

## Das Auerhuhn im Jura: Qualität des Lebensraums, Demographie, Habitatwahl und nicht-invasive genetische Untersuchungen

Sébastien Sachot, Luca Fumagalli und Pierre Mollet



SACHOT, S., L. FUMAGALLI & P. MOLLET (2008): The Western Capercaillie in the Jura Mountains: habitat suitability, demography, habitat selection and non-invasive genetic studies. *Ornithol. Beob.* 105: 97–106.

Most Central European Capercaillie populations have been declining during the last century. In the Jura Mountains, at the border between Switzerland and France, remaining Capercaillie populations are now isolated and endangered. In this study, land-use and Capercaillie presence data were used to identify key landscape parameters by logistic regression modelling. We found that Capercaillie prefers areas at the highest altitude in the Jura Mountains that are characterised by continuous forests and stands with intermediate canopy cover. At the local scale, winter habitat selection revealed a preference for open forests with a sparse canopy cover dominated by spruce and fir. Capercaillie avoided dense undercanopy and understorey, especially when dominated by beech. Population viability and sensitivity analyses underlined the crucial importance of adult female survival, chick survival and breeding success for populations maintenance.

Legal bases, scientific knowledge and technical measures are now available to conserve the flagship species Capercaillie within the Jura Mountains. Capercaillie-adapted forestry requires a mosaic distribution of habitat types, with a matrix of open forests where fir is favoured, and understorey kept sparse. Preliminary essays indicate that grouse-adapted forestry costs are similar or even lower than present costs. To increase survival and breeding success, one option is to diminish human disturbance by limiting access to Capercaillie breeding and wintering areas. An action plan for the species should avoid more costly and intensive approaches such as the reintroduction of birds from other populations. Capercaillie conservation represents a major challenge rising from various and contradictory leisure, tourist and rural development activities. Collaboration with different stakeholders and state agencies for forest and wildlife conservation should complete the positive effects of grouse forestry with an effective protection from human disturbance.

Sébastien Sachot<sup>1</sup> (korrespondierender Autor) und Luca Fumagalli, Université de Lausanne, Département d'Ecologie et d'Evolution, Biophore, CH-1015 Lausanne; <sup>1</sup> gegenwärtige Adresse: Service des forêts, de la faune et de la nature, Conservation de la faune, chemin du Marquisat 1, CH-1025 St-Sulpice, E-Mail [sebastien.sachot@vd.ch](mailto:sebastien.sachot@vd.ch); Pierre Mollet, Schweizerische Vogelwarte, CH-6204 Sempach

Viele Vogelarten, die an ältere Sukzessionsstadien des Waldes angepasst sind, gelten in Europa als gefährdet (Tucker & Heath 1994).

Doch ist es kaum möglich, für alle diese Arten gleichzeitig Schutz- bzw. Fördermassnahmen zu planen und umzusetzen. Das Identifizieren

einer «Schirmart» mit hohen Ansprüchen an den Lebensraum (Simberloff 1998) bietet einen methodischen Ausweg. Schirmarten zeichnen sich dadurch aus, dass sich Massnahmen zu ihrer Förderung auch auf viele andere Arten positiv auswirken.

Das Auerhuhn kann als Schirmart für andere Arten älterer Sukzessionsstadien des Waldes gelten (Boag & Rolstad 1991). Es benötigt als Lebensraum reich strukturierte, abwechslungsreiche Wälder, die grossflächig sein müssen (Rolstad & Wegge 1987) und nur wenig fragmentiert (Picozzi et al. 1992) sowie wenig durch anthropogene Störung belastet sein dürfen (Ménoni et al. 2004). Massnahmen zur Förderung des Auerhuhns werden sich auch auf andere Arten des Waldes wie beispielsweise den Raufusskauz *Aegolius funereus* und die Waldschnepfe *Scolopax rusticola* positiv auswirken (Suter et al. 2002).

Die Bestände des Auerhuhns im Jura gehören zu den wichtigen in Mitteleuropa. In mehreren langjährigen Studien wurden Grundlagen erarbeitet, die für den effizienten Schutz der Art im Jura von grosser Bedeutung sind.

