

Kleinräumige Habitatnutzung des Auerhuhns *Tetrao urogallus* im Alpenraum

Kurt Bollmann, Andrea Friedrich, Beat Fritsche, Roland F. Graf, Stefan Imhof und Patrick Weibel



BOLLMANN, K., A. FRIEDRICH, B. FRITSCH, R. F. GRAF, S. IMHOF & P. WEIBEL (2008): Small-scale habitat use of Western Capercaillie in the Alps. Ornithol. Beob. 105: 53–61.

The Western Capercaillie *Tetrao urogallus* occupies a broad fundamental ecological niche as long as some criteria are fulfilled regarding structural characteristics of forest stands. We studied these characteristics at the small scale in forest ecosystems that differed in landscape characteristics, tree species composition and ground vegetation. The studies were performed in the Prealps and Central Alps of Switzerland, respectively. Forest stand characteristics were assessed with a set of variables that describe the composition and structure of tree, shrub and ground vegetation and the number and type of forest gaps and edge elements. Logistic regression was used to compare study plots of used areas versus available habitat for Capercaillie in winter and/or summer. Intermediate canopy cover in combination with a good abundance of forest aisles and a minimal amount of basal-branched single trees were the most important predictors of habitat choice of Capercaillie at the scale of a forest stand, independent of the study area. From the edge variables, free-standing, basal-branched trees of Norway spruce *Picea abies* were the preferred hiding elements for resting Capercaillie. The type and composition of ground vegetation showed distinct differences among the study areas. Surprisingly, the proportion of bilberry *Vaccinium myrtillus* cover was not a significant predictor in the analyses. We conclude that forestry has a major responsibility for the conservation of Capercaillie because forest measures have a significant effect on both, the structure and composition of forest stands.

Kurt Bollmann¹, Andrea Friedrich², Beat Fritsche³, Roland F. Graf^{3, 4}, Stefan Imhof⁵, Patrick Weibel³, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Forschungseinheit «Biodiversität und Naturschutzbiologie», Zürcherstrasse 111, CH–8903 Birmensdorf; ¹ E-Mail: kurt.bollmann@wsl.ch; zusätzliche Adressen: ² Eidg. Technische Hochschule, Departement Biologie, Fachrichtung Ökologie und Evolutionsbiologie, CH–8092 Zürich; ³ Eidg. Technische Hochschule ETH, Departement Umweltwissenschaften, Institut für Terrestrische Ökosysteme, Professur Waldökologie, Universitätstrasse 16, CH–8092 Zürich; ⁴ aktuelle Adresse: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, WILMA, Grüental, Postfach 335, CH–8820 Wädenswil; ⁵ Universität Zürich-Irchel, Geographisches Institut, Abteilung Geographische Informationssysteme, Zürcherstrasse 190, CH–8057 Zürich

Das Auerhuhn ist ein ausgeprägter Habitatspezialist und zeigt innerhalb seines Verbreitungsgebiets von den Kantabrischen Gebirgen Spaniens bis in die borealen Taigawälder Sibiriens

eine enge Bindung ans Ökosystem Wald. Unabhängig von der Region zeichnen sich die besiedelten Wälder durch ein paar typische Eigenschaften aus, die in naturnahen Altbeständen

besonders ausgeprägt sind: Bestände mit mittlerem Baumdeckungsgrad (Storch 1993a, b) und gut ausgebildeter Krautschicht, die durch Heidelbeeren oder andere Beerkräuter (Ericaceae) dominiert wird (Klaus et al. 1989). Gleichzeitig erzeugen die klimatischen, orographischen und topographischen Unterschiede zwischen den Gebieten regionale Eigenheiten, welche dazu geführt haben, dass das Auerhuhn seit der letzten Eiszeit eine Vielzahl von ökologischen Nischen besetzt und verschiedene Waldgesellschaften und Nahrungspflanzen nutzt (Klaus et al. 1989, Scherzinger 2002). So besiedelt das Auerhuhn neben Altbeständen auch andere Sukzessionsstadien oder Wirtschaftswälder, wenn Bestandsstruktur und Vegetation günstig sind (Eiberle 1976, Leclercq 1987, Rolstad & Wege 1987, Fritsche et al. 2006).

Auch in der Schweiz nutzt das Auerhuhn zwischen Jura und Münstertal verschiedenste Nadel- und Mischwälder mit unterschiedlicher Baumartenzusammensetzung, solange es sich um halboffene und strukturreiche Bestände handelt. So ist zum Beispiel eine der wichtigsten Nahrungspflanze, die Heidelbeere *Vaccinium myrtillus*, sehr unterschiedlich in den besiedelten Gebieten der verschiedenen biogeographischen Regionen vertreten.

