidierung zeigte, dass 76 % aller Nachweise der Waldschnepfen in Gebieten mit einem guten bis sehr guten Lebensraumpotenzial liegen.

Im zweiten Teil meiner Arbeit untersuchte ich die kleinräumige Habitatnutzung der Waldschnepfe zur Brutzeit. Als Untersuchungsgebiet wählte ich das Sonderwaldreservat Amden im Kanton St. Gallen. Mittels einer Taxation von indirekten Nachweisen ermittelte ich die Aufenthaltsorte der Waldschnepfen in Amden. Diese Methode wurde bei dieser Art erstmals angewendet. Um die kleinräumige Habitatnutzung im Wald zu definieren, erhob ich Variablen zu Standort, Strukturelementen, Baumschicht, Strauch- und Krautschicht sowie Bodeneigenschaften. Mit einer logistischen Regression verglich ich die Daten von 30 Waldschnepfenplots und 30 Zufallsplots. Das logistische Regressionsmodell enthielt fünf Habitatvariablen, welche ein gutes Waldschnepfenhabitat beschreiben. Die fünf signifikanten Variablen waren: *Liegendes Totholz*, *Gräser- und Farndeckungsgrad*, *Gewicht der Regenwürmer* und *Bodenfestigkeit*.

Waldschnepfen brauchen im gewählten Habitat genügend Deckung und ein ausreichendes Angebot an Nahrung. Die Resultate dieser Studie zeigen, dass mit geeigneten forstlichen Eingriffen Waldschnepfen gefördert werden können. Wichtig dabei ist, dass in ausgedehnten Waldstücken lückige Waldbestände, genügend Deckungselemente, eine üppige Krautschicht und feuchte an Regenwürmern reiche Böden gefördert werden. Wie die Resultate der Balzplatzzählungen zeigen, kommt die Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen noch verbreitet vor.

Abstract

The woodcock (*Scolopax rusticola*) is classified as vulnerable on the Red List of breeding bird species in Switzerland. In the past decades, the woodcock left most breeding habitats in the lowlands. Today, populations of the species only occur in areas of the Jura Mountains and the Swiss Prealps. The reasons for the decline are largely unknown. Moreover, there are no studies about the distribution and habitat use in the eastern part of Switzerland.

I developed a GIS-based habitat model to identify the habitat potential for woodcock on a large scale of the cantons of Schwyz and St. Gallen in eastern Switzerland. The set of habitat factors that I used to build the model were: *proportion of forest, runnel/rivers, moor, open forests* and *dips/humid areas*. I validated the model with woodcock distribution data from my own observations of roding males in 2007 and data collected by the Swiss Ornithological Institute Sempach between 1970 and 2007. I observed roding males at 19 different places with a total of 73 listening points in both cantons. Woodcock males were seen at 41 listening points at an average of 4.3 over flights per point. The model validation accounted for 76 % of all woodcock observations stemming from areas with good or high habitat potential.

In the second part of this study I assessed the distribution and habitat use at a small scale in the forest reserve of Amden (St. Gallen) in the breeding season 2007. I compared 30 plots with woodcock presence with 30 randomly selected control plots with respect to site characteristics, forest stands, structure elements and soil characteristics. With multivariate logistic regression I identified the most important factors discriminating woodcock plots from random plots. Those factors were *horizontal dead wood, grass and fern canopy cover, earthworm weight* and *soil resistance*. The number of horizontal dead wood and fern canopy cover was much higher in woodcock plots than in matched control plots. Woodcock preferred soils with high biomass of earthworms (6.2 g/0.25m²) and a low penetration resistance. Thus, food resources and accessibility and predator avoidance were the most important factors for habitat selection by woodcock in this study.

Based on these results, an effective conservation of woodcock should further open forest structures, cover elements, a lush field layer and humid soils with a high density of earthworms.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------|
| Zusammenfassung | I |
| Abstract | II |
| Inhaltsverzeichnis | III |
| 1. Einleitung | 1 |
| A] Landschaftsökologisches Potenzial – Nordöstliche Voralpen | 4 |
| A-1. Methoden | 5 |
| 1.1 Untersuchungsgebiet | 5 |
| 1.2 Entwicklung und Validierung des Habitatmodells | 6 |
| 1.3 Datenerhebung | 8 |
| A-2. Resultate | 11 |
| 2.1 Balzplatzzählungen | 11 |
| 2.2 Waldschnepfen Habitatmodell | 11 |
| 2.3 Modellvalidierung | 12 |
| A-3. Diskussion | 15 |
| 3.1 Die ausgewählten Lebensraumfaktoren bilden das aktuelle Vorkommen der Waldschnepfen gut ab | 15 |
| 3.2 Habitatmodell weist verbreitet ein gutes Lebensraumpotenzial der Waldschnepfen in den nordöstlichen Voralpen aus | 16 |
| 3.3 Ausblick | 17 |
| B] Habitatnutzung – Sonderwaldreservat Amden | 19 |
| B-1. Methoden | 20 |
| 1.1. Untersuchungsgebiet | 20 |
| 1.2. Datenerhebung | 21 |
| 1.3. Statistische Auswertung | 25 |
| B-2. Resultate | 27 |
| 2.1 Verbreitung der Waldschnepfen | 27 |
| 2.2 Habitatanalyse | 28 |
| B-3. Diskussion | 30 |
| 3.1 Verbreitung der Waldschnepfen im Untersuchungsgebiet | 30 |
| 3.2 Die Waldstruktur im Waldreservat bietet den balzenden Männchen gute Überflugbedingungen | 30 |
| 3.3 Strukturelemente und Krautschicht decken das Sicherheitsbedürfnis der Waldschnepfen | 31 |
| 3.4 Die Bodeneigenschaften beeinflussen das Nahrungsangebot der Waldschnepfen im Sonderwaldreservat Amden | 32 |
| 3.5 Methodendiskussion | 32 |
| 2. Schlussfolgerung und Ausblick | 34 |
| 2.1 Ein Mosaik von kleinräumigen Strukturen in ausgedehnten Waldgebieten entscheidet über das Vorkommen der Waldschnepfen | 34 |
| 2.2 Aufwertungsmassnahmen zugunsten der Waldschnepfen | 34 |
| 2.3 Ausblick und weiterführende Fragen | 35 |
| 3. Dank | 37 |
| 4. Literatur | 38 |
| Anhang | |

1. Einleitung

Die Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) ist ein anspruchsvoller Habitatspezialist und eine Indikatorart für strukturreiche, lückige Wälder mit feuchten Böden (Glutz von Blotzheim 1977). In der Schweiz ist die Waldschnepfe mit einem Brutbestand von 1130 bis 1630 Paaren auf der Roten Liste als verletzte Art aufgeführt (Keller et al. 2001; Schmid et al. 2001). Noch relativ gut besiedelte Gebiete liegen in den Voralpen und im Jura. Dagegen sind im Mittelland nur noch etwa zwanzig Waldgebiete mit Nachweisen zur Brutzeit bekannt (Schmid 1998). Nur ausnahmsweise brütet die Waldschnepfe in den Zentralalpen sowie auf der Alpensüdseite. Besonders in den Niederungen, aber zum Teil auch in mittleren Lagen, zeigte die Art in den letzten Jahren eine deutliche Bestandesabnahme (Estoppey 2001a). Umfassende Untersuchungen zu den Gründen für diesen Rückgang fehlen. Als mögliche Rückgangsursachen werden beispielsweise Prädation, Veränderung der Waldstruktur und Klimawandel genannt (Ferrand & Gossmann 1995). Zudem nennt Estoppey (2001b) menschliche Störung als mögliche Ursache für das Verschwinden der Waldschnepfe aus einem Waldgebiet in der Nähe von Lausanne. Die Art ist in der Schweiz zudem jagdbar. So wurden in den letzten 10 Jahren durchschnittlich um die 1860 Schnepfen pro Jahr erlegt.

Die Waldschnepfe ist in der Schweiz eine der 50 Prioritätsarten für Artenförderungsprogramme (Bollmann et al. 2002) der Schweizerischen Vogelwarte und des SVS Birdlife Schweiz. Mit dem Programm soll die Waldschnepfe in der Schweiz längerfristig erhalten werden. Aktuell sind jedoch keine besonderen Förderungsprojekte für diese Art bekannt. Im internationalen Vergleich brütet in der Schweiz nur ein kleiner Prozentsatz des europäischen Gesamtbestandes. Daher ist für die Waldschnepfe auch kein Aktionsplan beabsichtigt (Mollet, mündl. Mitteilung). Die Waldschnepfe ist wie das Auerhuhn (*Tetrao urogallus*) eine Indikatorart für naturnahe und ausgedehnte Waldgebiete (Glutz von Blotzheim 1977; Klaus et al. 1989). Die hohen Ansprüche an den Lebensraum auf grosser Fläche machen das Auerhuhn zur Schirmart für die Waldschnepfe und ähnliche Habitatspezialisten wie der Dreizehenspecht (*Picoides tridactylus*) oder der Sperlingskauz (*Glaucidium passerinum*) (Suter et al. 2002). Von forstlichen Massnahmen zugunsten des Auerhuhns kann deshalb auch die Waldschnepfe profitieren.

Die Waldschnepfe ist ein Zug-, teilweise Stand- und Strichvogel. Sowohl im Brut- wie Überwinterungshabitat zeigt die Waldschnepfe eine ausgeprägte Bindung an Waldgebiete (Glutz von Blotzheim 1977). Bevorzugt werden reich strukturierte Hochwälder in der Plenterphase, offene Waldflächen von der Verjüngungs- bis zur Dickungsstufe oder aufgelockerte Altholzbestände (Hahn et al. 2005). Gemieden werden mittelalte Bestände mit einem hohen Deckungsgrad. In milden Wintern liegt die Schweiz an der nördöstlichen Grenze des Überwinterungsgebietes (Estoppey 2006). Der Heimzug ist stark von Temperatur- und Witterungsverhältnissen, der Schneeschmelze und dem Auftauen der oberen Bodenschichten abhängig. In der Schweiz beginnt der eigentliche Durchzug Mitte März, er erreicht seinen Höhepunkt im letzten Märzdrittel bis Mitte April und läuft Ende April bis Anfangs Mai aus (Langrehr 1978). In den Voralpen und im Gebirge kann die Ankunft entsprechend der Schneeschmelze um Wochen später liegen (Winkler 1999). Bald nach der Rückkehr beginnen die

Männchen mit dem arttypischen Balzflug, der in der Jägersprache auch "Schnepfenstrich" oder einfach "Strich" genannt wird. Estoppey (2001b) schreibt, dass die Überflugbedingungen für die balzenden Männchen ein essentieller Bestandteil eines Habitats seien. So werden offene Strukturen wie Windwurfflächen, Waldlichtungen, Schlagflächen, Verjüngungen, Bäche und Waldwege bevorzugt aufgesucht. Auch die Weibchen wählen für das Brüten Neststandorte aus, die eher in offenen Strukturen oder deren Nähe liegen (Glutz von Blotzheim 1977). Untersuchungen in den französischen Alpen (Lauer et al. 2006) und den Westschweizer Voralpen (Brüngger & Estoppey 2008) zeigen, dass sich Waldschnepfen während der Brutzeit vorwiegend in Nadelwäldern aufhalten. Buchenwälder in tieferen Lagen werden seit dem Rückgang der Art im Mittelland, genauso gemieden wie unbewaldete Flächen (Estoppey, mündl. Mitteilung). Dies zeigt sich auch im Schwerpunkt der Höhenverteilung, der in diesen Gebieten zwischen 1100 und 1800 m ü.M. liegt. Zudem scheinen Schnepfen im Alpenraum Expositionen von Nordost über Nord nach Nordwest zu bevorzugen (Lauer et al. 2006; Brüngger & Estoppey 2008).

Im Sommerhabitat werden feuchte Wälder mit Böden bevorzugt, die ein ausreichendes Angebot an Invertebraten aufweisen (Hirons & Johnson 1987; Estoppey 1988; Ferrand & Gossmann 1995). Der lange, spitze Schnabel ermöglicht es der Waldschnepfe in den obersten 10 cm des Bodens nach Nahrung zu stochern. Wie Hirons & Johnson (1987) zeigten, ist die Verfügbarkeit von Regenwürmern ein Schlüsselfaktor. Ihr Anteil kann bis zu 80 % der Nahrung ausmachen (Boidot 2005). Sind die Böden zu trocken, weichen Waldschnepfen auf andere im Boden lebende Insekten aus (Koubek 1986). Obwohl Waldschnepfen mit ihrem Gefieder optimal an den Lebensraum Wald angepasst sind, benötigen sie, als tagaktive Art, einen guten Sichtschutz vor Prädatoren wie Habicht (*Accipiter gentilis*) und Waldkauz (*Strix aluco*) (Glutz von Blotzheim 1977). Deshalb bevorzugen Waldschnepfen Waldbestände mit einer üppigen Krautschicht (Hirons & Johnson 1987; Lauer et al. 2006; Brüngger & Estoppey 2008). In den Voralpen legt die Waldschnepfe am Boden pro Stunde durchschnittlich eine Distanz von 92 m zurück. Durchlässige Hochstaudenflure, die den Schnepfen durch grossblättrige Pflanzen genügend Sichtschutz vor Greifvögeln bieten, sind ein optimales Waldschnepfenhabitat (Brüngger & Estoppey 2008). Über die Funktion von Einzelstrukturen im Habitat der Waldschnepfe ist wenig bekannt. Estoppey (mündl. Mitteilung) geht davon aus, dass Lebensraumelemente wie liegendes Totholz oder Wurzelteller von Waldschnepfen aktiv als Sichtschutz genutzt werden und eine wichtige Rolle im Lebensraum spielen.

Neben den beiden Studien von Lauer et al. (2006) und Brüngger & Estoppey (2008), welche vor allem die grossräumige Habitatnutzung sowie das Aktivitätsmuster der Waldschnepfe im Alpen- und Voralpenraum untersuchten, fehlen Angaben über die feinskalige Struktur und die Zusammensetzung von Waldschnepfenhabitaten. Kenntnisse über die kleinräumigen Strukturen im Waldschnepfenhabitat sind jedoch von Bedeutung, wenn forstliche Massnahmen zu Gunsten dieser Art ergriffen werden sollen. Zudem wurde bisher in den nordöstlichen Voralpen noch keine Untersuchung über die Waldschnepfe durchgeführt. Dort fehlen Angaben über die Verbreitung und die Habitatnutzung der Waldschnepfe vollständig.

Diese Arbeit hatte zum Ziel, die Lebensraumansprüche der Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen auf zwei unterschiedlichen Skalen zu bestimmen. Im Teil A habe ich mit Hilfe eines GIS-basierten Habitatmodells das landschaftsökologische Potenzial der Waldschnepfe entwickelt und mit Nachweisen der Waldschnepfe aus den beiden Kantonen Schwyz und St.Gallen validiert. Dabei standen folgende Fragen im Zentrum:

- Welches sind die wichtigsten Landschafts- und Lebensraumfaktoren der Waldschnepfe im Brutgebiet?
- Wie gross ist das landschaftsökologische Potenzial für die Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen?

Für die kleinräumige Habitatanalyse (Teil B) untersuchte ich folgende Fragen:

- Wie ist die Waldschnepfe im Sonderwaldreservat Amden verbreitet?
- Welche kleinräumigen Faktoren bestimmen die Habitatnutzung der Waldschnepfe zur Brutzeit?
- Welche Lebensraumaufwertungsmassnahmen sind für die Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen sinnvoll?

Die Schlussfolgerungen sind eine Synthese dieser beiden Teile der Diplomarbeit. Einen Schwerpunkt habe ich auf forstliche Aufwertungsmassnahmen und eine Beurteilung des Status der Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen gelegt.

TEIL A] Landschaftsökologisches Potenzial - Nordöstliche Voralpen

| | |
|--|----------|
| Landschaftsökologisches Potenzial – Nordöstliche Voralpen | 4 |
| A-1. Methoden | 5 |
| 1.1 Untersuchungsgebiet | 5 |
| 1.2 Entwicklung und Validierung des Habitatmodells | 6 |
| 1.3 Datenerhebung | 8 |
| A-2. Resultate | 11 |
| 2.1 Balzplatzzählungen | 11 |
| 2.2 Waldschnepfen Habitatmodell | 11 |
| 2.3 Modellvalidierung | 12 |
| A-3. Diskussion | 15 |
| 3.1 Die ausgewählten Lebensraumfaktoren bilden das aktuelle Vorkommen der Waldschnepfen gut ab | 15 |
| 3.2 Habitatmodell weist verbreitet ein gutes Lebensraumpotenzial für die Waldschnepfen in den nordöstlichen Voralpen aus | 16 |
| 3.3 Ausblick | 17 |

A-1. Methoden

1.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet der Studie A (Waldschnepfen Habitatmodell) umfasste in einem Quadrat weite Teile der Ostschweiz (Abb. A-1). Um die Kantone Schwyz (SZ) und St. Gallen (SG) habe ich ein umhüllendes Quadrat (Koordinaten 657'000; 270'000; 770'000; 185'000) gespannt. Dadurch deckt das Untersuchungsgebiet zusätzlich die Kantone Glarus, Zug, die beiden Appenzeller Halbkantone sowie Teile der Kantone Aargau, Graubünden, Luzern, Nidwalden, Obwalden, Schaffhausen, Thurgau, Uri und Zürich. Für die Validierung des Habitatmodells berücksichtigte ich jedoch nur Waldschnepfennachweise der Kantone Schwyz und St. Gallen (Untersuchungsfläche). Die Fläche der beiden Kantone Schwyz und St. Gallen beträgt insgesamt 2922.5 km² (SZ: 908.2 km²; SG: 2014.3 km²).