## 1. Gebiet und Verbreitung des Auerhuhns

Der Jura (mittlere geografische Länge und Breite 47°25' N; 6°42' E) ist ein Mittelgebirge, das sich im Grenzgebiet der Schweiz und Frankreichs befindet. Er ist etwa 250 km lang und maximal 65 km breit. Die prägenden landschaftlichen Elemente sind Wälder, offene und halboffene Weiden sowie exponierte Grate und Wände aus Kalkfelsen. Der höchstgelegene Punkt des Jura liegt auf 1718 m ü.M. In den höheren Lagen herrschen harte klimatische Verhältnisse. Auf 1200 m ü.M. liegt die durchschnittliche Jahrestemperatur bei 5,5 °C, und während rund der Hälfte des Jahres fällt die Temperatur täglich mindestens einmal unter den Gefrierpunkt. Die Niederschlagsmenge beträgt im Jahr rund 2000 mm. Ein wesentlicher Teil davon fällt als Schnee. Dieser liegt gewöhnlich von November bis Mai flächendeckend und erreicht im Januar Mächtigkeiten von bis zu 2 m. Die Vegetationsperiode dauert in den höheren Lagen maximal 4 Monate.

Der Jura ist vom Menschen nur dünn besiedelt, aber weil er nahe bei den grossen Agglomerationen des schweizerischen Mittellandes liegt, wird er für Freizeitaktivitäten häufig aufgesucht.

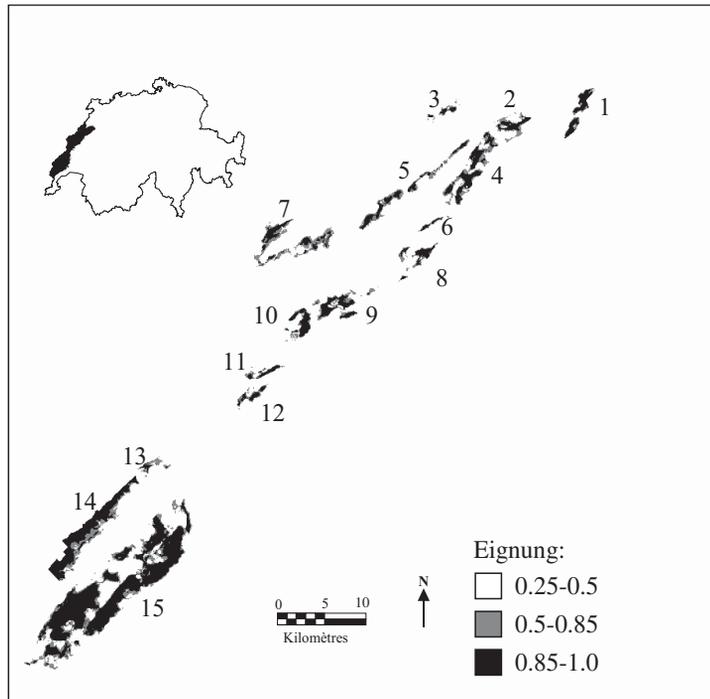
Die obere Waldgrenze befindet sich im Jura heute auf etwa 1550 m ü.M. Oberhalb von 1000 m sind die Wälder von Nadelbaumarten dominiert. Auf dem weitaus grössten Teil dieser höher gelegenen Waldflächen ist der typische Tannen-Buchenwald (*Abieti albaefagetum sylvaticae typicum*) die natürliche, aufgrund der standörtlichen Bedingungen zu erwartende Waldgesellschaft (Vittoz 1998). Die Fichte *Picea abies* ist gegenwärtig die häufigste Baumart. Buche *Fagus sylvatica* und Weisstanne *Abies alba* machen ebenfalls einen wesentlichen Anteil der Baumschicht aus.