Während die Analyse der Verteilung von Wäldern in der Landschaft und deren Zusammensetzung für die Bestimmung von Vorranggebieten und Trittsteinbiotopen für die Auerhuhnförderung auf nationaler Ebene von grosser Bedeutung sind (s. Bollmann & Graf 2008), haben Zusammensetzung und Struktur der einzelnen Waldbestände eine zentrale Bedeutung für das Individuum. Deshalb ist es wichtig, dass sich die naturschutzbiologische Forschung auch mit der Habitatwahl von Individuen innerhalb eines von einer Lokalpopulation besiedelten Lebensraums beschäftigt. Umso mehr, als die speziellen Unterschiede in der Habitatwahl zwischen den biogeographischen Regionen in der Schweiz für ein standortspezifisches Management der Art wichtig sind und konkrete forstliche Massnahmen zur Aufwertung des Lebensraums vorwiegend auf der kleinräumigen Ebene des Waldbestands stattfinden. Deshalb haben wir im Rahmen des Auerhuhn-Forschungsprojekts an der WSL die

Habitatansprüche des Auerhuhns in den Voralpen und Zentralalpen untersucht und miteinander verglichen.

Methoden

Als repräsentative Untersuchungsgebiete für die Lebensraumsituation in den Voralpen und Zentralalpen haben wir die Sonderwaldreservate Amden (Imhof 2007) und Schwägälp (Fritsche 2004) bzw. das Albulatal (Weibel 2003, Friedrich 2006) gewählt (Tab. 1). Alle Untersuchungen beruhen auf dem Vergleich von genutzten mit ungenutzten bzw. zufällig ausgewählten Waldbeständen innerhalb eines zusammenhängenden potenziellen Auerhuhnl Lebensraums. Die Nutzung wurde mit Spurentaxationen im Winter bzw. Sommer nach einem räumlich stratifizierten System vorgenommen. Friedrich (2006) und Imhof (2007) nutzten dazu ein kontinuierliches Rastersystem mit einer Zellengrösse von 125 m × 125 m. Zellen mit Nachweisen von Auerhühnern werden als Präsenzraster, solche ohne Nachweise als Abwesenraster bezeichnet. Details zum Vorgehen im Feld, den indirekten Nachweisen der Art und der Erfassung der Waldbestandsvariablen können den einzelnen Arbeiten entnommen werden und sind teilweise auch in Bollmann et al. (2005) und Fritsche et al. (2006) beschrieben. Die Studie von Fritsche (2004) unterscheidet sich in der Methode der Erfassung und räumlichen Auflösung der Lebensraumvariablen von den anderen drei Untersuchungen. Er hat für die hier präsentierten Resultate ausschliesslich Methoden der Fernerkundung eingesetzt, die Lebensraumvariablen der anderen drei Studien wurden alle direkt im Feld in quadratischen Probeflächen mit der Grösse von 625 m² erhoben.

Ergebnisse

Die Resultate der kleinräumigen Lebensraumanalysen aus den Studiengebieten der Vor- und Zentralalpen (Tab. 2) haben die aus anderen Studien bekannte Bedeutung von Waldbeständen mit mittlerem Baumschichtdeckungsgrad für das Auerhuhn bestätigt. Optimale Werte variieren im Bereich von 40–60 % und können

Tab. 1. Eigenschaften der Untersuchungsgebiete für die kleinräumige Analyse der Auerhuhnhabitate im Auerhuhn-Forschungsprojekt der WSL. SWR = Sonderwaldreservat. – *Characteristics of the study areas where small-scale analyses of Capercaillie habitat were assessed during the Capercaillie research project of the Swiss Federal Research Institute WSL. SWR = Forest Nature Reserve with a specific function.*

Charakteristika	SWR Schwägalp ¹	SWR Amden ²	Mittelbünden ³	Albulatal Südhang ⁴
Geographische Lage	Voralpin	Voralpin	Alpin	Alpin
Höhenbereich (m ü.M.)	950–1650	1000–1700	982–2025	1100–2200
Fläche (ha)	1800	516	2339	650
Vegetationszonen	montan, subalpin	montan, subalpin	(montan), subalpin	subalpin
Waldtypen	Fichten-Tannen- und Buchenwald	Fichten-Tannen- und Buchenwald	Verschiedene Waldtypen der hochmontanen und subalpinen Stufe der inneren Alpen	Erika- und Heidelbeer-Fichten-Föhrenwälder
Hauptbaumarten	Fichte, Tanne, Buche, Vogelbeere	Fichte, Tanne, Buche, Vogelbeere	Fichte, Waldföhre, Lärche, Vogelbeere	Fichte, Waldföhre, Lärche, Legföhre
Anzahl Probeflächen	222	257	184	335

¹ Fritsche (2004), Fritsche et al. (2006)

² Imhof (2007)

³ Weibel (2004), Bollmann et al. (2005)

⁴ Friedrich (2006), Friedrich & Bollmann (in Vorb.)