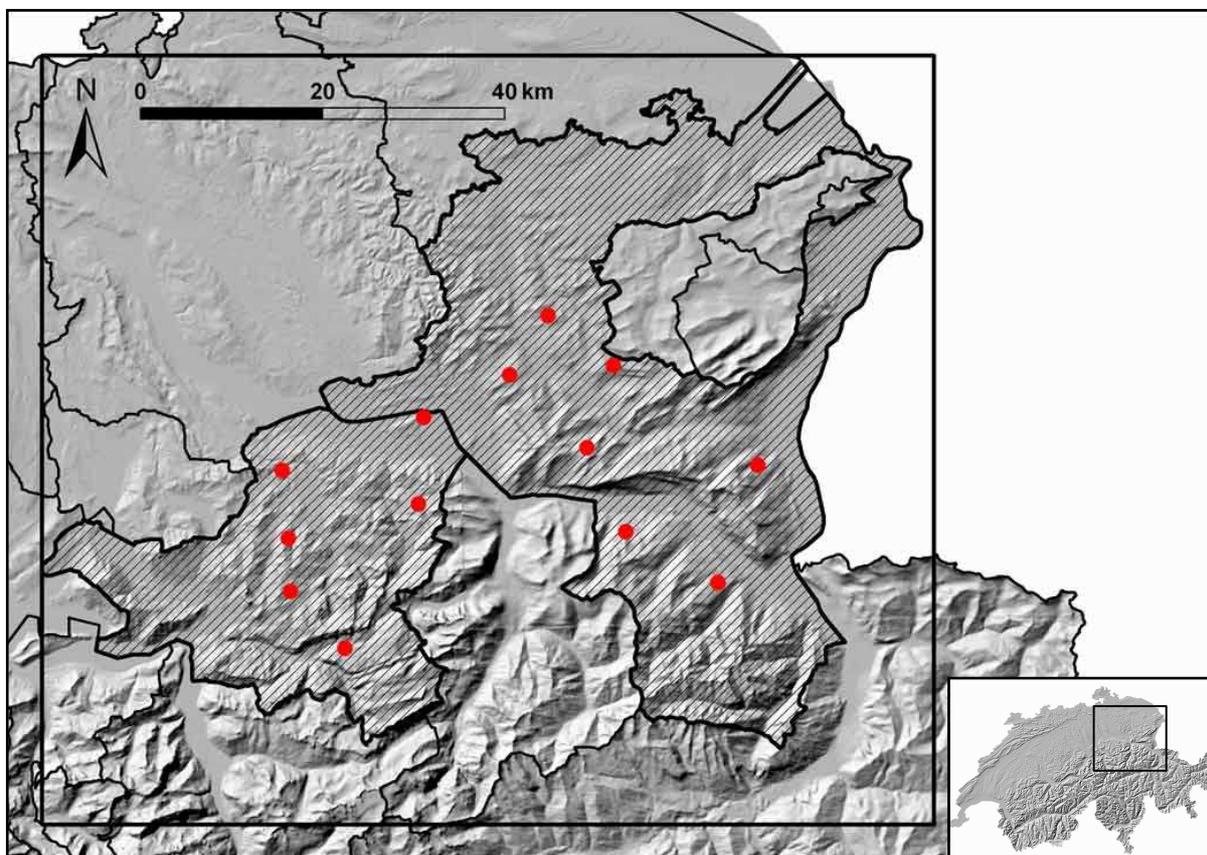


Abb. A-1: Untersuchungsgebiet für das Waldschnepfen Habitatmodell. Der Ausschnitt umfasst in einem Quadrat weite Teile der Ostschweiz. Das Habitatmodell wurde ausschliesslich mit Nachweisen von Balzplatzzählungen (rote Punkte) und Daten der Vogelwarte Sempach aus den Kantonen Schwyz und St. Gallen (schraffiert) validiert. (Reliefkarte: ©swisstopo)

Das Gebiet erstreckt sich von der collinen Zone im St. Gallischen Mittelland bis in die nivale Zone am Rande des zentralen Alpenhauptkamms in beiden Kantonen (Definition nach Frey 1995). Beide Kantone beherbergen, besonders in den voralpinen Lagen, Vorkommen der Waldschnepfen. Genaue Bestandesangaben für die Kantone Schwyz und St. Gallen liegen jedoch keine vor. In einzelnen

Gebieten wie der Ibergereg (SZ; Hess 1996) oder dem Sonderwaldreservat Amden (SG; Mollet 2006; 2007) wurde mit Balzplatzzählungen das Vorkommen der Waldschnepfe nachgewiesen. Für die Ibergereg schätzte Hess (1996) Mitte der neunziger Jahre einen Bestand von 10 bis 30 balzenden Männchen. Die Waldgebiete in den tieferen Lagen, wie dem St. Gallischen Mittelland, wurden in den vergangenen Jahren als Bruthabitat aufgegeben (Brüngger 2005).

Klimatisch gesehen, weist das Untersuchungsgebiet unterschiedliche Zonen auf. Bedingt durch die Lage am Alpennordhang ist das Gebiet zwischen Rigi und Alpstein von hohen Niederschlagswerten geprägt (Frey 1995). Die Untersuchungsfläche beinhaltet eine grosse Vielfalt an Lebensraumtypen. Rund 30 % sind bewaldet, im Kanton Schwyz beträgt die Waldfläche 28'436 ha und im Kanton St. Gallen 57'300 ha (Frey 1995). Ein Mosaik von Moorflächen und Wäldern ist für die Waldschnepfe wichtig (Glutz von Blotzheim 1977). Im Untersuchungsgebiet gibt es 157 ha Hochmoore (SZ: 127 ha; SG: 30 ha) und 4179 ha Flachmoore (SZ: 2579 ha; SG: 1600 ha), was zusammen rund 1.5 % der gesamten Fläche ausmacht und deutlich über dem Schweizerischen Durchschnitt liegt.

1.2 Entwicklung und Validierung des Habitatmodells

Auswahl der Lebensraumfaktoren

Um das landschaftsökologische Potenzial für die Waldschnepfe zur Brutzeit zu zeigen, habe ich ein Habitatmodell (Expertenmodell) für das Untersuchungsgebiet entwickelt. Die Lebensraumfaktoren für das Modell klassierte ich über Literaturwissen. In einem rasterbasierten Habitatmodell kombinierte ich mit Hilfe eines Geografischen Informations-Systems (GIS) die ausgewählten Lebensraumfaktoren. Lebensraumeignungsstufen von sehr gut bis schlecht zeigen das Potenzial der Waldschnepfe im Untersuchungsgebiet.

Anhand einer umfassenden Literaturrecherche habe ich die wichtigsten grossräumigen Lebensraumeigenschaften im Brutgebiet der Waldschnepfe bestimmt. Es zeigte sich, dass die Art bisher in den Voralpen nur wenig erforscht wurde. Brüngger & Estoppey (2008) führten 2004 und 2005 eine Studie mit acht besenderten Waldschnepfenmännchen durch. Dabei untersuchten sie vor allem die grossräumige Lebensraumnutzung und das Aktivitätsmuster der Art. Lauer et al. (2006) erstellten für die französischen Alpen ein Waldschnepfen Habitatmodell mit Präsenz- und Absenzdaten von balzenden Männchen. Im Neuenburger Jura werden Waldschnepfen seit mehreren Jahren an Balzplätzen gezählt (Mulhauser 2001). Aus diesem Gebiet fehlen jedoch quantitative Angaben zur Habitatnutzung der Waldschnepfe. In einem isolierten Waldstück in Grossbritannien führten Hiron & Johnson (1987) mit besenderten Waldschnepfen eine Habitatnutzungs-Studie durch. Ihr Untersuchungsgebiet unterscheidet sich bezüglich Meereshöhe, Topografie, Waldgesellschaft und Waldstruktur allerdings stark von den voralpinen Bedingungen der vorliegenden Untersuchung. Mit dem Literaturwissen habe ich folgende sechs Faktoren für die Entwicklung des rasterbasierten Habitatmodells bestimmt: *ausgedehnte Wälder, Bäche/Flüsse, Moore, offene Waldflächen, Exposition* und *Senken/Feuchtstellen* (Tab. A-1).

Tab. A-1: Auswahl und Beschreibung der Lebensraumfaktoren, die in das Habitatmodell einfließen. Die Spalte GIS Layer zeigt, in welcher Form die Faktoren im GIS dargestellt wurden.

| Lebensraumfaktoren | GIS Layer |
|---|--|
| ausgedehnte Wälder zusammenhängende Waldstücke > 200 ha (Brüngger & Estoppey 2008) | Waldfläche (Vektor 25 ©swisstopo) |
| Bäche, Flüsse feuchte Lebensraumelemente, immer wasserführende Bäche als Stellen zur Nahrungsaufnahme (Glutz von Blotzheim 1977; Estoppey, mündl. Mitteilung) | alle Fliessgewässer, keine Seen (Vektor 25 ©swisstopo) |
| Moore Moorflächen mit weichen Böden, wo Waldschnepfen nach Nahrung stochern können (Hirons & Johnson 1987; Estoppey, mündl. Mitteilung) | Moorinventar (Eidg. Forschungsanstalt WSL), digitalisierte Moorflächen der swisstopo 1:25'000 Landeskarten (Vektor 25, ©swisstopo) |
| offene Waldflächen Wälder mit Windwurf- und Holzschlagflächen, inneren Waldränder und Wegkreuzungen (Glutz von Blotzheim 1977; Brüngger & Estoppey 2008) | Innere Waldränder extrahiert aus Waldflächen Datensatz (Vektor 25 ©swisstopo) |
| Exposition Expositionen NO, N, NW, W (Lauer et al. 2006; Brüngger & Estoppey 2008) | Sonneneinstrahlung im Monat April (berechnet aus DHM25 ©swisstopo gemäss Kumar et al. 1997) |
| Senken, Feuchtstellen sumpfige Senken, flache oder muldenähnliche Topografie mit weichen durchnässten Böden (Mulhauser 2001; Estoppey, mündl. Mitteilung) | Neigung (DHM 25 ©swisstopo) |

Mit einem GIS kombinierte ich diese sechs Lebensraumfaktoren in einem rasterbasierten Habitatmodell. Als Rastergrösse wurde für alle GIS Daten eine Zellgrösse von 100 m gewählt. Eine Zellgrösse von 100 m eignet sich für Habitatmodelle auf einer grossräumigen landschaftlichen Ebene (Graf, mündl. Mitteilung). Brüngger & Estoppey (2008) ermittelten für Waldschnepfen in den westlichen Voralpen eine durchschnittliche Balzplatzgrösse von 150 ha. Mit der ArcGIS Funktion „Neighbourhood Statistic“ wurde der Anteil der Lebensraumfaktoren *ausgedehnte Wälder*, *Flüsse/Bäche*, *Moore*, *offene Waldflächen* und *Senken/Feuchtstellen* im Umkreis von 690 m (Radius einer kreisförmigen Streifgebietsfläche) um jede einzelne Rasterzelle berechnet. In einem nächsten Schritt habe ich jeden der sechs Lebensraumfaktoren bezüglich seiner Eignung für die Waldschnepfen mit der ArcGIS Funktion „reclassify“ in Klassen von eins bis zehn eingeteilt. Im letzten Schritt addierte ich die Faktoren und dividierte sie durch die Anzahl (6) Lebensraumfaktoren. Alle Lebensraumfaktoren wurden bei dieser Berechnung gleichwertig gewichtet. So erhielt ich ein Schlussmodell mit 100 Lebensraumeignungskategorien. Dieses Modell vereinfachte ich auf 10 Eignungsstufen.

Eine Einschränkung bei der Entwicklung des Expertenmodells ergab sich durch das digital verfügbare Datenmaterial. In einigen Studien (Mulhauser 2001; Lauer et al. 2006; Brüngger & Estoppey 2008) werden verschiedene Assoziationen von Fichten-Tannenwald Gesellschaften, als von der Waldschnepfen bevorzugtes Habitat beschrieben. Für meine Arbeit waren aber keine Angaben zu den Waldgesellschaften digital verfügbar. Für die Nahrungssuche und die Häufigkeit von Regenwürmern sind die Bodeneigenschaften von Bedeutung (Hirons & Johnson 1987; Boidot 2005). Auch hier fehlen

geeignete Daten für das Untersuchungsgebiet. Wie Brüngger & Estoppey (2008) für die Westschweizer Voralpen und Mulhauser (2001) für den Jura zeigten, besiedeln Waldschnepfen in diesen Gebieten ausschliesslich Höhen zwischen 1100 und 1800 m ü.M. Im Habitatmodell berücksichtigte ich den Faktor Höhe nicht, so konnte ich untersuchen ob in den Kantonen Schwyz und St. Gallen auch tiefer liegende Gebiete ein Potenzial an Waldschnepfenlebensraum aufweisen.

Modellvalidierung

Das Habitatmodell für die Waldschnepfen mit zehn Habitateignungsstufen, habe ich für die Validierung auf folgende fünf Klassen vereinfacht: *sehr gut*, *gut*, *mittel*, *ungeeignet* und *schlecht*. Um zu überprüfen, ob das vorausgesagte Lebensraumpotenzial mit dem tatsächlichen Verbreitungsmuster dieser Art übereinstimmt, validierte ich das Habitatmodell. Dazu legte ich mit Hilfe von GIS alle Nachweise der Waldschnepfen (siehe Kapitel Datenerhebung) über das Habitatmodell. Um eine örtliche Klumpung von Nachweisen zu vermeiden, habe ich die koordinierten Waldschnepfenzählungen in Amden (siehe Anhang) nicht berücksichtigt. So verblieben trotzdem 19 Waldschnepfennachweise im Waldreservat Amden, davon fünf Nachweise von eigenen, nicht koordinierten Balzplatzzählungen und 14 Nachweise aus der Datenbank der Vogelwarte Sempach.

1.3 Datenerhebung

Balzplatzzählungen

Um das Expertenmodell mit Nachweisen der Waldschnepfe aus dem Untersuchungsgebiet (Schwyz und St. Gallen) zu überprüfen, verwendete ich Waldschnepfennachweise aus der Datenbank der Vogelwarte Sempach und eigenen Beobachtungen von balzenden Männchen aus dem Frühjahr 2007. Da ich mit dem Habitatmodell das landschaftsökologische Potenzial für Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen entwickelte, organisierte ich die Balzplatzzählungen vor allem in Wäldern der Voralpengebiete der beiden Kantone Schwyz und St. Gallen. Die Zählungen der balzenden Männchen fanden für diese Studie zwischen dem 20. April und 23. Juni 2007 statt. Mit den eigenen Balzplatzzählungen wollte ich erreichen, dass ich im Voralpengebiet möglichst viele Nachweise von Waldschnepfen erheben konnte, um damit das Habitatmodell zu validieren.

Die Eigenschaften der Waldschnepfenbalz wurden in Studien in Frankreich (Ferrand 1979 & 1989) sowie der Westschweiz (Estoppey 2001b; Mulhauser 2001) gut untersucht. Heute ist die Erhebung von balzenden Männchen, die am häufigsten angewendete Zählmethode bei Waldschnepfen (Mulhauser 2001). Die Balz beginnt zur Dämmerungszeit und kann sich bis in die Morgenstunden hineinziehen (Ferrand 1979). Dabei überfliegen die balzenden Männchen in Abhängigkeit von Lichtintensität, Uhrzeit und meteorologischen Bedingungen Waldgebiete auf der Suche nach Weibchen (Nemtschek 1977; Ferrand 1989). In den Voralpen können ab Mitte Februar Waldschnepfen beobachtet werden. Die Männchen beginnen dann ab Anfang März mit ihren Balzflügen zur Dämmerungszeit, welche bis Mitte Juli fortgeführt werden (Ferrand 1989). Gemäss

Estoppey (mündl. Mitteilung) können in den Voralpen Balzplatznachweise ab dem 15. April zur Brutpopulation gezählt werden.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit war es nicht möglich, flächendeckend in beiden Kantonen Balzplatzzählungen zu organisieren. Deshalb habe ich versucht die Erhebungen möglichst regelmässig in den voralpinen Waldgebieten der beiden Kantone Schwyz und St. Gallen zu verteilen (siehe Abb. A-1). Insgesamt konnte ich so zwischen dem 20. April und dem 23. Juni 19 Balzplatzzählungen in 13 verschiedenen Gemeinden bei vergleichbaren meteorologischen Bedingungen durchführen (Tab. A-2). An sieben der 19 Zählungen beobachtete ich die balzenden Männchen alleine von einem Zählpunkt aus. Bei 10 Balzplatzzerhebungen wurden mehrere Zählpunkte durch BeobachterInnen besetzt. Zusätzlich organisierte die Schweizerische Vogelwarte Sempach in Zusammenarbeit mit der Jagdorganisation CIC YO (Internationaler Rat zur Erhaltung des Wildes und der Jagd, Young Opinion) im Sonderwaldreservat Amden zwei koordinierte Balzplatzzählungen (siehe Anhang). Am 12. Mai 2007 wurden die balzenden Männchen an 15 Zählpunkten im Gebiet der Vorderen Höhi und am 2. Juni 2007 bei der Hinteren Höhi an 11 Zählpunkten erhoben.

Tab. A-2: Alle Waldschneepfen Balzplatzzählungen der Feldsaison 2007 in den Kantonen Schwyz (grau) und St. Gallen. Datum, Ort und Gemeinde, Höhenlage, Anzahl Zählpunkte (Anzahl BeobachterInnen) sowie der Beginn und das Ende der Zählungen.

| Datum | Ort (Gemeinde) | Höhe (m ü.M.) | Anzahl Zählpunkte | Beginn | Ende |
|------------|----------------------------|---------------|-------------------|--------|-------|
| 20.04.2007 | Letzbüel (Amden) | 1407 | 1 | 20h05 | 21h40 |
| 21.04.2007 | Hintere Höhi (Amden) | 1420 | 1 | 20h05 | 21h40 |
| 22.04.2007 | Chrüz (Amden) | 1543 | 1 | 20h05 | 21h40 |
| 02.05.2007 | Schlettern (Amden) | 1300 | 1 | 20h15 | 21h50 |
| 03.05.2007 | Schönenboden (Amden) | 1494 | 1 | 20h25 | 21h55 |
| 12.05.2007 | Vordere Höhi (Amden) | 1264 - 1564 | 15 | 20h35 | 22h05 |
| 14.05.2007 | Buchser Berg (Buchs) | 1065 - 1115 | 2 | 20h35 | 22h05 |
| 15.05.2007 | Regelstein (Ricken) | 1114 - 1229 | 2 | 20h35 | 22h05 |
| 16.05.2007 | Dreieggwald (Quarten) | 1267 - 1322 | 2 | 20h35 | 22h05 |
| 19.05.2007 | Heiken (Oberiberg) | 1309 - 1441 | 6 | 20h40 | 22h30 |
| 20.05.2007 | Schwantenau (Einsiedeln) | 879 | 1 | 20h40 | 22h30 |
| 21.05.2007 | Luggenböden (Plons) | 1100 - 1630 | 8 | 20h40 | 22h30 |
| 22.05.2007 | Trepental (Wägital) | 1005 - 1070 | 3 | 20h40 | 22h30 |
| 24.05.2007 | Moos (Tuggen) | 528 | 1 | 20h45 | 22h35 |
| 27.05.2007 | Hänsenberg (Wattwil) | 918 - 1001 | 3 | 20h45 | 22h35 |
| 30.05.2007 | Bödmere (Muothotal) | 1302 - 1418 | 4 | 20h45 | 22h35 |
| 31.05.2007 | Chlosterwald (Ennetbüchel) | 1313 - 1334 | 4 | 20h45 | 22h40 |
| 02.06.2007 | Hintere Höhi (Amden) | 1186 - 1423 | 11 | 20h45 | 22h40 |
| 23.06.2007 | Amselspitzwald (Gross) | 1243 - 1353 | 6 | 20h50 | 22h40 |

Bei allen Erhebungen wurde die gleiche Methode angewendet. Dabei zeichnete ich jeweils vor den Balzplatzzählungen auf einer 1:25'000 Landeskarte die Zählpunkte ein. Meistens befanden sich die Zählpunkte in einem Abstand von 200 m bis 600 m zueinander auf Waldlichtungen, Windwurfflächen oder Wegkreuzungen, die gut zu Fuss erreichbar waren. Bevor die einzelnen BeobachterInnen ihren Zählpunkt besetzten, habe ich die Personen instruiert sowie eine Karte und ein Protokoll verteilt (siehe Anhang). Zusätzlich wurden die Uhren abgeglichen, damit die genaue Überflugzeit der balzenden

Männchen notiert werden konnte. Auf dem Protokoll wurde auch die Anzahl der scharfen und brummenden Laute, Pfuitzen und Quorren genannt, der balzenden Männchen vermerkt. Die Balzplatzerhebungen fanden nur statt, wenn im Gebiet gute Sichtbedingungen herrschten und es nicht oder nur schwach regnete. Kurz vor Einbruch der Dämmerung mussten die BeobachterInnen auf ihrem Zählpunkt eingerichtet sein. Der Beginn der Zählungen verschob sich im Verlauf der Feldarbeit um insgesamt 45 Minuten nach hinten.

Nachweise aus der Datenbank der Schweizerischen Vogelwarte

Aus der Datenbank der Schweizerischen Vogelwarte habe ich alle Waldschnepfennachweise der beiden Kantone Schwyz und St. Gallen erhalten. Wie bei den Balzplatzzählungen während der eigenen Feldarbeit, wurden nur Beobachtungen zwischen dem 15. April und 30. Juni berücksichtigt. Die Nachweise aus der Datenbank weisen eine Genauigkeit von einem Quadratkilometer auf und waren somit ungeeignet für die Validierung des Habitatmodells. Deshalb habe ich die BeobachterInnen, mit mehr als drei Waldschnepfennachweisen zur Brutzeit, angefragt, ob sie mir die punktgenauen Koordinaten liefern könnten. Zusätzlich erhielt ich von R. Hess (SZ) und F. Rudmann (SG) aus ihren privaten Datenbanken zahlreiche Waldschnepfennachweise der vergangenen 30 Jahre. Die Daten von R. Hess sind über die gesamte Fläche des Kantons Schwyz verteilt. Es sind meist Zufallsbeobachtungen von auffliegenden Individuen oder Beobachtungen von balzenden Männchen. Die Nachweise von F. Rudmann stammen hauptsächlich aus den voralpinen Gebieten der Region Toggenburg (SG).

A-2. Resultate

2.1 Balzplatzzählungen

Im Untersuchungsgebiet sind bei 56 % aller Zählpunkte balzende Waldschnepfen beobachtet worden (Tab. A-3). Bei 27 (52 %) Zählpunkten im Kanton St. Gallen konnten balzende Individuen gesehen werden. Im Kanton Schwyz waren es 14 (67 %) Zählpunkte. In beiden Kantonen lag die Zahl der Überflüge bei 177, was einen Durchschnitt von 4.3 Überflüge pro Zählpunkt (ZP) ergab (SZ: 4/ZP; SG: 4.5/ZP). Die Zählpunkte mit Waldschnepfennachweisen lagen in einer durchschnittlichen Höhe von 1294 m ü.M. Die Zählpunkte ohne Überflüge befanden sich 110 m tiefer auf 1184 m ü.M.

Tab. A-3: Die Balzplatzzählungen der Waldschnepfen während der Feldsaison 2007 in den Kantonen Schwyz (grau) und St. Gallen. Datum, Ort und Gemeinde, Höhenlage, Anzahl Zählpunkte mit und ohne Waldschnepfenüberflüge sowie die Anzahl Überflüge aller Zählpunkte mit Waldschnepfennachweisen.

| Datum | Ort (Gemeinde) | Höhe (m ü.M) | Zählpunkte | mit Überflügen | ohne Überflüge | Anz. Überflüge |
|--------------|----------------------------|--------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| 20.04.2007 | Letzbüel (Amden) | 1407 | 1 | 1 | | 9 |
| 21.04.2007 | Hintere Höhi (Amden) | 1420 | 1 | 1 | | 6 |
| 22.04.2007 | Chrüz (Amden) | 1543 | 1 | | 1 | |
| 02.05.2007 | Schlettern (Amden) | 1300 | 1 | 1 | | 3 |
| 03.05.2007 | Schönenboden (Amden) | 1494 | 1 | 1 | | 1 |
| 12.05.2007 | Vordere Höhi (Amden) | 1264 - 1564 | 15 | 9 | 6 | 48 |
| 14.05.2007 | Buchser Berg (Buchs) | 1065 - 1115 | 2 | | 2 | |
| 15.05.2007 | Regelstein (Ricken) | 1114 - 1229 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 16.05.2007 | Dreieggwald (Quarten) | 1267 - 1322 | 2 | 2 | | 2 |
| 19.05.2007 | Heiken (Oberiberg) | 1309 - 1441 | 6 | 6 | | 25 |
| 20.05.2007 | Schwantenau (Einsiedeln) | 879 | 1 | 1 | | 2 |
| 21.05.2007 | Luggenböden (Plons) | 1100 - 1630 | 8 | 3 | 5 | 7 |
| 22.05.2007 | Trepental (Wägital) | 1005 - 1070 | 3 | 2 | 1 | 13 |
| 24.05.2007 | Moos (Tuggen) | 528 | 1 | | 1 | |
| 27.05.2007 | Hänsenberg (Wattwil) | 918 - 1001 | 3 | | 3 | |
| 30.05.2007 | Bödmere (Muothotal) | 1302 - 1418 | 4 | 3 | 1 | 7 |
| 31.05.2007 | Chlosterwald (Ennetbüchel) | 1313 - 1334 | 4 | | 4 | |
| 02.06.2007 | Hintere Höhi (Amden) | 1186 - 1423 | 11 | 8 | 3 | 44 |
| 23.06.2007 | Amselspitzwald (Gross) | 1243 - 1353 | 6 | 2 | 4 | 9 |
| Total | | | 73 | 41 | 32 | 177 |

2.2 Waldschnepfen Habitatmodell

Das Habitatmodell zeigt für verschiedene Gebiete der Kantone Schwyz und St. Gallen ein hohes landschaftsökologisches Potenzial für die Waldschnepfe an (Abb. A-2). Sehr gute zusammenhängende potenzielle Waldschnepfenlebensräume befinden sich im voralpinen Gürtel zwischen Vierwaldstätter- und Bodenseebecken. Insbesondere die Regionen Ibergereg (SZ), Leistchamm/Ricken (SG) und Schwägäl (SG) haben ein hohes landschaftsökologisches Potenzial für die Waldschnepfe. Obwohl die Höhenlage als Lebensraumfaktor für die Berechnung im GIS Habitatmodell nicht berücksichtigt wurde, finden sich nur wenige sehr gut geeignete Gebiete unter 900

m ü.M. Gebiete um das Thurtal und dem Zürcher Oberland weisen verbreitet ein gutes Lebensraumpotenzial auf.

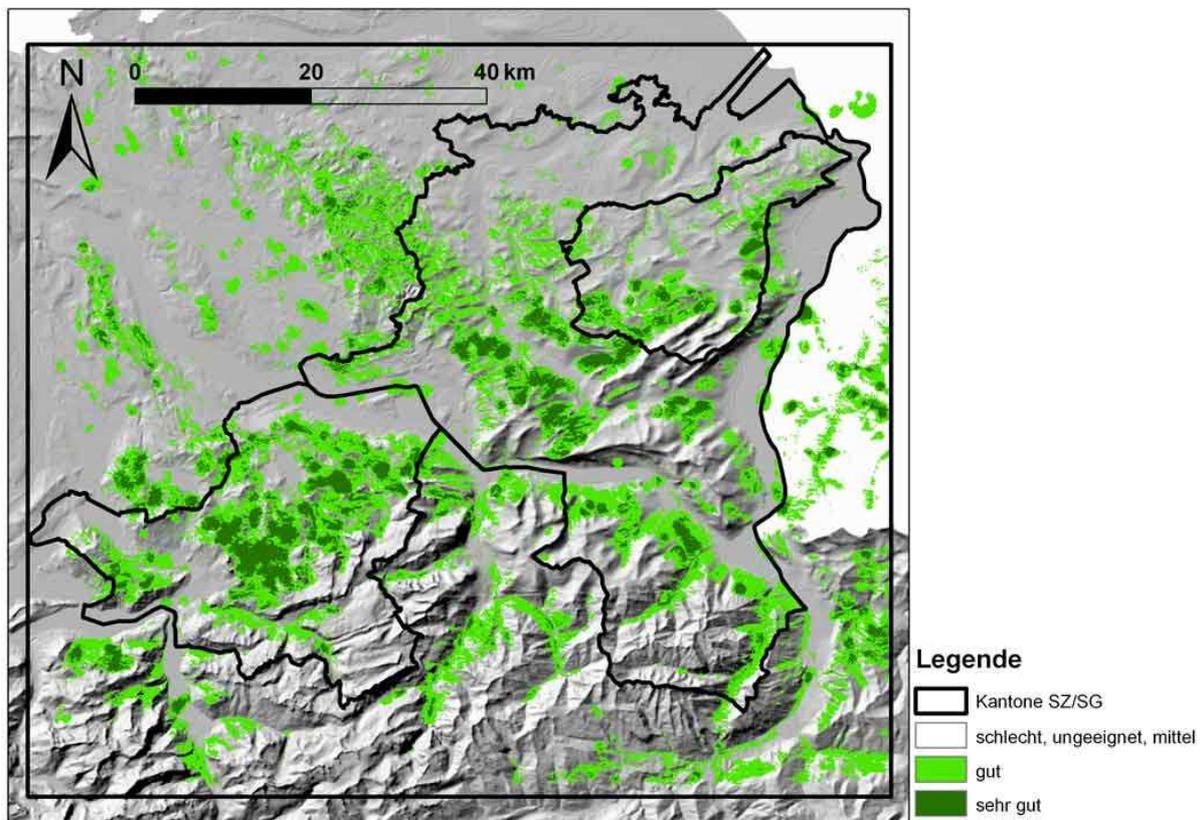


Abb. A-2: Habitatmodell für die Waldschnepfen in den nordöstlichen Voralpen mit den beiden Eignungskategorien gut (hell grün) und sehr gut (dunkel grün). Die Lebensraumeignungskategorien mittel, ungeeignet und schlecht sind transparent dargestellt, um eine Orientierung auf der Karte zu erleichtern. (Reliefkarte: ©swisstopo)

2.3 Modellvalidierung

Insgesamt wurde das Modell mit 115 Waldschnepfennachweisen aus den Kantonen Schwyz und St. Gallen überprüft (Tab. A-4). Um eine räumliche Klumpung zu vermeiden, habe ich die beiden koordinierten Zählungen vom 12. Mai im Gebiet Vordere Höhi und 2. Juni 2007 Hintere Höhi in Amden für die Validierung nicht berücksichtigt.

Zusätzlich zur Validierung des Habitatmodells des gesamten Untersuchungsgebiets habe ich auch die beiden Regionen Ibergereg (SZ; Abb. A-4) und Amden (SG; Abb. A-3) mit Nachweisen der Waldschnepfe überprüft. Im Gebiet der Ibergereg wurde im Zeitraum 1970 bis 2007 25 Waldschnepfennachweise gesammelt. Rund 20 Nachweise (80 %) lagen in den beiden besten Lebensraumeignungskategorien. Von neun Waldschnepfenbeobachtungen zwischen Wägi- und Sihltal waren es deren sechs (66 %) in den Kategorien gut oder sehr gut. Im Bödmerenwald habe ich das Modell mit fünf Waldschnepfennachweisen validiert. Ein Nachweis wurde in der Habitateignungskategorie ungeeignet und vier (80 %) in der Kategorie gut gemacht. Innerhalb des

Sonderwaldreservates Amden befanden sich alle 19 Waldschnefennachweise in den Habitateignungskategorien gut oder sehr gut.

Tab. A-4: Modellvalidierung mit Waldschnefennachweisen (WS) in den fünf Lebensraumeignungskategorien: *sehr gut*, *gut*, *mittel*, *ungeeignet* und *schlecht*. Die Nachweise (WS) stammen von Balzplatzzählungen, die im Rahmen dieser Studie (WS DA 2007) durchgeführt wurden und Daten aus der Datenbank der Vogelwarte Sempach (WS 2000 – 1970).

| Habitateignung | sehr gut | | gut | | mittel | | ungeeignet | | schlecht | |
|------------------------|--------------|-------|--------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|----------|---|
| | Anzahl | % | Anzahl | % | Anzahl | % | Anzahl | % | Anzahl | % |
| WS DA. 2007 | 4 | 15.4% | 18 | 69.2% | 0 | 0% | 4 | 15.4% | | |
| WS 2000 - 2007 | 6 | 22.2% | 13 | 48.2% | 3 | 11.1% | 5 | 18.5% | | |
| WS 1990 - 1999 | 10 | 43.5% | 8 | 34.8% | 4 | 17.4% | 1 | 4.3% | | |
| WS 1970 - 1989 | 9 | 23.1% | 25 | 64.1% | 4 | 10.3% | 1 | 2.5% | | |
| Total Nachweise | 29 | | 64 | | 11 | | 11 | | 0 | |
| Total Prozente | 25.2% | | 55.6% | | 9.6% | | 9.6% | | 0 | |

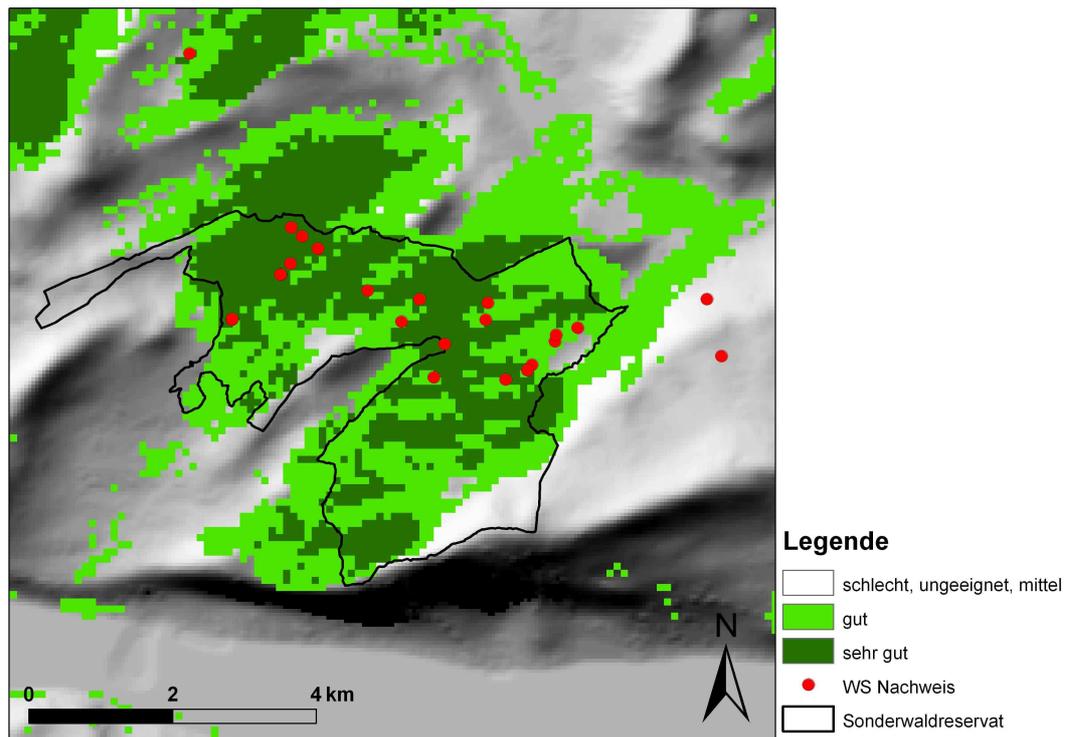


Abb. A-3: Ausschnitt des Waldschnepfen Habitatmodells um das Gebiet des Sonderwaldreservates Amden (SG) mit Waldschnepfennachweisen (rote Punkte) aus den Jahren 1970 bis 2007. Die Habitateignungsstufen sind grün oder transparent (schlecht, ungeeignet, mittel) dargestellt. WS = Waldschnepfe. (Reliefkarte: ©swisstopo)