je nach Gebiet Abweichungen von $\pm 10\%$ von diesen Werten aufweisen. Das Auerhuhn bevorzugt zudem zwei- und mehrschichtige Bestände, wobei diese Beziehung nicht überall deutlich war und gerade in höheren Lagen der subalpinen Wälder häufig auch einschichtige Bestände genutzt werden. Genutzte Waldbestände zeichnen sich zudem durch ein gutes Angebot an Schneisen und Grenzlinienelementen mit Versteckpotenzial aus. Die Häufigkeit von Schneisen und tiefbeasteten Einzelbäumen in genutzten Beständen ist sowohl in den Vor- als auch in den Zentralalpen signifikant höher als in ungenutzten Beständen des gleichen Waldes (Tab. 3). So weisen Präsenzraster im Vergleich mit Absenzzrastern im Waldreservat Amden und Albulatal im Durchschnitt 2–3-mal so viele Schneisen auf, und in 79 bzw. 86 % der Fälle hatte eine Probefläche in einem Präsenzraster mindestens eine Schneise (Zufallsraster: 37 % bzw. 54 %). Die durchschnittliche Grenzlinienlänge von tiefbeasteten Bäumen, die von Auerhühnern zur Deckung genutzt werden können, ist in Präsenzrastern ebenfalls um den Faktor 2–3 grösser als in den Absenzzrastern. Im Albulatal ist dieser Wert für Präsenzraster mit 2,1 m zwar deutlich kleiner als im Waldreser-

vat Amden (6,3 m). Dafür haben die Analysen für das Albulatal gezeigt, dass dort auch andere Grenzlinien-bildende Strukturelemente wie tiefbeastete Rotten und liegendes Totholz signifikant zur Erklärung des Unterschieds im Grenzlinienangebot zwischen Präsenz- und Zufallsrastern beitragen. Friedrich (2006) hat berechnet, dass die durchschnittliche Länge der Grenzlinienelemente, welche von den Auerhühnern als Verstecke genutzt werden, in den Präsenzrastern im Albulatal 431 m pro ha beträgt. Der entsprechende Wert für Zufallsraster beträgt 320 m pro ha.

Der Deckungsgrad der Strauchschicht hatte in den kleinräumigen Habitatmodellen eine signifikant negative Beziehung zum Auerhuhn-vorkommen. Das heisst, dass Waldbestände mit einem für die Untersuchungsgebiete überdurchschnittlichen Strauchschichtanteil vom Auerhuhn gemieden wurden. Erstaunt hat zum Teil die Bedeutung jener Variablen, welche die Bodenvegetation beschreiben. Zwar zeigt das Habitatmodell von Bollmann et al. (2005), dass bei einem Bodenvegetations-Deckungsgrad von über 70 % eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit für Auerhuhn-vorkommen im Untersuchungsgebiet besteht. Die in der Li-

Tab. 2. Zusammenstellung der Wirkung von Vegetations- und Strukturvariablen, welche in vier Studiengebieten die Unterschiede zwischen genutzten und vorhandenen Waldbeständen auf der Ebene des einzelnen Waldbestands erklären. Die Resultate der einzelnen Studien wurden mit Logistischen Regressionsmodellen ermittelt. Die genauen quantitativen Beziehungen können den einzelnen in den Fussnoten erwähnten Studien bzw. Publikationen entnommen werden. Angegeben ist die Art der Beziehung: ++ = stark positiv, + = positiv, 0 = neutral, - = negativ, . = Beziehung nicht untersucht (meistens wegen Korrelation > 0,7 mit anderer Variable) bzw. Variablen nicht erhoben (Schwägalp). WR = Waldreservat. – *Set of variables that describe the vegetation and structure of forest stands in four study areas of the Swiss Prealps (Schwägalp, Amden) and Alps (Mittelbünden, Albulatal), respectively. Indicated is the type of response to Capercaillie occurrence: ++ = strongly positive, + = positive, 0 = neutral, - = negative, . = not studied (mostly because of pairwise correlations > 0.7 with other variable) or variable not investigated (study area of Schwägalp). Analyses are based on logistic regressions. Waldreservat = Forest nature reserve, Deckungsgrad = proportion of canopy closure.*

Unabhängige Variablen	Voralpen			Alpen	
	Waldreservat Schwägalp ¹	Waldreservat Amden		Mittelbünden/Albulatal	
		Winter/ Frühling ²	Sommer ³	Winter/ Frühling ⁴	Sommer ⁵
<i>Baumschicht</i>					
Mittlerer Deckungsgrad	++	0	0	+	0
Vielfalt Deckungsgrad	++
Anzahl Bäume	.	.	.	0	0
Bestandsstruktur: 2- bis mehrschichtig	.	+	0	+	0
Anzahl Weisstannen	.	+	+	0	.
<i>Strauchschicht</i>					
Deckungsgrad	.	-	0	0	-
<i>Bodenvegetation</i>					
Deckungsgrad	.	.	.	+	.
Anteil Beerensträucher	.	.	.	0	0
Anteil Heidelbeere	.	0	0	0	0
Anteil Gras	.	0	+	.	0
Anteil Farne/Hochstauden	.	0	+	.	0
Anzahl Ameisenhaufen	.	0	0	0	0
<i>Bestandsöffnungen</i>					
Anzahl Schneisen	.	++	0	.	++
<i>Grenzlinien mit Versteckpotenzial</i>					
Tiefbeastete Einzelbäume	.	0	++	+	+
Tiefbeastete Rotten	.	0	0	0	+
Liegendes Totholz	.	0	0	0	+
Anzahl Wurzelteller	.	0	0	0	0