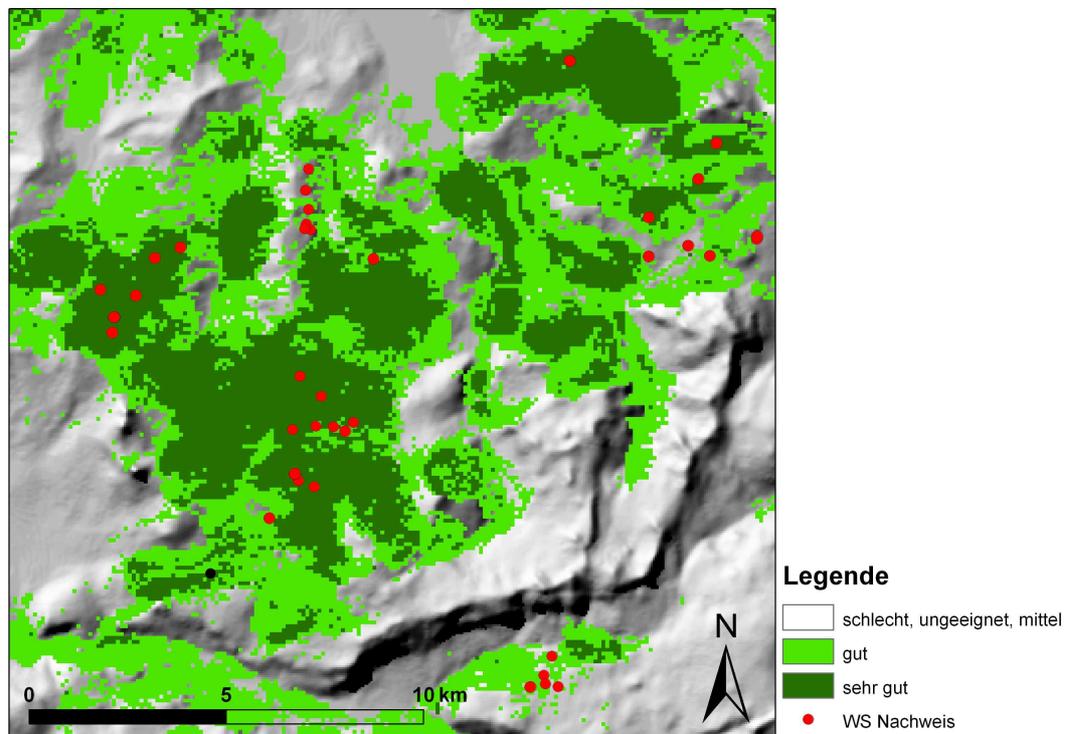


Abb. A-4: Ausschnitt des Waldschnepfen Habitatmodells um das Gebiet der Ibergereg (SZ) mit Nachweisen der Waldschnepfen (rote Punkte) aus den Jahren 1970 bis 2007. Die fünf Nachweise im südlichen Teil, liegen im Bödmerenwald (Moutathal). Die neun Punkte im nordöstlichen Gebiet zeigen Waldschnepfennachweise zwischen dem Wägi- und Sihltal. Habitateignungsstufen = grün/transparent; WS = Waldschnepfe. (Reliefkarte: ©swisstopo)

A-3. Diskussion

3.1 Die ausgewählten Lebensraumfaktoren bilden das aktuelle Vorkommen der Waldschnepfe gut ab

Bisher wurden im Alpenraum die Habitatnutzung der Waldschnepfen nur in wenigen Studien untersucht (Brüngger & Estoppey 2008). Für die französischen Alpen haben Lauer et al. (2006) ein GIS-basiertes Habitatmodell erstellt. Im Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung basierte das Habitatmodell von Lauer et al. (2006) auf Präsenzdaten von balzenden Männchen der Waldschnepfe. Dieses Habitatmodell zeigte, dass Waldschnepfen in den französischen Alpen Nadel- und Mischwälder im Jung- und Klimaxstadium, Höhenstufen zwischen 1037 und 1939 m ü.M. sowie N, NO, W, NW Expositionen bevorzugen. Ich versuchte diese Lebensraumfaktoren in das Habitatmodell für die nordöstlichen Voralpen zu integrieren. Für die beiden Kantone waren keine Daten zu Waldgesellschaften und Alterstufen vorhanden. Deshalb berücksichtigte ich die Waldfläche im Umkreis von 690 m um jede Rasterzelle. Balzende Waldschnepfenmännchen bevorzugten Waldstücke mit übersichtlichen Strukturen wie Lichtungen oder Windwurfflächen (Glutz von Blotzheim 1977; Mulhauser 2001). Dies wurde mit dem Lebensraumfaktor der inneren Waldränder, die ich aus dem Walddatensatz extrahierte, ins Habitatmodell eingebaut. Da Waldschnepfenbruten in der Schweiz zwischen 500 und 1900 m ü.M. dokumentiert sind (Glutz von Blotzheim 1977), habe ich die Höhen ü.M. nicht berücksichtigt.

Zudem müssen die Bedürfnisse der Art an Nahrung und Deckung während der Brutzeit im Modell berücksichtigt werden. Eine üppige Krautschicht und einzelne Strukturelemente, wie liegendes Totholz oder Wurzelteller, bieten den Waldschnepfen guten Sichtschutz vor Prädatoren (Hirons & Johnson 1987; Brüngger & Estoppey 2008; diese Studie). Diese Faktoren konnten in diesem Habitatmodell nicht verwendet werden, weil zurzeit solche Daten nicht flächendeckend existieren.

Regenwürmer können bis zu 80 % der Nahrung ausmachen, deshalb sind weiche Böden für die Nahrungssuche der Waldschnepfe von Bedeutung (Boidot 2005). Mit den drei Lebensraumfaktoren Flüsse/Bäche, Moorflächen/feuchte Stellen und Senken habe ich versucht, das Bedürfnis an weichen Böden im Habitatmodell darzustellen. Da mit diesen Faktoren die Ansprüche der Art feuchte Böden im Habitatmodell bereits genügend abgedeckt waren, verzichtete ich auf Klima- und Niederschlagsdaten. Wie jedoch Studien aus den Westschweizer Voralpen (Brüngger & Estoppey 2008) und dem Jura (Mulhauser 2001) zeigen, spielt die Niederschlagsmenge im Waldschnepfenlebensraum eine wichtige Rolle. Nur bei genügend Niederschlag ist gewährleistet, dass die Böden nicht austrocknen und die Nahrung im Boden den Waldschnepfen zugänglich ist.

Wie die Modellvalidierung zeigt, stimmt das vorhergesagte Lebensraumpotenzial sehr gut mit aktuellen Verbreitungsdaten der Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen überein. Mit einem einfachen Expertenmodell bestehend aus sechs Lebensraumfaktoren, konnte die potenzielle Verbreitung dieser Art im Untersuchungsgebiet bereits recht gut identifiziert werden. Somit decken die

gewählten Faktoren *ausgedehnte Wälder, Bäche/Flüsse, Moore, offene Waldflächen, Exposition* und *Senken/Feuchstellen* die wichtigsten Ansprüche der Waldschnepfe auf einer grossräumigen Skala gut ab. Das Habitatmodell dieser Arbeit wurde grösstenteils auf Erkenntnissen von Studien aus der Westschweiz (Waadtländer Voralpen und Jura) und den französischen Hochalpen abgestützt. Offenbar sind die, in den westlichen Regionen identifizierten, Lebensraumsprüche der Waldschnepfe mit den Ansprüchen der Art in den nordöstlichen Voralpen vergleichbar.

3.2 Habitatmodell weist verbreitet ein gutes Lebensraumpotenzial für die Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen aus

Ausgedehnte naturnahe, strukturierte, feuchte Wälder sind wichtige Voraussetzungen für die Waldschnepfe (Glutz von Blotzheim 1977). In den Waadtländer Voralpen nutzten besenderte Männchen während der Brutzeit (April bis Juni) eine durchschnittliche Balzplatzgrösse von 150 ha (Brüngger & Estoppey 2008). Aufgrund der Standortbedingungen und der Topografie gehören im Voralpengebiet genügend grosse, strukturierte Waldgebiete mit feuchten Böden zu den natürlichen Lebensräumen (Delarze et al. 1999). In dieser Zone sorgt ein Verzahnung von Moorflächen, extensiv bewirtschafteten Weiden und naturnahen Wäldern für attraktive Lebensräume, die auch von der Waldschnepfe aufgesucht werden (Estoppey 2001a). Mit dem Habitatmodell konnte gezeigt werden, dass im voralpinen Gürtel der Kantone Schwyz und St. Gallen ein hohes Lebensraumpotenzial für die Waldschnepfe besteht. Gemäss der Modellvalidierung liegen 81 % aller Waldschnepfennachweise in den Habitateignungskategorien sehr gut oder gut. Somit deckt sich die aktuelle Verbreitung der Waldschnepfe im Untersuchungsgebiet gut mit den Lebensräumen, die ein hohes Potenzial für diese Art aufweisen.

Gemäss dem Habitatmodell konzentrieren sich im Kanton Schwyz die sehr gut geeigneten Waldschnepfenhabitate auf das Gebiet zwischen dem Wägital und der Ibergereg. Im Süden sind die potenziellen Lebensräume durch die Alpen begrenzt. Nördlich des Kerngebietes um die Ibergereg zieht sich die Grenze vom Wägital über den Etzel entlang dem Rothenthurmmoor und Höhronen bis zur Kantongrenze am Vierwaldstättersee. Gemäss Hess (mündl. Mitteilung) deckt sich somit der potenzielle Lebensraum mit dem tatsächlichen Vorkommen der Waldschnepfe im Kanton Schwyz.

In der Region Ibergereg, wo in den neunziger Jahren den Bestand von balzenden Waldschnepfenmännchen auf 10 bis 30 Individuen geschätzt wurde (Hess 1996), weist das Habitatmodell ein besonders hohes Angebot an sehr guten Lebensräumen auf. Die Resultate der eigenen Balzplatzzählungen zeigen, dass die Region Ibergereg auch heute noch eine Waldschnepfenpopulation beherbergt. Konnten doch bei acht von zwölf Zählpunkten um die Ibergereg balzende Männchen beobachtet werden. Interessant war auch die Beobachtung eines balzenden Männchens im Gebiet Schwantenu bei Einsiedeln auf einer Höhe von 879 m ü.M. Dass Waldschnepfen so tief gelegene Lebensräume nutzten, stellt sicherlich eine Ausnahme dar. Denn im Waldstück Moos, oberhalb von Tuggen auf 528 m ü.M., das gemäss dem Habitatmodell ein gutes Lebensraumpotenzial hat, konnte ich keine balzende Waldschnepfen feststellen.

Der Kanton St. Gallen hat mehrere Regionen mit einem hohen Potenzial für die Waldschnepfe. Sehr gute zusammenhängende Waldschnepfenlebensräume befinden sich zwischen dem Ricken und dem Sonderwaldreservat Amden. Auch diese Gebiete sind gezeichnet durch ein Mosaik von Moorflächen und naturnahen Wäldern. Mit den eigenen Balzplatzzählungen konnte ich bestätigen, dass balzenden Waldschnepfenmännchen das hohe Lebensraumpotenzial dort nutzen.

Bei zwei Balzplatzzählungen mit insgesamt sechs Zählpunkten in Chlosterwald bei Ennetbüchel und Hänsenberg östlich von Wattwil konnten keine Waldschnepfen beobachtet werden. Dieses Gebiet zwischen der Schwägälp und dem Hügelgebiet um Wattwil weist gemäss dem Habitatmodell ein gutes bis sehr gutes Lebensraumpotenzial auf. Bei den Balzplatzzählungen konnte ich einen Unterschied in der Waldstruktur zu Gebieten in Amden oder beim Ricken feststellen. So sind die Wälder deutlich weniger mit den offenen Landwirtschaftsflächen verzahnt, die Waldränder strukturarm und zudem hat es deutlich weniger Moorflächen.

Während der Feldarbeit konnte ich auf der gesamten westlichen Flanke zwischen dem Walensee und Bad Ragaz bei Balzplatzzählungen mehrfach Waldschnepfen nachweisen. In dieser Region decken sich die Nachweise sehr gut mit dem Potenzialgebiet der Art. Ebenfalls ein hohes Potenzial scheint das Kaltbrunnerried in der Linthebene zu besitzen. Zur Brutzeit sind jedoch keine Waldschnepfennachweise aus diesem Gebiet bekannt. Beobachtungen im Frühling oder Herbst während dem Zug zeigen, dass das Gebiet sehr wohl durch die Waldschnepfe genutzt wird (Robin, mündl. Mitteilung).

3.3 Ausblick

Im Rahmen meiner Diplomarbeit wurde ein Habitatmodell aufgrund von Angaben aus der Literatur entwickelt und mit bekannten Vorkommen der Waldschnepfe überprüft. Da im Alpenraum nur wenige Studien über die Habitatsansprüche dieser Art vorliegen, war es schwierig, ein Habitatmodell auf diesen Angaben abzustützen. Die Modellvalidierung hat jedoch gezeigt, dass die ausgewählten Lebensraumfaktoren, das aktuelle Vorkommen dieser Art gut wiedergeben. Zukünftige Waldschnepfenhabitatmodelle könnten auf der Basis von Präsenz-/Absenzdaten entwickelt werden. Interessant wäre dabei ein Vergleich zwischen einem Experten- und einem statistischen Modell in einer Fallregion.

Einen weiteren Punkt, den ich im Habitatmodell nicht berücksichtigt habe, ist der Einfluss von menschlicher Störung auf die Waldschnepfe. So wurde, als mögliche Ursache für den Rückgang von Waldschnepfen, in einem Waldgebiet in der Nähe von Lausanne Störung, durch freilaufende Hunde angegeben (Estoppey 2001b). Es fehlen jedoch hormonphysiologische oder Telemetrie Untersuchungen, die diese Vermutung stützen. In GIS-basierten Habitatmodellen könnte dieser Aspekt über eine indirekte Variable berücksichtigt werden, welche die Distanz zum nächsten begehbaren Waldweg misst.

Es wäre zudem interessant, das Untersuchungsgebiet auszudehnen und ein Modell für die ganze Schweiz zu entwickeln. Ein solches Modell könnte Hinweise über potenzielle

Waldschnepfenvorkommen im Mittelland geben, wo die Art in den letzten Jahrzehnten einen starken Rückgang verzeichnete (Estoppey 2001a). Dies könnte in der Zukunft ein Monitoring dieser Roten Liste Art vereinfachen. Wälder mit potenziellen Waldschnepfenvorkommen könnten gezielt für Balzplatzzählungen aufgesucht und für die Waldschnepfe aufgewertet werden.

TEIL B] Habitatnutzung – Sonderwaldreservat Amden

| | |
|--|-----------|
| Habitatnutzung – Sonderwaldreservat Amden | 19 |
| B-1. Methoden | 20 |
| 1.1. Untersuchungsgebiet | 20 |
| 1.2. Datenerhebung | 21 |
| 1.3. Statistische Auswertung | 25 |
| B-2. Resultate | 27 |
| 2.1 Verbreitung der Waldschnepfe | 27 |
| 2.2 Habitatanalyse | 28 |
| B-3. Diskussion | 30 |
| 3.1 Verbreitung der Waldschnepfe im Untersuchungsgebiet | 30 |
| 3.2 Die Waldstruktur im Waldreservat bietet den balzenden Männchen gute Überflugbedingungen | 30 |
| 3.3 Strukturelemente und Krautschicht decken das Sicherheitsbedürfnis der Waldschnepfe | 31 |
| 3.4 Bodeneigenschaften beeinflussen das Nahrungsangebot der Waldschnepfe im Sonderwaldreservat Amden | 32 |
| 3.5 Methodendiskussion | 32 |

B-1. Methoden

1.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Gemeinde Amden am rechten unteren Rand des Walenseebeckens (Abb. B-1). Das Gebiet umfasst die Mulde zwischen Gulmen und Leistchamm im 1772 ha grossen Sonderwaldreservat Amden und erstreckt sich über die grossen zusammenhängenden Waldgebiete im Norden und Osten der Gemeinde (Ehrbar 2006). Rund 55 % der Fläche des Waldreservats sind bewaldet, Moorbiotope (16 %), Dauer- und Mähweiden, alpine Grasfluren und Felsgebiete bilden die übrigen Landschaftseinheiten.

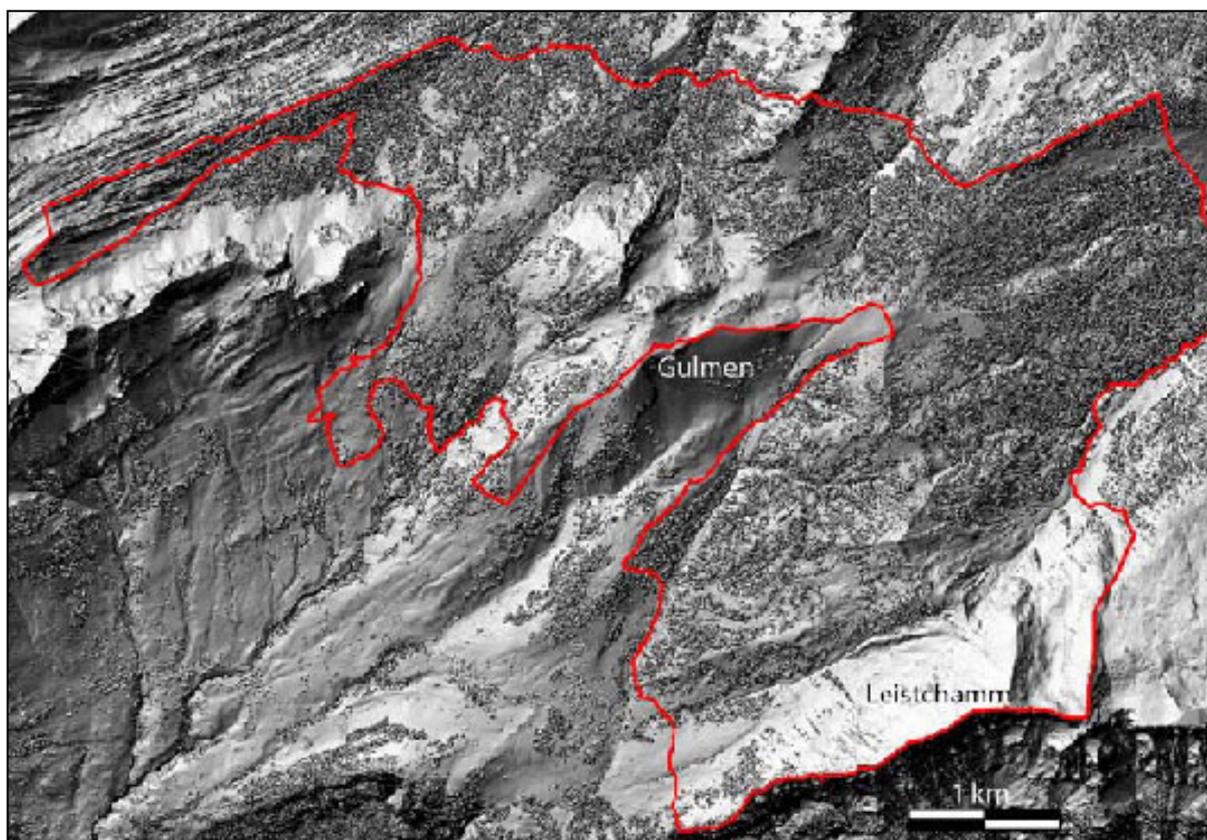


Abb. B-1: Karte der Region Amden mit dem Waldreservat als Untersuchungsgebiet (rote Linie). Bei der Karte handelt es sich um eine Computersimulation, die mit Laserscannerdaten (LiDAR) erstellt wurde. (Lukas Mathys & Kurt Bollmann, Eidg. Forschungsanstalt WSL, ©swisstopo)

Klimatisch kann das Untersuchungsgebiet in zwei unterschiedliche Zonen unterteilt werden. Im südwestlichen Gebiet stellt man die Wirkung des Föhns deutlich fest (Frey 1995). Der nordöstliche Teil gegen das Toggenburg, weist ein typisch ozeanisches Randalpenklima mit viel Niederschlag auf. Diese Niederschläge haben eine hohe Schneedecke zur Folge, welche im Mittel rund ein halbes Jahr liegen bleibt. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 4.9°C (Ehrbar 2006). Geologisch wird die Region von Kreideflysch und Kalkeinheiten der Helvetischen Decken dominiert. In weiten Teilen des Untersuchungsgebiets überwiegt der Kreideflysch, ein Sammelbegriff für Sandstein, Schiefer und Mergel (Herb 1962).

Der Leistchamm ist mit 2101 m ü.M. der höchste Punkt des Untersuchungsgebietes und liegt bereits in der subalpinen Zone. Auf dieser Höhenstufe kann einzig die Fichte überdauern und kommt oft als Typischer-Zwergbuchs-Fichtenwald (*Polygalo chamaebuxi-Piceetum typicum*) Gesellschaft vor. Die obermontane Stufe zwischen 1100 und 1300 m ü.M. bildet die grösste Flächeneinheit des Waldreservates. Hier prägen, die für das St. Gallische Voralpengebiet typischen, Tannen-Fichtenwälder die Landschaft. Mit rund 24 % ist der Heidelbeer-Tannen-Fichtenwald mit Torfmoos (*Vaccino myrtilli-Abieti Piceetum sphagnetosum*) im Waldreservat am häufigsten vertreten (Ehrbar 2006). Gegen Amden im Südwesten und die Tallagen im Toggenburg im Nordosten geht das Waldreservat immer mehr in die untermontane Stufe über. In dieser Zone löst die Buche die Fichte als Baumart ab, die Hochstauden-Tannen-Buchenwälder dominieren. Der Typische-Hochstauden-Tannen-Buchenwald (*Adenostylo alliariae-Abieti-Fagetum typicum*) ist mit 15 % im gesamten Waldreservat häufig vorhanden (Ehrbar 2006). Der tiefste Punkt des Reservats findet sich bei 1041 m ü.M. am Leistbach auf Toggenburger Seite.

1.2 Datenerhebung

Verteilung der Waldschnepfen

Die Datenerhebung fand im Zeitraum vom 1. Mai bis am 30. Juni 2007 statt. Die Feldarbeit war zeitlich so angelegt, dass sie auf die Brutzeit der Waldschnepfen in den Voralpen fiel. In dieser Zeit überschneiden sich die Balzaktivitäten der Männchen mit dem Brutverlauf der Weibchen (Brüngger & Estoppey 2008).

Die Datenerhebung basierte auf der gezielten Suche nach indirekten Nachweisen zur Verbreitung der Art (Spurentaxation). Diese Methode wurde bereits für gefährdete Arten wie das Auerhuhn (z.B. Bollmann et al. 2005) oder das Haselhuhn (*Bonasa bonasia*) (Schäublin 2007) erfolgreich angewendet. Bei der Waldschnepfe wurde die Spurentaxation bisher in keiner Studie getestet (Estoppey, mündl. Mitteilung). Als Spuren galten: Losungen, Federn, Frassspuren (Schnabellöcher) und Trittsuren. Zusätzlich habe ich auch direkte Sichtbeobachtungen berücksichtigt. Eine Referenzlosung einer verletzten Waldschnepfe erhielt ich von der Pflegestation der Schweizerischen Vogelwarte.

Tab. B-1: Nachweiskategorien für direkte Sichtbeobachtungen und indirekte Waldschnepfen Nachweise.

| Kategorie | Wahrscheinlichkeit | Waldschnepfen (WS) Nachweise |
|-----------|-----------------------------|---|
| 1. | sicher Waldschnepfe | a) direkte Waldschnepfen Beobachtung b) Frassspuren und Losung zusammen am gleichen Fundort |
| 2. | wahrscheinlich Waldschnepfe | a) deutliche Frassspuren (Schnabellöcher können deutlich der WS zugeordnet werden) b) frische Losung (Losung noch feucht, nicht eingetrocknet) |
| 3. | unsicher Waldschnepfe | a) undeutliche Frassspuren (nicht deutlich der WS zu zuordnen) b) alte eingetrocknete Losung |

Jeder indirekte Nachweis wurde im Feld fotografiert und in einem Plastikbehälter in die Feldstation mitgenommen. Eine Unterscheidung zwischen Männchen und Weibchen war nicht möglich. Um mit einer grossen Wahrscheinlichkeit ausschliessen zu können, dass es sich bei den gefundenen Nachweisen um andere Tierarten als die Waldschnepfe handelte, habe ich die Spuren in drei Kategorien eingeteilt: *sicher*, *wahrscheinlich*, *unsicher* (Tab. B-1). Habitatvariablen habe ich ausschliesslich bei Waldschnepfennachweisen der ersten beiden Kategorien protokolliert.

Zur standardisierten Erfassung der Waldschnepfe habe ich in einer digitalen 1:25'000 Karte ein virtuelles Raster mit Quadraten von 125 m x 125 m über das Sonderwaldreservat Amden gelegt. Im Rahmen dieser Studie war es nicht möglich, alle Rasterquadrate zu bearbeiten. Um trotzdem eine möglichst hohe Standortvariabilität abzudecken, legte ich vier kreisförmige Untersuchungsflächen (Radius 600 m) über das Untersuchungsgebiet (Abb. B-2). Eine Untersuchungsfläche (Kreis A) befand sich bei der Hinteren Höhi. Die drei übrigen kreisförmigen Untersuchungsflächen (Kreise B, C, D) gruppierten sich um die Vordere Höhi. Das Zentrum der Untersuchungsfläche wurde an Zählpunkten der koordinierten Waldschnepfen Balzplatzzerhebungen (siehe Anhang) gesetzt, wo balzende Männchen beobachtet wurden. Beim Untersuchungskreis A bei der Hinteren Höhi startete ich die indirekte Spurentaxation. Bald stellte ich fest, dass die zur Verfügung stehende Zeit nicht reichen wird, um alle Rasterquadrate in einem Kreis zu bearbeiten. So bearbeitete ich ab dem 12. Mai nur noch jedes zweite Rasterquadrat, was ein Total von 167 bearbeiteten Rasterquadraten ergab. Für die gesamte Feldarbeit verfügte ich über einen Handheld-Computer mit der darin gespeicherten Karte und aufsetzbarem GPS Empfänger. Dies ermöglichte mir ein systematisches Vorgehen bei der Spurentaxation und eine gute Orientierung im Gelände. Zudem war es möglich, die Fundorte direkt digital auf dem Kartenblatt festzuhalten.

Um den zeitlichen Aufwand der Feldarbeit in Grenzen zu halten, suchte ich innerhalb eines Rasterquadrates selektiv Wald- und Geländestrukturen, welche im Lebensraum der Waldschnepfe von Bedeutung sind, nach Spuren ab. Die Liste für diese Untersuchung wurde in Zusammenarbeit mit dem Waldschnepfenexperten F. Estoppey erarbeitet und von Dr. K. Bollmann (Eidg. Forschungsanstalt WSL) ergänzt.

Obligatorisch abzusuchende Elemente:

- feuchte Stellen in Flach- und Hochmooren
- flache oder muldenähnliche Zonen (Senken) mit feuchten Böden, inklusive Hirschsuhlen
- offene Bodenstellen ohne Vegetation
- Wurzelteller mit feuchten Stellen
- Ufer- / Randbereich von Bachläufen und Rinnsalen
- offene Flächen im Wald wie Holzschlagfläche, Windwurfflächen oder Wegkreuzungen

- Waldwege mit Pfützen und feuchten Stellen, inklusive Randbereich mit Karrenspuren
- Fahrinnen von Maschinenwegen und Forstmaschinen

Bei der Suche nach indirekten Nachweisen der Waldschnepfe habe ich die vorhandenen Strukturelemente in zufälliger Reihenfolge und ohne zeitliche Limite angelaufen. Ein Rasterquadrat wurde solange bearbeitet, bis alle obligatorischen Elemente abgelaufen waren oder bis ein Waldschnepfennachweis erfolgte. Erst danach wurde das nächste Rasterquadrat bearbeitet.

Wenn ich während der Datenerhebung einen Nachweis erbringen konnte, erhob ich anschliessend in einer Referenzfläche (Plot) von 25 m x 25 m, mit dem Fundort als Zentrum, die vordefinierten Habitatvariablen gemäss Tabelle B-2. Die Plotgrösse von 625 m² hängt damit zusammen, dass Waldstrukturdaten erst ab einer minimalen Fläche von 500 m² repräsentativ charakterisiert werden können (Braun-Blanquet 1964). Um den von der Waldschnepfe genutzten Lebensraum statistisch auswerten zu können, habe ich eine gleiche Anzahl zufällig ausgewählter Flächen (Zufallplots, 25 m x 25 m) aufgenommen. Die Zufallsplots habe ich in einer Distanz von 50 m zu den Waldschnepfennachweisen in einer zufällig ausgewählten Richtung angelaufen.

Habitatvariablen

Die Variablenliste umfasste 33 Variablen, die thematisch in sechs Variablengruppen unterteilt waren (Tab. B-2). Zu den Standortfaktoren gehören Exposition, Hangneigung und Geländeform. Obwohl zwischen Waldschnepfen- und Zufallplot nur eine Distanz von 50 m besteht, haben diese Variablen einen Einfluss auf klimatische Verhältnisse wie Besonnung, Niederschlag und Temperatur. Sie stehen in Zusammenhang mit den übrigen Variablen. Die Strukturvariablen beschreiben Deckungsmöglichkeiten wie liegendes Totholz oder Wurzelteller. Waldlichtungen und Bäche sind beliebte Aufenthaltsorte während der Nahrungssuche und beliebte Leitstrukturen von balzenden Männchen (Glutz von Blotzheim 1977).

Die Variablengruppe Baumschicht beschreibt den Baumbestand. Anzahl Bäume, Zusammensetzung und Verteilung der Baumarten sind für die Vertikal- und Horizontalstruktur des Waldbestandes und die Ausprägung und Qualität der Bodenvegetation verantwortlich. Zur Berechnung von Deckungsgraden verwendete ich die "Tafel zur Schätzung und Berechnung von Deckungsgraden und Artmächtigkeit" (Gehlker 1977, siehe Anhang). Die Strauchschicht berücksichtigt die Vegetation zwischen einem halben und fünf Meter Höhe. Sie gewährt den Waldschnepfen Sichtschutz vor Greifvögeln. Die Variablengruppe Krautschicht beinhaltet die Vegetation unter einem halben Meter. In dieser Arbeit wurde zwischen Zwergsträucher-, Gräser-, Moos-, Farn- und Gefässpflanzenschicht unterschieden. Zu den Zwergsträuchern zählten alle Arten der Gattung Heidelbeeren (*Vaccinium*).

Die Variablengruppe der Bodeneigenschaften beinhaltet insgesamt sieben Variablen. Regenwürmer sind für die Waldschnepfe eine wichtige Nahrungsgrundlage während der Brutzeit (Hirons & Johnson 1987). Auf einer quadratischen Probestfläche von 0.5 m x 0.5 m schaufelte ich die obersten 8 cm der Erdschicht auf eine Plastikfolie. Dort zählte und wog ich die Regenwürmer. Weil Regenwürmer die Eigenschaft haben bei Erschütterungen nach unten zu fliehen (Duriez 2003), wendete ich eine zweite

Methode zur Erfassung des potenziellen Nahrungsangebots an. Dabei spülte ich die Regenwürmer mit einer Senfwasserlösung (5 g auf 3 l Wasser) aus den tieferen Schichten an die Oberfläche, wo ich sie auszählte und ihr Gewicht wog. Waldschnepfen stochern gerne in weichen Böden nach Nahrung, meiden jedoch Habitate mit harten ausgetrockneten Böden. Um die Bodenfestigkeit zu messen, bildete ich einen Waldschnepfenschnabel (8 cm lang) nach, spannte diesen in eine schlanke Holzkonstruktion ein, die mit einem beweglichen Gewicht ausgestattet war. Mit dieser Konstruktion, dem Schnepfometer (siehe Anhang), konnte ich die Anzahl Impulse messen, bis der künstliche Schnabel in den Boden eingedrungen war. So konnte ich die Bodenfestigkeit von Plots mit Waldschnepfennachweisen mit jenen von Zufallsplots vergleichen.

Tab. B-2: Liste der 33 erhobenen Variablen zu Standort, Strukturelemente, Baum-, Strauch- und Krautschicht sowie Bodeneigenschaften. Ausser bei den Bodeneigenschaften (0.5 m x 0.5 m) erfolgte die Erhebung der Variablen in einem 25 m x 25 m grossen Plot. Die Spalte Definition zeigt Klassen und Grenzwerte, welche für die Variablen verwendet wurden. Weiter sind all jene Variablen angegeben, die eine paarweise Korrelation von $r > 0.7$ mit anderen verwendeten Variablen aufwiesen.

| Variablengruppe/ Variable | Abkürzung | Datentyp | Definition | Korrelation ($r > 0.7$) mit Variable |
|------------------------------|-----------|------------|--|---|
| Standort | | | | |
| Exposition | EXPO | kategorial | 0° Nordhang, 45° Nordosthang, 90° Osthang, 135° Südosthang, 180° Südhang, 225° Südwesthang, 270° Westhang, 315° Nordwesthang | |
| Hangneigung | HANG_ZAHL | metrisch | Zahl | HANG_KL |
| Hangneigung | HANG_KL | kategorial | 1: 0° - 5°, 2: 5° - 15°, 3: 15° - 30°, 4: 30° - 45°, 5: > 45° | HANG_ZAHL |
| Geländeform | GELA | kategorial | 1: Ebene Fläche, 2: Kuppe, Oberhang, 3: Mittelhang, 4: Hangfuss, Mulde | |
| Strukturelemente | | | | |
| Lichtungen Anzahl | LICH_ANZ | metrisch | Anzahl Flächen | |
| Lichtungen Fläche | LICH_FL | metrisch | Quadratmeter | |
| Bach Anzahl | BACH_ANZ | metrisch | Anzahl Bäche | BACH_LM |
| Bach Länge | BACH_LM | metrisch | Meter durch Probefläche | BACH_ANZ |
| Feuchte Anzahl Stellen | FESTE_ANZ | metrisch | Anzahl Feuchte Stellen | |
| Feuchte Fläche Stellen | FESTE_QM | metrisch | Quadratmeter | |
| Wurzelteller | WURZ_ANZ | metrisch | Anzahl | |
| Liegendes Totholz | TOT_LM | metrisch | Meter (Länge/Höhe > 0,3 m) | |
| Baumschicht > 5 m | | | | |
| Stufigkeit | STUF | kategorial | 1: einschichtig, 2: mehrschichtig, 3: stufig | |
| Schlussgrad | SCHL | kategorial | 1: gedrängt, 2: räumig, 3: aufgelöst, 4: gruppiert | |
| Baumschicht- Deckungsgrad | DECK | metrisch | Prozent | BSTAM, NADE |
| Stehendes Totholz | TOT_PR | metrisch | in Prozent | TOT_ANZ |
| Stehendes Totholz | TOT_ANZ | metrisch | Anzahl | TOT_PR |
| Baumstammzahl | BSTAM | metrisch | Anzahl | DECK, NADE |
| Anzahl Laubbäume | LAUB | metrisch | Anzahl | |
| Anzahl Nadelbäume | NADE | metrisch | Anzahl | DECK, BSTAM |

| Variablengruppe/ Variable | Abkürzung | Datentyp | Definition | Korrelation (r >0.7) mit Variable |
|---------------------------------------|------------|----------|---|--------------------------------------|
| <i>Strauchschicht < 5 m</i> | | | | |
| Strauchschicht- Deckungsgrad | STR_DE | metrisch | in Prozent | |
| <i>Krautschicht < 0.5 m</i> | | | | |
| Krautschicht- Deckungsgrad | KRA_DE | metrisch | in Prozent | |
| Zwergsträucher Deckungsgrad | ZWE_DE | metrisch | in Prozent | |
| Gräser Deckungsgrad | GRA_DE | metrisch | in Prozent | |
| Farn Deckungsgrad | FAR_DE | metrisch | in Prozent | |
| Moos Deckungsgrad | MOO_DE | metrisch | in Prozent | |
| Gefässpflanzen Deckungsgrad | GEF_DE | metrisch | in Prozent | |
| <i>Bodeneigenschaften</i> | | | | |
| Offene Bodenstellen | OFBO_DE | metrisch | | |
| Regenwürmer Anzahl | REG_OB_ANZ | metrisch | Anzahl Regenwürmer in obersten 8 cm der Probestfläche | REG_OB_GR |
| Regenwürmer Gewicht | REG_OB_GR | metrisch | Gewicht (g) Regenwürmer in obersten 8 cm der Probestfläche | REG_OB_ANZ, REG_SE_GR |
| Regenwürmer Anzahl Senf | REG_SE_ANZ | metrisch | Anzahl Regenwürmer mit Senf- wasserlösung | REG_SE_GR |
| Regenwürmer Gewicht Senf | REG_SE_GR | metrisch | Gramm (g) Regenwürmer mit Senf- wasserlösung | REG_SE_ANZ, REG_OB_GR |
| Bodenfestigkeit | BOFES | metrisch | Anzahl Impulse mit Schnepfometer | |

1.3 Statistische Auswertung

Ich habe die 33 Umweltvariablen in den sechs Variablengruppen: *Standortdaten*, *Strukturelemente*, *Baumschicht*, *Strauch- und Krautschicht* sowie *Bodeneigenschaften* in einer Access-Datenbank erfasst. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm R Version 2.5.1. In der Auswertung suchte ich nach Schlüsselementen, welche die Habitatwahl von Waldschnepfen erklären. Mit einer logistischen Regression verglich ich die Umweltvariablen bezüglich Waldschnepfenplots mit den Zufallsplots. Die Habitatanalyse umfasste einen Datensatz von je 30 Waldschnepfen- und Zufallsplots. Die Umweltvariablen sind somit die unabhängigen Variablen, Waldschnepfe (Ausprägung: 1) / Zufall (0) bilden die dichotome, abhängige Variable.