¹ Fritsche (2004), Fritsche et al. (2006)

^{2,3} Imhof (2007)

⁴ Weibel (2004), Bollmann et al. (2005)

⁵ Friedrich 2006, Friedrich & Bollmann (in Vorb.)

teratur breit abgestützte zentrale Bedeutung der Heidelbeere (z.B. Storch 1993a, Schroth 1994, Suchant 2002, Suter et al. 2002) konnte aber in keiner unserer Untersuchungen bestätigt werden. Zwar wird die Heidelbeere dort, wo sie vorkommt, sehr gerne als Nahrungspflanze

und Deckungselement angenommen, aber sie vermag keinen signifikanten Beitrag zur Erklärung der Unterschiede zwischen Präsenz- und Absenrastern zu leisten. Im Waldreservat Amden haben der Anteil an Gras sowie Farnen und Hochstaudenpflanzen an der Bodenvegetation

einen signifikanten Anteil der Varianz im Habitatmodell erklärt.

Im Gegensatz zum Studiengebiet in den Zentralalpen, wo die Weisstanne *Abies alba* nur ganz vereinzelt vorkommt, zeigen unsere Untersuchungen in den Voralpen, dass die Weisstanne häufiger als erwartet in Präsenzrastern verbreitet ist. Die spezifische Funktion der einzelnen Baumarten und -individuen für das Auerhuhn wurde in der Studie von Lanz & Bollmann (2008) untersucht.

Diskussion und Folgerungen für die Praxis

Lockere Waldbestände mit mittlerem Baum-schichtdeckungsgrad, die häufig von Schneisen durchbrochen werden, ein überdurchschnittliches Angebot an Grenzlinienelementen aufweisen und eine gut entwickelte Bodenvegetation haben, sind gemäss unseren Untersuchungen typische Auerhuhnlebensräume der Alpen. Dabei kann die Bodenvegetation in ihrer Zusammensetzung aber deutliche regionale Unterschiede aufweisen. Mit diesen Resultaten haben wir die Ergebnisse von Studien aus anderen Regionen des Verbreitungsgebiets der Art mehrheitlich bestätigt, die Bedeutung von einzelnen Faktoren für die alpine Verbreitung der Art ergänzt oder relativiert und mehrheit-

lich auch quantifiziert. Im Folgenden werden einzelne Faktoren näher besprochen.

Unabhängig von Waldgesellschaft und Untersuchungsgebiet fällt in unseren Studien auf, dass Bestandslücken in der Form von Schneisen eine grosse Bedeutung für Auerhühner haben. Dieses Resultat wird auch durch die Untersuchung von Thiel et al. (2007) bestätigt. Schneisen haben mehrere ökologische Funktionen im Auerhuhnlebensraum. Erstens bilden sie Flug- und Fluchtmöglichkeiten innerhalb des Waldes. Zweitens erhöhen sie das Angebot an inneren Waldrändern und Grenzlinien. Und drittens fördern sie durch den Lichteinfall die Bodenvegetation in der Schneise und damit auch die Heterogenität der Vegetation in der unmittelbaren Umgebung. Wir haben Hinweise, dass die Bedeutung von Schneisen für Auerhühner mit der Stammdichte im Lebensraum zunimmt. Auch das Angebot an inneren Grenzlinien trägt in den gemässigten Zonen massgeblich zur Qualität eines Auerhuhnlebensraums bei (Stein 1974, von Hessberg & Beierkuhnlein 2000), indem die Grenzlinien die Strukturvielfalt innerhalb eines Waldes erhöhen und zu einer kleinräumigen Verzahnung von Nahrungs- und Deckungsangebot und zu einem optimalem Mikroklima beitragen (Klaus et al. 1989). Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Brut-

Tab. 3. Durchschnittliche Anzahl Schneisen und Grenzlinienumfang von tiefbeasteten Einzelbäumen mit Versteckpotenzial sowie der prozentuelle Anteil Probeflächen ohne diese Strukturelemente in Präsenz- und Zufallsrastern der Untersuchungsgebiete in den Voralpen (Imhof 2007) und den Zentralalpen (Friedrich 2006). – Average number of aisles (Schneisen) and circumference of low-branched trees (Grenzlinien durch tiefbeastete Einzelbäume; in metre) with hiding potential for the Capercaillie in grid cells with evidence of Capercaillie presence (Präsenz) and random cells (Zufall), respectively. Additionally, the average proportion of plots without these structural elements are shown for both categories of grid cells and study areas (Voralpen = Prealps, Zentralalpen = Central Alps).