Die Variable "Offene Bodenstellen" (OFBO_DE) konnte im Feld nicht einheitlich erhoben werden und wurde deswegen nicht in der statistischen Auswertung berücksichtigt. Zu hohe Korrelationen zwischen zwei unabhängigen Variablen können laut Menard (2001) zu Problemen bei der logistischen Regression führen. Werden beide Variablen im Modell berücksichtigt und erhalten so eine zu starke Gewichtung, wird das Modell negativ beeinflusst. Liegt der Korrelationswert zweier unabhängiger Variablen über 0.7, darf nur eine der betroffenen Variablen ins Modell einfließen (Fielding et al. 2005). In dieser Arbeit wurde in solchen Fällen diejenige Variable für das Habitatmodell verwendet, die ich metrisch erfasste oder für die Waldschnepfe bedeutender ist. So habe ich die Gesamtlänge der Bäche in einem Plot, der Anzahl Bäche vorgezogen. Da der Baumschicht-Deckungsgrad für die Waldschnepfe eine wichtige Schutzfunktion vor Greifvögeln hat, liess ich die Variablen

Baumstammzahl und Anzahl Nadelbäume fallen. Den Prozentsatz an stehendem Totholz habe ich auf Kosten der Anzahl an stehenden Totholzstämmen verworfen. Bei den Bodeneigenschaften berücksichtigte ich die Biomasse der Regenwürmer und nicht deren Anzahl.

Nach diesem Schritt verblieben noch 22 erklärende Variablen, mit denen ich die Habitatanalyse durchführte. Wie Hosmer & Lemeshow (2000) vorschlugen, habe ich zuerst alle erklärenden Variablen mit einer logistischen Regression univariat ausgewertet. Alle signifikanten Variablen mit $p < 0.05$ habe ich für die weitere Auswertung berücksichtigt und für die multivariate logistische Regression verwendet. Um aus diesem Set die relevanten Variablen für das Endmodell zu selektieren, verwendete ich die Backward-stepwise Methode (Menard 2001). Bei der Backward-stepwise Methode werden zuerst alle unabhängigen Variablen ins Modell aufgenommen (in diesem Fall 8 Variablen). Von den erklärenden Variablen fallen schrittweise diejenigen weg, die den geringsten Anteil der Varianz im Modell erklären. Am Schluss verblieben jene Variablen, die einen signifikanten ($p < 0.05$) Beitrag zum Modell leisten oder Bestandteil einer starken Variablenkombination sind.

Die Standortvariablen Exposition, Neigung und Geländeform habe ich nicht in der logistischen Regression berücksichtigt, aber monofaktoriell ausgewertet. Ich wollte damit erreichen, dass in der multiplen Analyse die wesentlichen Bodeneigenschaften und Strukturelemente identifiziert werden, welche die kleinräumigen Habitatpräferenzen der Waldschnepfe im Waldreservat beeinflussen. Zudem können die Resultate der Analyse der Standortvariablen aus dem Waldreservat Amden nicht verallgemeinert werden. Die vorliegende Studie wurde nur in einem Fallgebiet durchgeführt, Waldschnepfenlebensräume können sich aber in der Topografie stark unterscheiden.

Zusätzlich habe ich alle Variablen, die ich für das logistische Regressionsmodell verwendete, auch noch monofaktoriell ausgewertet. Dabei habe ich für kategoriale Variablen den Chi²-Test, den Wilcoxon Rang-Summentest für kontinuierliche Variablen angewendet. Dieses Vorgehen wählten bereits Hiron & Johnson (1987) in ihrer Studie in Grossbritannien und Hudgins et al. (1985) bei Untersuchungen an der Amerikanischen Waldschnepfe (*Scolopax minor*).

B-2. Resultate

2.1 Verbreitung der Waldschnepe

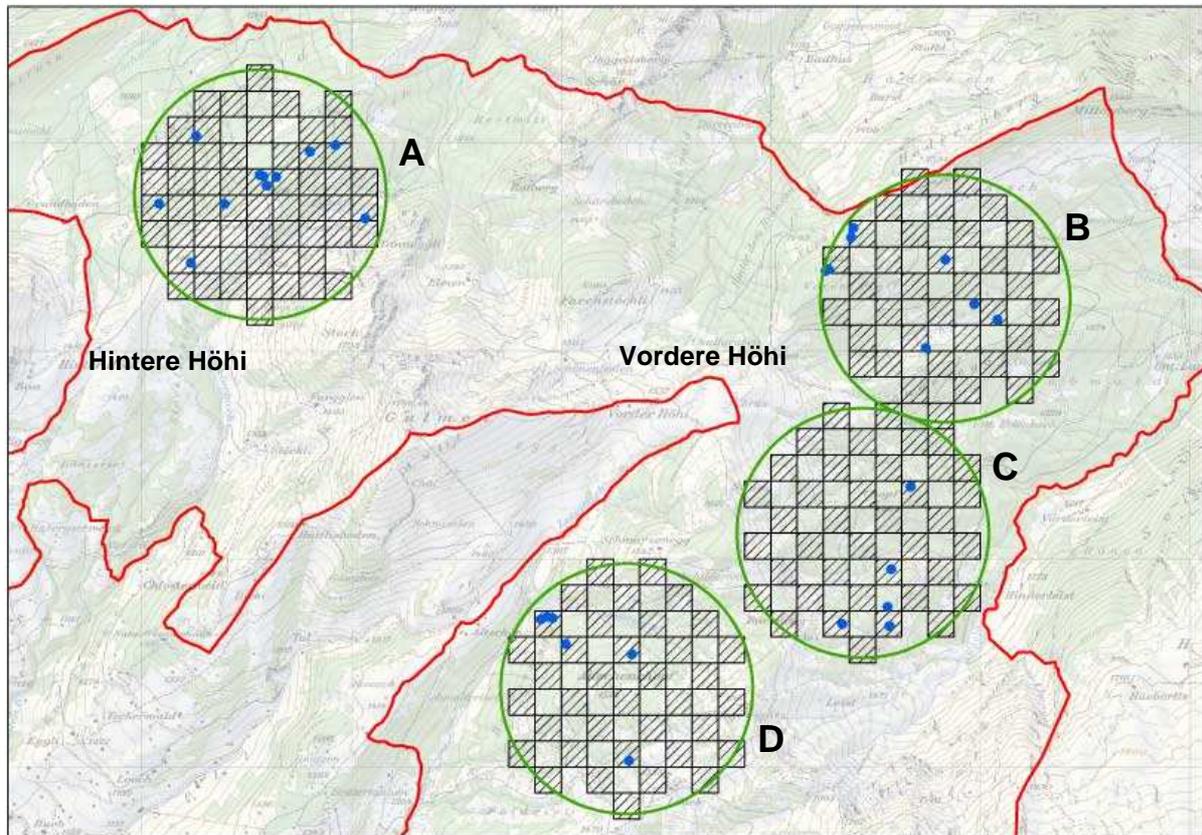


Abb. B-2: Untersuchungsgebiet (rot umrandet) mit den vier kreisförmigen Untersuchungsflächen (grüne Kreise) bei der Hinteren Höhi (Kreis A) und der Vorderen Höhi (Kreise B, C, D) sowie den bearbeiteten Rastern (125 m x 125 m, schraffiert). Die blauen Punkte repräsentieren die Nachweise der Waldschnepe (blaue Punkte, n=30). (Landeskarte: ©swisstopo)

In den 167 bearbeiteten Rasterquadraten fand ich mittels Spurentaxation 30 Waldschnefennachweise (Abb. B-2). Rund ein Drittel (n=11) der Nachweise fielen auf die Untersuchungsfläche A bei der Hinteren Höhi, wo ich 35 % der Raster bearbeitete. Die restlichen 19 Waldschnefennachweise waren auf die drei kreisförmigen Untersuchungsflächen B (n=8), C (n=5), D (n=6) um die Vordere Höhi verteilt. Eine örtliche Klumpung konnte nicht festgestellt werden, die Nachweise verteilen sich auf 24 Rasterquadrate in allen vier Untersuchungsflächen. Die Resultate der beiden koordinierten Waldschnefenzählungen vom 12. Mai und 2. Juni 2007 decken sich mit den indirekten Nachweisen dieser Studie (siehe Anhang).

Die monofaktorielle Auswertung der Standortvariablen Exposition, Hangneigung und Geländeform ergab keinen Unterschied zwischen Waldschnepfen- und Zufallsplots. Die Waldschnefennachweise lagen zwischen 1260 m ü.M. im Zwislenwald (Hintere Höhi) und 1549 m ü.M. beim Vorem Platt (Vordere Höhi).

2.2 Habitatanalyse

Nachdem die Variablen auf Unimodalität und paarweise Korrelation (Teil B Kapitel 1.3) geprüft waren, berechnete ich mit jeder der 22 verbleibenden Variablen eine univariate logistische Regression. Aus den Variablengruppen Strukturelemente, Baumschicht, Krautschicht und Bodeneigenschaften ergaben sich für acht Variablen signifikante Beziehungen mit den Waldschnepfennachweisen mit einem p-Wert kleiner als 0.05 (Tab. B-3).

Diese acht Variablen wurden zur Berechnung des multivariaten Modells verwendet. Dieses erklärte 83.3 % der Varianz im Datensatz und enthielt noch fünf Variablen (Tab. B-4), wovon das liegende Totholz, der Deckungsgrad der Gräser, das Gewicht der Regenwürmer der Senfwasserproben und die Bodenfestigkeit signifikante Beiträge leisteten.

Tab. B-3: Signifikante Variablen der univariaten logistischen Regressionen (Backward-stepwise). Varianz im Modell (R²), Regressionskoeffizient (Coef.), Standardabweichung (S.E.), Teststatistik (Wald) und Signifikanzwert (P).

| Variablengruppe | Abkürzung | R ² | Coef | S.E. | Wald | P |
|--------------------|-----------|----------------|--------|-------|--------|-------|
| Strukturelemente | WURZ_ANZ | 0.142 | 1.051 | 0.498 | 2.110 | 0.035 |
| | TOT_LM | 0.098 | 0.027 | 0.013 | 2.050 | 0.040 |
| Baumschicht >5m | DECK | 0.098 | 0.027 | 0.013 | 2.050 | 0.040 |
| Krautschicht <0,5m | GRA_DE | 0.254 | -0.050 | 0.017 | -2.910 | 0.004 |
| | FAR_DE | 0.130 | 0.135 | 0.068 | 1.990 | 0.047 |
| Bodeneigenschaften | REG_OB_GR | 0.368 | 0.758 | 0.221 | 3.420 | 0.001 |
| | REG_SE_GR | 0.342 | 1.030 | 0.316 | 3.260 | 0.001 |
| | BOFES | 0.480 | -0.601 | 0.159 | -3.770 | 0.000 |

Tab. B-4: Ergebnisse der multivariaten logistischen Regression (Backward-stepwise). Regressionskoeffizient (Coef.), Standardabweichung (S.E.), Teststatistik (Wald) und Signifikanzwert (P).

| Variable | Abkürzung | Coef | S.E. | Wald | P |
|--------------------------|-----------|--------|-------|-------|-------|
| | Intercept | 3.147 | 1.801 | 1.75 | 0.081 |
| Liegendes Totholz | TOT_LM | 0.305 | 0.138 | 2.21 | 0.027 |
| Gräser Deckungsgrad | GRA_DE | -0.076 | 0.039 | -1.97 | 0.049 |
| Farn Deckungsgrad | FAR_DE | 0.141 | 0.101 | 1.39 | 0.164 |
| Regenwürmer Gewicht Senf | REG_SE_GR | 2.129 | 0.874 | 2.44 | 0.015 |
| Bodenfestigkeit | BOFES | -1.135 | 0.432 | -2.63 | 0.009 |

Im Vergleich zu Zufallsplots waren die Waldschnepfenplots durch deutlich mehr liegendes Totholz (Wilcoxon-Test, V=339, p=0.003) und Wurzelteller (Wilcoxon-Test, V=79, p=0.019) charakterisiert. Diese Lebensraumelemente bieten den Waldschnepfen wichtige Deckungsmöglichkeiten. So befanden sich in Waldschnepfenplots im Durchschnitt 1 Wurzelteller und 7.9 m liegendes Totholz. Die entsprechenden Werte für Zufallsplots waren 0.2 Wurzelteller und 1.3 m liegendes Totholz. Bei anderen Variablen aus der Gruppe der Strukturelemente ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen Waldschnepfen- und Zufallsplots.

In der Variablengruppe der Baumschicht leistete keine der Variablen einen signifikanten Beitrag zum multivariaten Schlussmodell. In der univariaten logistischen Regression war die Variable "Baumschicht-Deckungsgrad" signifikant.

Die Krautschicht habe ich in fünf Artengruppen unterteilt. Wie die Abbildung B-3 zeigt, war der Deckungsgrad von Zwergsträuchern, Farnen und Gefässpflanzen in Waldschneepflots höher als in Zufallsflächen, der Deckungsgrad der Moose war in beiden gleich gross. Der Deckungsgrad der Gräser war hingegen in Zufallsflächen deutlich grösser.

Die Variablengruppe der Bodeneigenschaften hatte einen starken Einfluss auf den Unterschied zwischen Waldschneepflots und zufällig ausgewählten Flächen (Abb. B-4). Im Schlussmodell der multivariaten logistischen Regression gehörten die Bodenfestigkeit und das Gewicht der Regenwürmer im Senfwasser zu den erklärenden Variablen. Diese beiden Variablen und das Gewicht der Regenwürmer in den obersten 8 cm des Bodens waren auch im univariaten Modell signifikant.

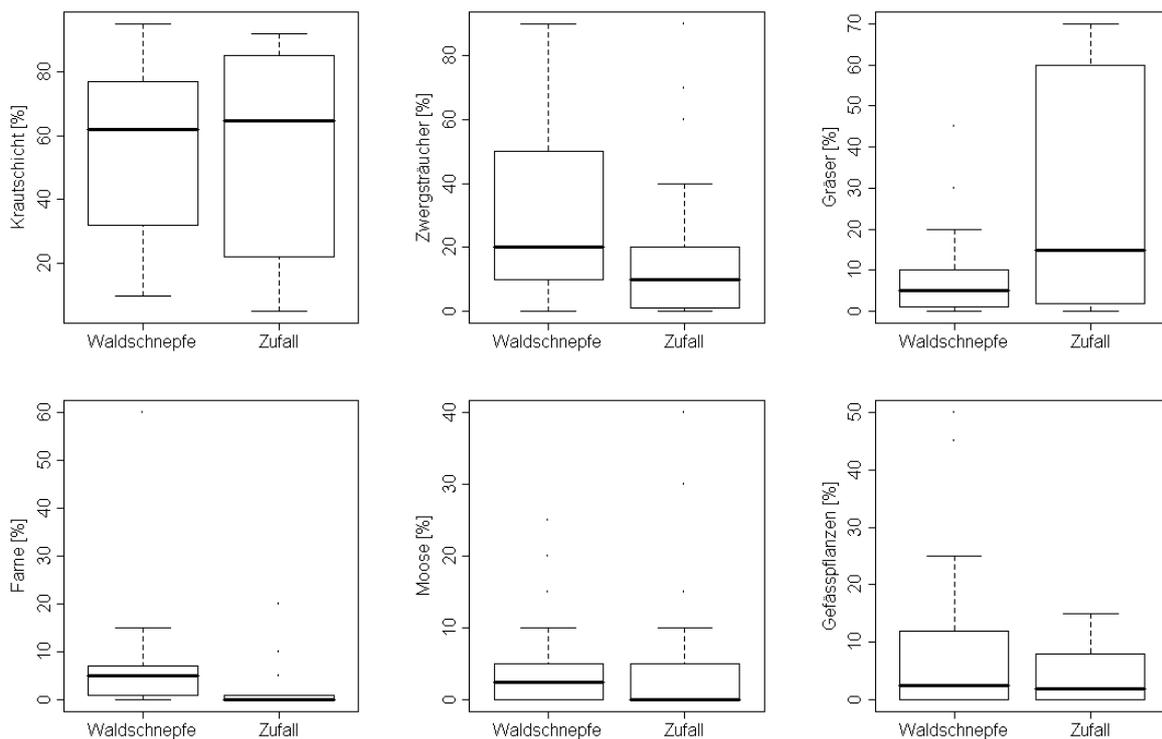


Abb. B-3: Mittelwerte, Standardfehler und Ausreisser der Deckungsgrade (%) der Krautschicht, Zwergsträucher, Gräser, Farnen, Moose und Gefässpflanzen in Waldschneepfe- und Zufallplots.