Unabhängige Variablen	Voralpen: Waldreservat Amden		Zentralalpen: Albulatal, südexponierte Seite	
	Präsenz	Zufall	Präsenz	Zufall
<i>Schneisen</i>				
Durchschnittliche Anzahl	1,2	0,4	1,3	0,7
% Probeflächen ohne Schneisen	21	63	16	44
<i>Grenzlinien durch tiefbeastete Einzelbäume</i>				
Durchschnittliche Länge (m)	6,2	2,0	2,1	1,1
% Probeflächen ohne tiefbeastete Einzelbäume	24	53	45	68

plätze oft nahe von Grenzlinien liegen (zusammengefasst in Klaus et al. 1989).

Wir haben den Grenzlinien-bildenden Strukturelementen, die den Auerhühnern Versteckmöglichkeiten am Boden bieten, in einigen unserer Studien ein besonderes Augenmerk geschenkt. Eine ausserordentliche Bedeutung hatten einzeln stehende, tiefbeastete Fichten (Bollmann et al. 2005), welche auch von Gjerde (1991), Scherzinger (1974) und Finne et al. (2000) als wichtige Elemente des Auerhuhnlebensraums erwähnt werden. Tiefbeastete Fichten werden von beiden Geschlechtern während den Ruhephasen im Tagesablauf gerne als Verstecke aufgesucht. Möglicherweise zeichnen sie sich im Winter durch ein besseres Mikroklima aus als andere bodennahe Bereiche oder die Baumkronen bei Schneegestöber und Wind. Thompson & Fritzell (1988) haben nämlich gezeigt, dass für Raufusshühner im Winter zwischen Stamm und äusseren Ästen von Nadelbäumen vorteilhafte Bedingungen zur Optimierung der Energiebilanz herrschen. Weiter weisen die Resultate aus den zentral-alpinen Lebensräumen darauf hin, dass auch tiefbeastete Rotten und liegendes Totholz zur Lebensraumqualität beitragen, indem sie das vielfältige Angebot an Grenzlinien und Verstecken in den Waldbeständen erhöhen.

In unserem Studiengebiet in den Voralpen, wo die Weisstanne eine bestandsbildende Baumart ist, war der Anteil dieses beliebten Schlaf- und Nahrungsbaums (Lanz & Bollmann 2008) eine signifikante Variable in den Habitatmodellen. Wir haben festgestellt, dass auch einzelne peripher stehende alte Weisstannen die Nutzung eines Gebietes im Winter wesentlich erweitern können. Entsprechend ist die Förderung der Weisstanne in Regionen ohne Waldföhre eine bedeutende Massnahme bei Lebensraumaufwertungen.

Aufgrund unserer Resultate kann die Bedeutung der Heidelbeere als Indikatorart von nutzbaren Waldbeständen nicht generalisiert werden. Unbestritten ist, dass die Stauden und die Beeren der Heidelbeere in den Gebieten, wo die Art vorkommt, die bevorzugte Nahrung von Hahn und Henne sind (Storch et al. 1991). Zudem bieten gut ausgebildete Heidelbeerstauden auch gute Versteckmöglichkeiten und ein

reiches Angebot an Wirbellosen. Diese sind die wichtigsten Bestandteile der Kükennahrung in den ersten 3–4 Lebenswochen. In vielen Föhrenwäldern der inneren Alpen ist das Angebot an Heidelbeerpflanzen aber spärlich, und trotzdem sind diese Wälder ganzjährig vom Auerhuhn besiedelt. Entgegen der etablierten Meinung (Klaus et al. 1989) kann dort die Funktion der Heidelbeere offensichtlich durch andere Zwergsträucher, Gräser und Krautpflanzen substituiert werden (Bollmann et al. 2005, Friedrich & Bollmann in Vorb.). Dasselbe gilt bzw. galt wohl auch für einige Gebiete im Berner und Solothurner Jura (C. Marti, mdl. Mitt.). Insgesamt scheint die Zusammensetzung der Bodenvegetation für das Auerhuhn wichtiger zu sein als der absolute Deckungsgrad (siehe auch Suchant 2002). Friedrich (2006) vermutet, dass der Wachtelweizen eine wichtige Nahrungspflanze für das Auerhuhn im Albulatal ist und dass dort das reiche Angebot an Grenzlinienelementen mit Versteckpotenzial die Schutzfunktion der Heidelbeere im Bodenbereich übernimmt. In den Moorlandschaften der Voralpen haben die Riedwiesen im Wald und in seiner Nähe eine wichtige Funktion im Frühling und während der Brutzeit. Nach unseren Beobachtungen scheinen Hennen vor der Eiablage fast ausschliesslich die pollen- und nährstoffreichen Blütentriebe des Scheidigen Wollgrases *Eriophorum vaginatum* zu fressen. Später im Jahr bieten die gleichen Riedwiesen ein reichhaltiges Insektenangebot für die Küken nach dem Schlupf.

Die einzige signifikante Variable mit einer negativen Beziehung zum Auerhuhnvorkommen in den voralpinen und alpinen Studiengebieten war der Deckungsgrad der Strauchschicht. Sträucher sind nicht als Hauptbestandteil der Nahrung von Auerhühnern bekannt (Klaus et al. 1989, Storch et al. 1991). Dabei dürften weniger die Nahrungskomponenten als vielmehr die Grösse und das Gewicht der Vögel und die damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Nahrungsaufnahme die Gründe dafür sein, dass Auerhühner nur vereinzelt Strauchnahrung nutzen. Zudem nimmt die Befliegbarkeit des Waldbestands mit dem Deckungsgrad der Strauchschicht ab. Ungeklärt bleibt, wie weit diese Variable in unseren Studien mit dem

Verjüngungsgrad der Buche korreliert. Die teilweise flächige Verbuschung von tiefer gelegenen Lebensräumen mit Buchenverjüngung vermindert die Qualität der Lebensräume und stellt mittelfristig ein Problem bei der Aufwertung solcher Waldbestände dar (s. Bollmann et al. 2008).

Das Auerhuhn ist sensibel gegenüber Veränderungen in der kleinräumigen Struktur des Waldbestands. Der Art ist es aber grundsätzlich egal, ob die bevorzugte Bestandsstruktur durch (1) eine ökologische Limitierung der Wuchsbedingungen, (2) natürliche Extremergebnisse wie Windwurf, Lawinen, Schneedruck und Feuer oder (3) forstliches Lebensraummanagement erzeugt wird. Hier besteht ein Ansatz für Lebensraumaufwertungen auf der Ebene des Waldbestands. Denn sämtliche hier untersuchten Variablen mit einer positiven oder negativen Beziehung zum Auerhuhnvorkommen können durch forstliche Eingriffe direkt beeinflusst werden (Tab. 4): Die Verringerung des stehenden Holzvorrats durch die Entnah-

me von Bäumen beeinflusst den Baumschicht-Deckungsgrad. Bei einer plenterartigen Nutzung oder durch kleinflächigen Femelschlag kann gleichzeitig die Grenzliniendichte erhöht werden (Stein 1974) und es entstehen wichtige Flugschneisen. Bei diesem Vorgehen ist es wichtig, dass der Lichteinfall auf Standorte mit geringer Verjüngungsgunst und einem guten Potenzial für die Etablierung von Beerensträuchern (vor allem Vaccinien) gelenkt wird. Dabei sind tiefbeastete Einzelbäume oder Rotten zu schonen und auf das Aufasten ist vollständig zu verzichten. Liegendes, vermoderndes Totholz begünstigt die Naturverjüngung von Einzelbäumen und ist zudem ein gutes Substrat zur Ansiedlung der Heidelbeere. Die hier vorgeschlagenen Massnahmen zur Förderung von lockeren bis lückigen Waldbeständen decken sich weitgehend mit den Empfehlungen in der Vollzugshilfe des BAFU (Mollet & Marti 2001) oder ergänzen diese partiell, insbesondere was die Bedeutung von Schneisen und von Grenzlinien-bildenden Deckungselementen betrifft.

Tab. 4. Eigenschaften von Waldbeständen, die vom Auerhuhn bevorzugt werden, und forstliche Massnahmen zur Förderung der entsprechenden Merkmale. Saisonal und abhängig vom Geschlecht können Unterschiede in der Präferenz für einzelne Merkmale auftreten. Verändert und ergänzt aus Mollet & Marti (2001) und Bollmann (2006). – *Traits of forest stands that are preferred by the Capercaillie, and management measures that have a positive effect on these traits. Dependent on season and sex, deviations in the preference for some traits can be observed. Modified and supplemented from Mollet & Marti (2001) and Bollmann (2006).*

Eigenschaften	Anforderungen	Massnahmen
Altbestände oder reich strukturierte Bestände in Hochwäldern	Je mehr desto besser!	Altholzstadien (>150 Jahre) zulassen; in jüngeren Beständen geringe Stammzahlen mit horizontalem Gefüge und Lücken fördern
Hoher Nadelholzanteil	≥ zwei Drittel; ein nicht zu kleiner Anteil von Tanne und Föhre (>10–20 %) ist vorteilhaft	Traditionelle und bevorzugte Sitz-, Schlaf-, Nahrungs- und Balzbäume schonen; häufig alte Tannen und Föhren mit kräftigen waagrechten Ästen
Mittlerer Kronenschlussgrad	30–40–60–70 %	Bestände frühzeitig und wiederholt auslichten
Gut entwickelte Krautschicht; Vogelbeerbaum	Je mehr Beerenkraut desto besser, idealerweise 30–50 cm hoch	Wo möglich, Heidelbeere mit gezieltem Lichteinfall auf geeignetem Substrat begünstigen; Vogelbeerbaum schonen
Gutes Angebot an Grenzlinien-bildenden Deckungselementen und Randzonen	Je mehr desto besser!	Rottenverjüngung, tiefbeastete Einzelbäume und liegendes Totholz fördern; innere Wald-ränder und Schneisen pflegen; Vegetations-grenzen und -übergänge fördern
Struktur- und Komfortelemente reichlich vorhanden	Liegendes Totholz; offene Sandbadestellen; Ameisenhaufen	Totholz liegen lassen; aufgestellte Wurzelteller nach Windwurf zulassen und Ameisenhaufen schonen