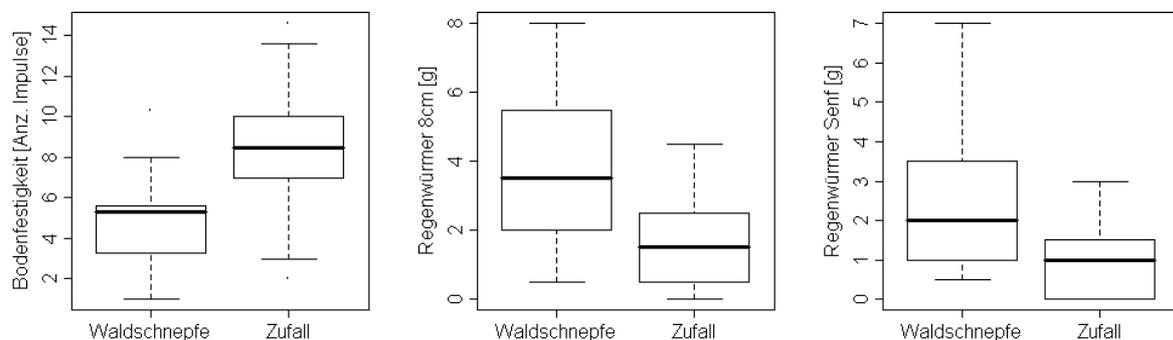


Abb. B-4: Boxplots der Variablen Bodenfestigkeit und Regenwurmbiomasse in Waldschneepfe- und Zufallplots. Die Bodenfestigkeit zeigt die Anzahl Impulse bis der künstliche Waldschneepfenschnabel am Schnepfometer ganz im Boden steckte. Die Biomasse der Regenwürmer wurde in Gramm (g) in den obersten 8 cm des Bodens und in der Senfwasserlösung gemessen.

B-3. Diskussion

3.1 Verbreitung der Waldschnepfe im Untersuchungsgebiet

Das grossräumige Habitatmodell (Ergebnis des Teils A) weist für das gesamte Waldreservat ein landschaftsökologisches Potenzial für die Waldschnepfe aus. Dennoch konnten nur in etwas mehr als einem Viertel der Rasterquadrante indirekte Nachweise von Waldschnepfen gefunden werden. Auf grossen Lichtungen ohne Einzelbäume und mit einer dichten Grasschicht konnte ich keine Waldschnepfennachweise erbringen. Tiefere Lagen mit einem hohen Laubholzanteil und einer schlecht ausgebildeten Krautschicht werden von den Waldschnepfen ebenfalls gemieden. Dies deckt sich mit dem starken Rückgang der Art aus Waldgebieten im Mittelland (Estoppey 2001a). Die Höhenverteilung der Nachweise zwischen 1260 und 1549 m ü.M. entspricht der Höhenstufe von Ergebnissen anderer aktuellen Untersuchungen in der Schweiz (Mulhauser 2001; Brüngger & Estoppey 2008). Acht besenderte Waldschnepfenmännchen nutzten in den Westschweizer Voralpen Gebiete zwischen 1101 und 1800 m ü.M. (Brüngger & Estoppey 2008). Bei einer Studie von Mulhauser (2001) im Neuenburger Jura lagen die besetzten Balzgebiete oberhalb von 1100 m ü.M., obwohl die Waldgebiete hauptsächlich tiefer liegen. Die Standortvariablen Exposition, Hangneigung und Geländeform hatten keinen Einfluss auf die Verbreitung der Waldschnepfe im Untersuchungsgebiet. Innerhalb des Sonderwaldreservats Amden scheinen Struktur-, Vegetations- und Bodenfaktoren den grössten Einfluss auf die kleinräumige Habitatwahl von Waldschnepfen zu haben.

3.2 Die Waldstruktur im Waldreservat Amden bietet den balzenden Männchen gute Überflugbedingungen

Bisherige Untersuchungen zeigen, dass die Waldstruktur und feuchte Böden die Hauptfaktoren für die Habitatwahl von Waldschnepfen sind (Mulhauser 2001; Fischer 2004; Lauer et al. 2006; Brüngger & Estoppey 2008). Brüngger & Estoppey (2008) beschreiben den idealen Waldschnepfenlebensraum für die Voralpen als unregelmässigen, nicht zu dichten Hochwald mit einer reich ausgebildeten Krautschicht. In den französischen Alpen nutzten die Waldschnepfen sehr junge Fichtenwälder oder Wälder im Klimaxstadium (Lauer et al. 2006). Im Waldreservat Amden zeichnen sich die Wälder durch eine mosaikartige Struktur von naturnahen Waldbeständen und kleinen Moorflächen aus. Dieses Mosaik kombiniert mit Windwurfflächen, grossen Waldlichtungen, Bestandesübergängen und Strukturelementen wie Bächen und Waldwegen benötigen Waldschnepfenmännchen auf ihrem Balzflug (Glutz von Blotzheim 1977). Wie aus den Resultaten der beiden koordinierten Balzplatzzählungen am 12. Mai und 2. Juni 2007 (siehe Anhang) hervor geht, nutzten die Waldschnepfenmännchen grosse Teile des Sonderwaldreservates Amden als Balzgebiet. Für die kleinräumige Habitatwahl im Waldreservat Amden scheint hingegen der Deckungsgrad der Baumschicht nicht entscheidend zu sein, wie die Analysen zeigen. Waldschnepfen nutzten im Untersuchungsgebiet Flächen mit einem Deckungsgrad von durchschnittlich 40 %. Wenn genügend

grosse, gut strukturierte und mosaikartig verzahnte Wälder vorhanden sind, bestimmen kleinräumige Lebensraumelemente die Habitatwahl von Waldschnepfen.

3.3 Strukturelemente und Krautschicht decken das Sicherheitsbedürfnis der Waldschnepfen

Die Krautschicht hat im Bruthabitat der Waldschnepfen eine zentrale Funktion (Hirons & Johnson 1987; Brüngger & Estoppey 2008). Eine üppige Krautschicht bietet den Schnepfen Deckungsmöglichkeiten, wo sie vor Prädatoren geschützt nach Nahrung suchen können. Brüngger & Estoppey (2008) zeigten, dass Waldschnepfen in den Westschweizer Voralpen Waldbestände mit einem Krautschicht-Deckungsgrad von 50 – 100 % bevorzugen. Als optimale Krautschicht werden dort Hochstaudenfluren mit einem hohen Anteil an grossblättrigen Pflanzen wie Bingelkraut- (*Mercurialis sp.*) oder Pestwurzarten (*Petasites sp.*) beschrieben (Hirons & Johnson 1987; Brüngger & Estoppey 2008). Im Waldreservat Amden hatten Waldschnepfenplots einen durchschnittlichen Krautschicht-Deckungsgrad von 59 % (min. 10 %, max. 95 %). Zufallsflächen befanden sich oft auf offenen, baumlosen Lichtungen und hatten einen Deckungsgrad von 56 %. Sowohl in der multivariaten wie monofaktoriellen Auswertung konnte kein signifikanter Unterschied im Krautschicht-Deckungsgrad zwischen Waldschnepfen- und Zufallsplots festgestellt werden. Dies zeigt, dass die Waldschnepfen an ihrem Aufenthaltsort eine Krautschicht gezielt nach Zusammensetzung, Struktur und Sichtschutz wählt. Der Deckungsgrad von Zwergsträuchern, Farnen und Gefässpflanzen war in Waldschnepfenplots deutlich höher als in zufällig ausgewählten Flächen, wie die monofaktorielle Auswertung zeigt. Diese Artengruppen zeichnen sich meist durch dünne Stängel und ein ausgeprägtes Blattwerk aus. Dies erlaubt es den Waldschnepfen, sich unter den schützenden Blättern hindurch zu bewegen. Dies wird auch durch die Resultate der multivariaten Auswertung bestätigt, in welcher Farne und Gräser zu den erklärenden Variablen zählen. Der Grasdeckungsgrad war in Waldschnepfenplots rund dreimal kleiner als in Zufallsflächen. Die Schnepfen meiden Flächen, auf welchen der der Graswuchs zu gross ist, weil Gräser zu wenig Sichtschutz aus der Luft bieten. Zudem können sich Schnepfen bei dichtem Graswuchs nur schlecht fortbewegen (Estoppey, mündl. Mitteilung). Im Waldreservat werden vor allem grössere Waldlichtungen sowie landwirtschaftlich genutzte Flächen von Gräsern dominiert. Auf diesen grossen Öffnungen ist der Konkurrenzdruck durch Gräser so stark, dass eine schützende Krautschicht aus Zwergsträuchern, Farnen und Gefässpflanzen gänzlich fehlt.

Zusätzlich zur Krautschicht wählen Waldschnepfen im Untersuchungsgebiet die Nähe zu Wurzeltellern und liegendem Totholz. Waldschnepfenplots weisen eine signifikant grössere Anzahl dieser Deckungselemente auf als Zufallsflächen. In der Literatur fehlen Angaben über die Bedeutung von einzelnen Lebensraumelementen, wie Wurzelteller oder liegendes Totholz, im Waldschnepfenhabitat. Estoppey (mündl. Mitteilung) geht jedoch davon aus, dass solche Deckungsstrukturen von Waldschnepfen gezielt aufgesucht werden. Umgestürzte Wurzelteller bieten den Schnepfen offene weiche Bodenstellen und gleichzeitig Sichtschutz vor Prädatoren. Neben Greifvögeln wie Habicht und Waldkauz gehören auch Füchse zu den Prädatoren von Waldschnepfen (Glutz von Blotzheim 1977;

Brünger & Estoppey 2008). Gute Deckungsmöglichkeiten in unmittelbarer Nestumgebung sind für brütende Weibchen, die für die Nahrungssuche kurz das Nest verlassen, besonders wichtig (Hirons & Johnson 1987). Liegendes Totholz kann den Waldschnepfen dabei die nötige Deckung bieten.

3.4 Die Bodeneigenschaften beeinflussen das Nahrungsangebot für Waldschnepfen im Sonderwaldreservat Amden

Neben einer ausreichenden Deckung muss ein Habitat den Waldschnepfen genügend Nahrung bieten. Waldschnepfen ernähren sich überwiegend animalisch von Regenwürmern, Käfern und anderen Invertebraten (Koubek 1986). Dabei können Regenwürmer bis zu 80 % des Energiebedarfs ausmachen (Fadat 1994). Der pflanzliche Anteil ist im Allgemeinen gering und besteht hauptsächlich aus Samen, Keimlingen und Wurzeln (Glutz von Blotzheim 1977). Im Waldreservat Amden hatten Regenwürmer sowohl in der Interaktion mit anderen Variablen sowie auch einzeln einen grossen Einfluss auf das Waldschnepfenvorkommen. Die Biomasse von Regenwürmern war in Waldschnepfenplots (6.1 g/0.25 m²) um 57 % grösser als in Zufallsplots (2.6 g/0.25 m²). Hirons & Johnson (1987) konnten eine höhere Anzahl Regenwürmer (Waldschnepfenplots 19 Stk./0.25 m², Zufallsplots 10 Stk./0.25 m²) und Menge (Waldschnepfenplots 5.6 g/0.25 m², Zufallsplots 3 g/0.25 m²) in von Waldschnepfen bevorzugten Bruthabitaten nachweisen.

Das Vorkommen von Regenwürmern sowie die Zusammensetzung der Waldschnepfennahrung ist stark von der Bodenbeschaffenheit abhängig (Poier & Richter 1992; Duriez 2003). Waldschnepfen bevorzugen weiche feuchte Böden, in welchen sie leicht nach Regenwürmern stochern können (Glutz von Blotzheim 1977; Mulhauser 2001). Bei trockenen Böden weicht die Waldschnepfe auf Käfer, Ohrwürmer, Tausendfüssler und Grillen aus (Koubek 1986). Die strukturierte kleinräumige Topografie mit vielen Senken und zahlreichen Moorflächen im Waldreservat Amden bietet solche weiche Böden. Mit dem Schnepfometer, einem nachgebildeten Waldschnepfenschnabel, konnte ich die Bodenfestigkeit untersuchen. Waldschnepfen wählen im Untersuchungsgebiet gezielt weiche Bodenstellen aus, wo sie ohne grossen Widerstand nach Regenwürmern stochern können. In Waldschnepfenplots brauchte es nur etwa halb so viele Impulse (4.7), um den Waldschnepfenschnabel im Boden zu versenken, als in Zufallsplots (8.5).

3.5 Methodendiskussion

Die in dieser Untersuchung angewandte Methode der Spurensuche wurde bei der Waldschnepfe bisher noch nie getestet. Studien zur Habitatwahl (Hudgins et al. 1985; Hirons & Johnson 1987; Brünger & Estoppey 2008) wurden an Waldschnepfen mit Radiotelemetrieesendern durchgeführt. Balzplatzzählungen sind für Untersuchungen zur kleinräumigen Habitatnutzung wie in der vorliegenden Studie nicht geeignet. So war zu Beginn der Studie ungewiss, wie viele indirekte Nachweise wie Losung, Frassspuren oder Federn der Waldschnepfe ich finden werde. Erschwerend kam hinzu, dass in der Literatur nur wenige Abbildungen von Losungen, Federn oder Frassspuren zu

finden waren. Selbst Waldschnepfenexperten wie F. Estoppey und B. Mulhauser aus der Westschweiz hatten in ihren Datenbanken keine Fotos von indirekten Waldschnepfennachweisen. Im Gegensatz zu Losungswalzen von Raufusshühnern (z.B. Bollmann et al. 2005), die mehrere Wochen bis Monate formstabil bleiben, ist frische Waldschnepfenlosung, die direkt der Witterung ausgesetzt ist, auf dem Waldboden nur wenige Tage bestimmbar. Bereits eingetrocknete Losung oder frische Losung, die vor der Witterung geschützt ist, kann aber noch Wochen später gefunden werden. Es hat sich während der Feldarbeit bewährt, die gefundenen Nachweise nach Wahrscheinlichkeitsklassen einzuteilen, um indirekte Nachweise von anderen Arten ausschliessen zu können. Dazu habe ich alle Nachweise in geeigneten Plastikbehältern in die Feldstation mitgenommen. So konnte ich mit jedem neuen Nachweis der ersten Kategorie die bis dahin gesammelten Nachweise vergleichen. Ich profitierte auch davon, dass der dritte Nachweis eine Losung von einer auffliegenden Waldschnepfen war, die mir dann als Referenzlosung diente.

Um eine möglichst grosse Vielfalt an Standorten innerhalb des Untersuchungsgebiet abzudecken und gleichzeitig eine hohe Anzahl an Waldschnepfennachweisen zu erhalten, hat es sich gelohnt, die vier kreisförmigen Untersuchungsflächen aufgrund der Resultate der koordinierten Balzplatzzählungen auszuwählen. Die Rasterquadratgrösse von 125 m x 125 m wählte ich, um die Waldbestände möglichst kleinräumig zu erfassen. Die Spurentaxation innerhalb der Rasterquadrate durch das gezielte Absuchen von Strukturelementen erwies sich als zeitintensiv, aber gleichzeitig effizient genug, um eine ausreichend grosse Stichprobe an Waldschnepfennachweisen zu erfassen. Für die 30 Nachweise inklusive der Aufnahme der Umweltvariablen und Zufallsplots wendete ich in den 167 Rasterquadraten rund 40 Feldtage auf. Durchschnittlich bearbeitete ich so pro Tag 4.1 Rasterquadrate mit einer Fläche von je 1.56 ha. Die Fundwahrscheinlichkeit von Waldschnepfenspuren betrug 0.75 Nachweise pro Tag und insgesamt 0.17 Nachweise pro Raster.

Der Baumschicht-Deckungsgrad hatte keinen Einfluss auf die Fundwahrscheinlichkeit von Spuren. Dagegen spielte die Zusammensetzung der Krautschicht eine wichtige Rolle beim Auffinden von indirekten Nachweisen. Solange bei den Zwergsträuchern, Farnen und Gefässpflanzen die Blätter noch nicht ausgetrieben waren, konnte ich einige Nachweise trotz eines dichten Krautschichtwuchses machen. Hingegen war es auf Lichtungen mit dichtem Graswuchs, was in Amden oft der Fall ist, praktisch unmöglich eine Losung aufzuspüren. In nur fünf der 30 Fälle hatten die Waldschnepfenplots einen Grasschicht-Deckungsgrad der grösser als 10 % war. Wie die statistische Auswertung zeigte, meiden Waldschnepfen im Waldreservat Amden Flächen mit einem dichten Graswuchs. Auffällig waren auch drei Nachweise direkt neben Waldwegen, auf welchen sich nach Regenfällen oft kleine Rinnsale oder Pfützen bilden, die den Waldschnepfen weiche Böden zum Stochern bieten.

Die insgesamt 30 Nachweise zeigen, dass die Spurentaxation neben der Telemetrie eine weitere geeignete Methode für Untersuchungen zur Habitatnutzung der Waldschnepfen ist. Die Methode sollte jedoch nur in Gebieten angewendet werden, in welchen durch vorgängige Balzplatzzählungen das Vorkommen von Waldschnepfen nachgewiesen ist.

2. Schlussfolgerung und Ausblick

2.1 Ein Mosaik von kleinräumigen Strukturen in ausgedehnten Waldgebieten entscheidet über das Vorkommen von Waldschnepfen

In dieser Studie untersuchte ich mit einem GIS-basierten Habitatmodell das landschaftsökologische Potenzial für die Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen. Dieser Teil der Arbeit berücksichtigt die grossräumigen Ansprüche der Waldschnepfe auf der Skala der Landschaft. In der Modellvalidierung verglich ich Waldschnepfennachweise aus den Jahren 1970 bis 2007 mit dem Lebensraumpotenzial in den Kantonen Schwyz und St. Gallen. Daraus ist ersichtlich, dass das aktuelle Waldschnepfenvorkommen gut mit dem vorausgesagten Potenzial der Gebiete übereinstimmt. Gemäss dem Habitatmodell müsste die Waldschnepfe somit in den nordöstlichen Voralpen noch verbreitet vorkommen. Genaue Bestandesangaben für die Kantone Schwyz und St. Gallen sind trotz den zahlreichen Balzplatzzählungen im Frühjahr 2007 nicht möglich. Ungewiss ist die Situation auch in den Waldgebieten gegen das Mittelland. Vereinzelt konnten balzende Waldschnepfenmännchen auch unter 1000 m ü.M. beobachtet werden. Der Schwerpunkt in der Höhenverbreitung liegt in den nordöstlichen Voralpen jedoch zwischen 1250 und 1600 m ü.M.