Dank. Die im Artikel genannten Untersuchungen profitierten von der Unterstützung zahlreicher Personen der kantonalen und regionalen Forstdienste und der Wildhut der Kantone St. Gallen, Graubünden und beider Appenzell. Ein besonderer Dank gebührt Batist Bischoff, Kurt Bleiker, Ueli Bühler, Rolf Ehrbar, Ricardo Engler, Hannes Jenny, Franz Rudmann und Robert Sommerhalder. Speziell bedanken möchten wir uns auch bei den Leitern der einzelnen Untersuchungen: Prof. Harald Bugmann, Prof. Klaus C. Ewald, Dr. Werner Suter und Prof. Robert Weibel.

Zusammenfassung

Das Auerhuhn besiedelt innerhalb seines Verbreitungsgebiets unterschiedliche ökologische Nischen, wobei die Nutzung des Lebensraums durch die Struktur und Zusammensetzung des einzelnen Waldbestands beeinflusst wird. Dies zeigt sich besonders in den Alpen, wo die klimatischen, orographischen und topographischen Unterschiede auf kleinem Raum dazu geführt haben, dass das Auerhuhn seit der letzten Eiszeit zahlreiche Waldgesellschaften besiedelt hat und verschiedene Nahrungspflanzen nutzt. Weil neben den natürlichen Umwelteigenschaften die forstliche Nutzung der Wälder einen weiteren grossen Einfluss auf die Struktur und Zusammensetzung der Waldbestände hat, haben wir in vier Diplomarbeiten die Habitatwahl des Auerhuhns in den Vor- und Zentralalpen untersucht und verglichen. Dabei zeigte sich, dass das Auerhuhn Waldbestände mit mittlerem Baumschichtdeckungsgrad bevorzugt, die häufig von Schneisen durchbrochen sind und ein überdurchschnittliches Angebot an Strukturelementen aufweisen, die eine gute Deckung bieten. Eine gut entwickelte Bodenvegetation ist ebenfalls wichtig, wobei ihre Zusammensetzung deutliche regionale Unterschiede aufweisen kann. Eine ausserordentliche Bedeutung haben einzeln stehende, tiefbeastete Fichten im alpinen Lebensraum des Auerhuhns, die häufig als gedeckte Ruheplätze genutzt werden. Die genannten Eigenschaften von Auerhuhnlebensräumen sind typisch für alte Sukzessionsstadien des Waldes. Dem Auerhuhn ist es aber grundsätzlich egal, ob die bevorzugte Bestandsstruktur durch eine ökologische Limitierung der Wuchsbedingungen, durch natürliche Extremereignisse wie Windwurf, Lawinen und Schneedruck oder durch ein gezieltes forstliches Lebensraummanagement erzeugt wird.