Die Gebiete in denen sich die Nachweise der Waldschnepfe mit dem potenziellen Verbreitungsgebiet decken, sind gekennzeichnet durch ausgedehnte, gut strukturierte Wälder. Diese Waldgebiete bieten den balzenden Männchen mit zahlreichen Waldlichtungen, Windwurf- und Verjüngungsflächen geeignete Überflugbedingungen. Typisch für die Lebensräume der Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen ist die mosaikartige Verzahnung von Wäldern mit offenen Flächen wie Hoch- und Flachmooren oder extensiv genutzten Feuchtwiesen. Durch die kleinräumig, variable Topografie in den Voralpen sind auch genügend feuchte Stellen mit weichen Böden zur Nahrungsaufnahme für die Waldschnepfe vorhanden.

Doch ausgedehnte, gut strukturierte Wälder allein genügen nicht. Die Verbreitung der Waldschnepfe in einem Waldbestand hängt auch von den feinskaligen Deckungselementen und dem Nahrungsangebot ab, wie die kleinräumige Habitatanalyse im Sonderwaldreservat Amden zeigte. So wirken sich Wurzelteller, liegendes Totholz und eine üppige Krautschicht bestehend aus Farnen und grossblättrigen Gefässpflanzen (Hochstaudenflur) positiv auf das Waldschnepfenvorkommen aus. Weiche feuchte Böden mit einem hohen Angebot an Regenwürmern sind weitere Habitateigenschaften von Nachweisgebieten. Für das Vorkommen der Waldschnepfe ist also ein Mosaik von ausgedehnten Wäldern mit kleinräumigen Strukturen und genügend Nahrung entscheidend.

2.2 Aufwertungsmassnahmen zugunsten der Waldschnepfe

Für die Waldschnepfe sind bisher keine spezifischen Lebensraumaufwertungsmassnahmen bekannt. Gemäss Hahn et al. (2005) gehört die Waldschnepfe zu jenen Arten, deren Ansprüche mit naturnahem Waldbau allein nicht genügend abgedeckt werden. Um die Art in der Schweiz längerfristig zu erhalten, ist die Waldschnepfe als Ergänzung zu Gebiets- und Habitatschutz auf artspezifische

Förderungsprogramme angewiesen (Bollmann et al. 2002). Dabei muss beachtet werden, dass zuerst die Rückgangsursachen der Art aus weiten Teilen des Mittellandes und mittleren Lagen geklärt werden, bevor in diesen Regionen zielgerichtete Massnahmen ergriffen werden.

Das Sonderwaldreservat Amden, Untersuchungsgebiet der kleinräumigen Habitatanalyse, hat zum Ziel, mit forstlichen Eingriffen den Auerhuhnlebensraum aufzuwerten und somit die lokale Auerhuhnpopulation längerfristig zu erhalten (Bollmann 2006). Auflockerung des Waldbestandes, die Erhaltung von Altholzstadien, Pflege von inneren Waldrändern sowie Lücken und die Begünstigung der Krautschicht sind die wichtigsten forstlichen Aufwertungsmassnahmen in Amden (Ehrbar 2006; Bollmann 2006). Das Schirmartenkonzept von Suter et al. (2002) zeigt, dass geeignete Auerhuhnhabitats auch anderen Vogelarten, wie zum Beispiel der Waldschnepfe zu Gute kommen. Auch Estoppey (mündl. Mitteilung) geht davon aus, dass Waldschnepfen von Lebensraumaufwertungen zugunsten des Auerhuhns profitieren können. Basierend auf meinen Untersuchungen schlage ich folgende forstliche Aufwertungsmassnahmen auf der Ebene des einzelnen Waldbestandes für die Voralpen vor:

- offene und lückige Waldbestände mit einem Kronenschluss zwischen 20 – 70 % anstreben
- fördern einer Bodenvegetation bestehend aus Zwergsträuchern, Farnen und Gefässpflanzen (Hochstaudenflure) durch Auflichten der Wälder
- in Montanen Fichten-Tannenwälder können je nach Standort durch starke Auflichtungen Hochstaudenflure begünstigt und Vernässungen herbeigeführt werden
- Förderung von Einzelstrukturen wie Wurzeltellern, liegendem Totholz als Deckungselemente
- Förderung von weichen feuchten Bodenstellen z.B. am Wegrand, durch Rückegassen, stehen lassen von Wurzeltellern, Hirschsuhlen
- vernässte Stellen in und ausserhalb von Wäldern nicht trocken legen
- Verzicht auf Unterhalt von Drainagen im Wald und in Waldnähe
- keine Forstarbeiten in Waldschnepfenhabitats während der Brutzeit (April – Juli)

2.3 Ausblick und weiterführende Fragen

Im ersten Teil der Arbeit untersuchte ich das grossräumige Lebensraumpotenzial für die Waldschnepfe in den beiden Kantone Schwyz und St. Gallen. Dabei habe ich besonders die Ansprüche der Art in den voralpinen Gebieten berücksichtigt. Wie die Resultate der Balzplatzzählungen zeigen, ist die Waldschnepfe in den nordöstlichen Voralpen relativ gut vertreten.

Diese und andere Moorlandschaften der Voralpen sind die Kerngebiete der alpinen Waldschnepfenvorkommen; sie haben eine Schlüsselrolle für die längerfristige Erhaltung der Waldschnepfe in der Schweiz. Wie jedoch verschiedene Autoren (Estoppey 2001a; Brüngger 2005) feststellten, verzeichnete die Waldschnepfe besonders in tieferen Lagen einen starken Rückgang. Deshalb könnte man das GIS-basierte Habitatmodell mit Waldschnepfennachweisen aus dem Mittelland validieren und das Untersuchungsgebiet auf weitere Kantone ausweiten. Es wäre zudem sinnvoll, in den bekannten Waldstücken der Tieflagen, in welchen vor wenigen Jahren noch Waldschnepfen beobachtet wurden, gezielte Balzplatzzählungen zu koordinieren. Zusätzlich könnten mit besenderten Waldschnepfen die Habitatnutzung in Wäldern des Mittellands untersucht werden. Diese Erkenntnisse könnten Lücken im Wissen über diese Art schliessen. Sie sind auch nötig, wenn Massnahmen zur Lebensraumaufwertung im Mittelland ergriffen werden sollen.

Interessante Perspektiven können sich im Sonderwaldreservat Amden ergeben, in welchem bereits seit zwei Jahren koordinierte Balzplatzzählungen durchgeführt werden. Es wäre spannend an den Zählpunkten mit den meisten Überflügen die balzenden Männchen mit Mikrofonen aufzunehmen. Diese Methode wird seit einigen Jahren erfolgreich im Neuenburger Jura getestet (Mulhauser, mündl. Mitteilung). Da sich der Balzgesang der Männchen individuell unterscheidet, kann so eine minimale Anzahl balzender Individuen bestimmt werden. Mit fortgesetzten Balzplatzzählungen und den Kenntnissen über Bestandesschwankungen im Sonderwaldreservat Amden kann in Zukunft überprüft werden, ob sich Lebensraumaufwertungen zugunsten des Auerhuhns auch auf den Waldschnepfenbestand auswirken.

3. Dank

Ein herzlicher Dank gebührt meinem Betreuer Kurt Bollmann für die hervorragende Betreuung während der gesamten Diplomarbeitszeit. Er war zu jeder Tageszeit Ansprechpartner bei Fragen und betreute meine Arbeit mit enormem Engagement. Meinem Korrektor Roland Graf danke ich für die wertvolle Unterstützung bei dieser Diplomarbeit und speziell für die Hilfe bei der Balzplatzzählung. Er war es, der mich mit der Lebensraummodellierung und der statistischen Auswertung mit R vertraut machte. Ein spezieller Dank geht an Lorenza Marconi und Sabrina Schäublin, die mich bei den Feldaufnahmen in Amden und den Zählungen der "fliegenden Frösche" in den beiden Kantonen unterstützten sowie für interessante Diskussionen im Naturfreundehaus Tscherwald sorgten. Ein grosses Dankeschön geht an den Waldschnepfenexperten François Estoppey, der mich mit der Faszination für diese geheimnisvolle Art ansteckte. Er gab mir Ratschläge für die Feldarbeit, das Habitatmodell, bei der Interpretation der Resultate und zusammen diskutierten wir über Aufwertungsmassnahmen. Blaise Mulhauser erzählte mir von seinen Erfahrungen aus seinen Untersuchungen aus dem Neuenburger Jura. Die Schweizerische Vogelwarte, in der Person von Hans Schmid, stellte mir die Datenbank mit zahlreichen Waldschnepfennachweisen aus den Kantonen Schwyz und St. Gallen zur Verfügung und Christian Marti half mir in der Bibliothek. Herzlichen Dank auch an die Pflegestation der Vogelwarte Sempach, von der ich eine Referenzlosung einer verletzten Waldschnepe erhielt. Für die Organisation der koordinierten Waldschnepfenzählungen in Amden bedanke ich mich bei Pierre Mollet, Dominik Thiel und den Mitgliedern des CIC Young Opinion. Ruedi Hess gab mir wichtige Hinweise zur Verbreitung der Waldschnepe im Kanton Schwyz, zudem konnte ich von seinen zahlreichen Beobachtungen profitieren. Hanspeter Geisser, Alois Huber, Bruno Keist, Pius Kühne, Franz Rudmann und Peter Schönenberger lieferten mir grosszügigerweise punktegenaue Waldschnepfennachweise aus ihren privaten Datenbanken. Informationen zur Situation der Waldschnepe im Kaltbrunnerried erhielt ich von Klaus Robin. Während der Feldarbeit waren wir bei Claudia Reichle im Naturfreundehaus Tscherwald bestens untergebracht. Für Abwechslung und Erholung von der anstrengenden Feldarbeit sorgte die wunderbare, finnische Badetonne. Die Schweizer Ala spendete einen grosszügigen Beitrag an die Spesen der Waldschnepfenzählungen in den Kantonen Schwyz und St. Gallen. Rolf Ehrbar, Kreisoberförster, lieferte mir Daten zum Waldreservat und die Ortsgemeinde Amden ermöglichte die Arbeiten in Amden. Jean-Lou Zimmermann stellte mir Bilder für die Titelseite und den Anhang zur Verfügung. Für die Überarbeitung, Korrekturen und Layout der Arbeit konnte ich auf die Hilfe von Helen Wehren, Rahel Lanz und Marc Buchmüller zählen. Erst die vielseitige Unterstützung meiner Eltern ermöglichte diese Arbeit. Und nicht zu letzt einen herzlichen Dank an alle Kolleginnen und Kollegen, die mir bei den Balzplatzzählungen halfen.

4. Literatur

- Boidot, J.-P. (2005): La Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*). Office National des Forêts. Le dossier forestier 14.
- Bollmann, K. (2006): Das Auerhuhn: imposant und gefährdet. In: Sophie und Karl Binding Stiftung (Hrsg.): Veränderung als Chance für den Wald, Selbstverlag, Basel. S. 200-221.
- Bollmann, K., Keller, V., Müller, W., Zbinden, N. (2002): Prioritäre Vogelarten für Artenförderungsprogramme in der Schweiz. Ornithol. Beob. 99: 301-320.
- Bollmann, K., Weibel, P., Graf, R.F. (2005): An analysis of central Alpine capercaillie spring habitat at the forest stand scale. For. Ecol. Manage. 215: 307-318.
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde, 3. Aufl. Springer, Wien.
- Brüngger, M. (2005): Inventaire des massifs forestiers du Plateau suisse recalant des informations sur la présence ou l'absence de la Bécasse des bois. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Brüngger, M. & Estoppey, F. (2008): Utilisation de l'habitat par la Bécasse des bois *Scolopax rusticola* dans les Préalpes de Suisse occidentale. Nos Oiseaux soumis.
- Delarze, R., Galland, P., Gonseth, Y. (1999): Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten. Ott Verlag, Thun.
- Duriez, O. (2003): Stratégies individuelles d'hivernage chez la Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*): compromis énergétiques pour la sélection de l'habitat. Thèse de doctorat. Université Paris IV.
- Ehrbar, R. (2006): Waldreservat Amden: Sonderwaldreservat zur Förderung des Auerhuhns. Vorstudie und Vorprojekt. Bericht. Kreisforstamt IV, Rieden.
- Estoppey, F. (1988): Contribution à la biologie de la Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*) dans le Jorat (Vaud, Suisse) par l'observation de la croule vespérale. Nos Oiseaux 39: 397-419.
- Estoppey, F. (2001a): Suivi démographique des populations nicheuses de Bécasse des bois *Scolopax rusticola* en Suisse occidental de 1989 à 2000. Nos Oiseaux 48: 105-112.
- Estoppey, F. (2001b): Le déclin de la population d Bécasse des bois *Scolopax rusticola* Jorat (Vaud, Suisse). Nos Oiseaux 48: 83-92.
- Estoppey, F. (2006): Hivernage de la Bécasse des Bois dans la basse plaine du Rhône en 2004 – 2005. In: Estoppey, F. (Hrsg.): Bécasse des bois Rapport 2005. Hivernage et télémétrie. Unveröffentlicht.
- Fadat, Ch. (1994): La Bécasse des bois. Office national de la chasse. Brochures techniques de l'office National de la chasse 22.

- Ferrand, Y. (1979): Approche du comportement de la Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*) en période de nidification. Radiotélémetrie. DEA Université de Franche-Comté. Unveröffentlicht.
- Ferrand, Y. (1989): Contribution à l'étude du comportement du mâle de la Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*) en période de reproduction. Méthode de dénombrement. Thèse de doctorat. Université de Montpellier.
- Ferrand, Y. & Gossmann, F. (1995): La Bécasse des bois. Hatier, Paris.
- Fielding, A.H. & Haworth, P.F. (1995): Testing the generality of bird habitat-models. *Conserv. Biol.* 9: 1466-1481.
- Fischer, L. (2004): Entwicklung der Waldstruktur im Vergleich mit dem Rückgang der Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) – am Beispiel „Jorat“ bei Lausanne. Diplomarbeit, Dep. UNW, ETH Zürich.
- Frey, H.U. (1995): Waldgesellschaften und Waldstandorte im St. Galler Berggebiet. *Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, Heft 126a.*
- Gehlker, H. (1977): Eine Hilfstafel zur Schätzung von Deckungsgraden und Artmächtigkeit. *Mitt. Florist.-soziol. Arbeitsgem. N.F.* 19/20: 427-429.
- Glutz von Blotzheim, U.N. et al. (1977): Handbuch der Vögel Mitteleuropas 7. Charadriiformes (2. Teil). Wiesbaden. S. 120-174.
- Hahn, P., Heynen, D., Indermühle, M., Mollet, P., Birrer, S. (2005): Holznutzung und Naturschutz. Praxishilfe mit waldbaulichen Merkblättern. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft und Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Herb, R. (1962): Geologie von Amden mit besonderer Berücksichtigung der Flyschbildung. Dissertation ETH, Druck Stämpfli & Cie., Bern.
- Hess, R. (1996): Brutvögel. In: Berichte der Schwyzerischen Naturforschenden Gesellschaft (Hrsg.): Interdisziplinäres Forschungsprojekt Ibergereg, ea Druck + Verlag, Einsiedeln.
- Hirons, G. & Johnson T.H. (1987): A quantitative analysis of habitat preferences of Woodcock *Scolopax rusticola* in the breeding season. *Ibis* 129: 371-381.
- Hosmer, D.W.Jr. & Lemeshow, S. (2000): Applied Logistic Regression. Wiley Series in Probability and Mathematic Statistic, second edition John Wiley & Sons Inc., New York.
- Hudgins, J.E., Storm, G.E., Wakeley, J.S. (1985): Local Movements and diurnal-habitat selection by male American Woodcock in Pennsylvania. *J. Wildl. Manage.* 49: 614-619.
- Keller, V., Schmid, H., Volet, B., Zbinden, N. (2001): Rote Liste der gefährdeten Brutvogelarten der Schweiz. BAFU-Reihe Vollzug Umwelt Bundesamt für Umwelt, Bern und Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Bern und Sempach.

- Klaus, S., Andreev, A.V., Bergmann, H.-H., Müller, F., Porkert, P., Wiesner, J. (1989): Die Auerhühner, 2. Aufl. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- Koubek, P. (1986): The spring diet of the Woodcock (*Scolopax rusticola*). Folia Zool. 35: 280-297.
- Kumar, L., Skidmore A.K., Knowles E. (1997): Modelling topographic variation in solar radiation in a GIS environment. J. Geogr. Inf. Syst. 11: 475-497.
- Langrehr, H. (1978): Überquert die Waldschnepfe die Alpen? Allg. Forstztg. 33: 52-55.
- Lauer, E., Sibut, P., Dutertre, B., Colinet, St., Ferrand, Y., Duchamp, Ch. (2006): Identification test of suitable Woodcock breeding habitats in mountain areas. Sixth European Woodcock and Snipe Workshop – Proceedings of an International Symposium of the Wetlands International Woodcock and Snipe Specialists Group, 25. – 27. November 2003, Nantes, France.
- Menard, S. (2001): Applied Logistic Regression Analysis. Sage Publications, London.
- Mollet, P. (2006): Sonderwaldreservat Amden SG, Erhebung Waldschnepfe, Kurzbericht 2006. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Mollet, P. (2007): Sonderwaldreservat Amden SG, Erhebung Waldschnepfe 2007. 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.
- Nemtschek, G. (1977): Beobachtungen zur Flugbalz der Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*). J. Orn. 118: 68-86.
- Poier, K.R. & Richter, J. (1992): Spatial distribution of earthworms and soil properties in an arable loess soil. Soil Biol. Biochem. 24: 1601-1608.
- Schäublin, S. (2007): Distribution and habitat selection of hazel grouse *Bonasa bonasia* in a subalpine forest. Master Thesis. Universität Zürich.
- Schmid, H., Luder, R., Naef-Danzer, B., Graf, R., Zbinden, N. (1998): Schweizer Brutvogelatlas. Verbreitung der Brutvögel in der Schweiz und im Fürstentum Lichtenstein 1993-1996. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Schmid, H., Burkhardt, M., Keller, V., Knaus, P., Volet, B., Zbinden, N., (2001): Die Entwicklung der Vogelwelt in der Schweiz. Avifauna Report Sempach 1, Annex.
- Suter, W., Graf, R.F., Hess, R. (2002): Capercaillie (*Tetrao urogallus*) and avian biodiversity: testing the umbrella-species concept. Conserv. Biol. 16: 778-788.
- Winkler R. (1999): Avifauna der Schweiz. Ornithol. Beob. Beiheft 10.