Literatur

- BOLLMANN, K. (2006): Das Auerhuhn: imposant und gefährdet. S. 200–221 in: R. EHRBAR (Hrsg.): Veränderungen als Chance für den Wald. Sophie und Karl Binding Stiftung, Basel.
- BOLLMANN, K. & R. F. GRAF (2008): Wie beeinflussen Lebensraumangebot und -fragmentierung die Verbreitung von Lokalpopulationen beim Auerhuhn? Ornithol. Beob. 105: 45–52.
- BOLLMANN, K., P. WEIBEL & R. F. GRAF (2005): An analysis of central Alpine capercaillie spring habitat at the forest stand scale. For. Ecol. Manage. 215: 307–318.
- EIBERLE, K. (1976): Zur Analyse eines Auerwildbiotopes im Schweizerischen Mittelland. Forstwiss. Cent.bl. 95: 108–124.
- FINNE, M. H., P. WEGGE, S. ELIASSEN & M. ODDEN (2000): Daytime roosting and habitat preference of capercaillie *Tetrao urogallus* males in spring – the importance of forest structure in relation to anti-predator behaviour. Wildl. Biol. 6: 241–249.
- FRIEDRICH, A. (2006): Das Auerhuhn in Mittelbünden: Verbreitung und geschlechterspezifische Nutzung des Lebensraums im Sommer. Dipl.arb. Departement Biologie. Eidg. Technische Hochschule ETH, Zürich. 41 S. + Appendix.
- FRIEDRICH, A. & K. BOLLMANN (in Vorb.): Habitat and niche use of capercaillie (*Tetrao urogallus*) in the Central Alps during summer.
- FRITSCH, B. (2004): Die Entwicklung der Wälder auf der Schwägalp im 20. Jahrhundert und ihre Bedeutung für den Lebensraum des Auerhuhns (*Tetrao urogallus*). Dipl.arb. Departement Umweltnaturwissenschaften. Eidg. Technische Hochschule ETH, Zürich. 59 S.
- FRITSCH, B., K. BOLLMANN, R. F. GRAF & H. BUGMANN (2006): Die Entwicklung der Wälder auf der Schwägalp im 20. Jahrhundert und ihre Bedeutung für den Lebensraum des Auerhuhns (*Tetrao urogallus*). Schweiz. Z. Forstwes. 157: 135–146.
- GIERDE, I. (1991): Cues in winter habitat selection by Capercaillie. I. Habitat characteristics. Ornis Scand. 22: 197–204.
- IMHOF, S. (2007): Verbreitung und Habitatnutzung des Auerhuhns im Waldreservat Amden. Dipl.arb. Geographisches Institut. Univ. Zürich, Zürich. 49 S.
- KLAUS, S., A. V. ANDREEV, H.-H. BERGMANN, F. MÜLLER, J. PORKERT & J. WIESNER (1989): Die Auerhühner: *Tetrao urogallus* und *T. urogalloides*. 2. Aufl. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 86. Ziemsen, Wittenberg Lutherstadt.
- LANZ, M. & K. BOLLMANN (2008): Eigenschaften der Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume des Auerhuhns *Tetrao urogallus* im Waldreservat Amden. Ornithol. Beob. 105: 63–75.
- LECLERCQ, B. (1987): Influence de quelques pratiques sylvicoles sur la qualité des biotopes à Grand Tétras (*Tetrao urogallus*) dans le massif du Jura. Acta Oecol. 8: 237–246.
- MOLLET, P. & C. MARTI (2001): Auerhuhn und Waldbewirtschaftung. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- ROLSTAD, J. & P. WEGGE (1987): Distribution and size of capercaillie leks in relation to old forest fragmentation. Oecologia 72: 389–394.
- SCHERZINGER, W. (1974): Interpretation einer Bestandsaufnahme an Auerhühnern im Nationalpark Bayerischer Wald. Allg. Forst Z. 29: 828–829.

- (2002): Biotopschutz für Auerhühner im Spiegel der artspezifischen Einnischung der Grossen Waldhühner. S. 1–14 in: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.): Auerhuhnschutz und Forstwirtschaft: Lösungsansätze zum Erhalt von Reliktpopulationen unter besonderer Berücksichtigung des Fichtelgebirges, Freising, Deutschland.
- SCHROTH, K.-E. (1994): Zum Lebensraum des Auerhuhns (*Tetrao urogallus* L.) im Nordschwarzwald. Mitt. Forstl. Vers.-Forsch.anst. Baden-Württ. 178. 133 S.
- STEIN, J. (1974): Die qualitative Beurteilung westdeutscher Auerhuhnbiotope unter besonderer Berücksichtigung der Grenzlinienwirkung. Allg. Forst Z. 29: 837–839.
- STORCH, I. (1993a): Habitat selection by capercaillie in summer and autumn – is bilberry important? Oecologia 95: 257–265. – (1993b): Patterns and strategies of winter habitat selection in alpine capercaillie. Ecography 16: 351–359.
- STORCH, I., C. SCHWARZMÜLLER & D. VON DEN STEMMEN (1991): The diet of capercaillie in the Alps: a comparison of hens and cocks. S. 630–635 in: IUGB (ed.): Proceedings of the Congress of the International Union of Game Biologists, Gödöllő, Hungary.
- SUCHANT, R. (2002): Die Entwicklung eines mehrdimensionalen Habitatmodells für Auerhuhnareale (*Tetrao urogallus* L.) als Grundlage für die Integration von Diversität in die Waldbaupraxis. Diss. Forstwissenschaftliche Fakultät. Univ. Freiburg, Freiburg. 331 S.
- SUTER, W., R. F. GRAF & R. HESS (2002): Capercaillie and avian biodiversity: testing the umbrella species concept. Conserv. Biol. 16: 778–788.
- THIEL, D., C. UNGER, M. KÉRY & L. JENNI (2007): Selection of night roost in winter by capercaillie *Tetrao urogallus* in Central Europe. Wildl. Biol. 13, Suppl. 1: 73–86.
- THOMPSON, F. R. & E. K. FRITZELL (1988): Ruffed grouse winter roost site preference and influence on energy demands. J. Wildl. Manage. 52: 454–460.
- VON HESSBERG, A. & C. BEIERKUHNLEIN (2000): Vegetationsstrukturen in den Habitaten des Auerhuhns *Tetrao urogallus* im Fichtelgebirge. Ornithol. Anz. 39: 159–174.
- WEIBEL, P. (2003): Kleinräumige Analyse des Auerhuhnhabitats in den Alpen. Dipl.arb. Departement Umweltnaturwissenschaften. Eidg. Technische Hochschule ETH, Zürich. 39 S.