Die meisten Wälder im Jura wurden spätestens ab dem 14. Jahrhundert als Weide für das Vieh und als Lieferanten für Holz und andere Produkte intensiv genutzt (Leclercq 1987b). Als Folge davon waren sie locker bis lückig aufgebaut und hatten nur niedrige Vorräte an stehendem Holz. Ausserdem war die Artenzusammensetzung in der Baumschicht stark zugunsten der Nadelholzarten verschoben. Das Auerhuhn fand unter diesen Bedingungen grossflächig geeigneten Lebensraum und war weit verbreitet. Spätestens von etwa 1960 an verkleinerte sich das Verbreitungsgebiet, und die Bestände nahmen ab (Sachot et al. 2002). Heute besiedelt das Auerhuhn nur noch die höchstgelegenen Wälder. Der Bestand im gesamten Jura wird auf ungefähr 400 adulte Individuen geschätzt, verteilt auf 35 einzelne Gebiete.

## 2. Untersuchungen und Resultate

### 2.1. Habitataignung auf grosser Fläche und potenzielle Verbreitung

Die finanziellen Mittel, die vom Kanton und vom Bund für Massnahmen zur Förderung des Auerhuhns zur Verfügung gestellt werden, sind begrenzt. Sie müssen deshalb möglichst effizient eingesetzt werden, d.h. in Wäldern, die aufgrund ihrer Lage und ihrer standörtlichen Voraussetzungen ein möglichst grosses Poten-



**Abb.1.** Die potenzielle Verbreitung des Auerhuhns im Jura umfasst aufgrund der Eignung der Landschaft als Lebensraum 15 räumliche Einheiten. – *A habitat suitability model predicted 15 spatial units within the potential distribution.*

zial als Lebensraum für das Auerhuhn haben. Mit Hilfe einer logistischen Regressionsanalyse wurde für den ganzen Jura das Potenzial der Landschaft als Lebensraum für das Auerhuhn modelliert. Darauf aufbauend war es möglich,

eine Karte mit der potenziellen Verbreitung der Art zu erstellen, die für den möglichst effizienten Einsatz der Mittel eine wesentliche Grundlage ist (Abb. 1). Als Basis für die Analyse wurden zwei Datensätze verwendet: Die

**Tab. 1.** Logistische Regression mit logit-link Funktion zur Bestimmung des Lebensraumpotenzials inkl. binomialer Verteilung der Fehler. Die 10 im Modell enthaltenen Variablen erklären 75,6 % der Streuung, die in der räumlichen Verteilung des Auerhuhns im Jura auftreten. DG = Deckungsgrad. – *Potential Capercaillie habitat based on logistic regression, including binominal distribution of error. The ten variables in the model explain 75.6 % of the variation.*

Variable	Koeffizient	Fehlertyp	t-Wert	p
Konstante	-43,776	3,254	-13,454	<0,001
Höhe ü.M.	0,107	0,008	12,745	<0,001
Hangneigung	-0,456	0,122	-3,745	<0,001
% an offenem Wald (DG Baumschicht < 60 %)	2,713	0,457	5,933	<0,001
% an «geschlossenem» Wald (DG Baumschicht > 60 %)	0,466	0,046	10,114	<0,001
% Jungwald (Fläche < 0,25 ha)	-4,342	1,037	-4,186	<0,001
% an Felswänden	-4,370	1,107	-3,947	<0,001
Distanz zur nächsten Strasse	-0,913	0,376	-2,429	0,015
Distanz zum nächsten Alpgebäude	-6,184	3,068	-2,015	0,044
Distanz zur nächsten Skipiste	0,154	0,039	3,956	<0,001
Index «Jagddruck Wildschwein»	-263,471	84,400	-3,122	0,002

Verbreitung des Auerhuhns aufgrund von indirekten Nachweisen ( $n = 1161$ ) sowie ein Datensatz mit mehreren Variablen, welcher Informationen über die topografischen Verhältnisse sowie über die Nutzung der Landschaft durch den Menschen enthält. Dieser zweite Datensatz stammte aus der Arealstatistik des Bundesamts für Statistik und basierte auf dem Hektarraster der Schweizerischen Landesvermessung. Aus diesem Grund bezog sich auch die hier vorgestellte Analyse der Habitategnung auf dieses Hektarraster.

Das Modell, womit die Habitategnung der Landschaft am besten beschrieben wurde, enthielt nur Variablen, die untereinander nicht korreliert und auf dem 5-%-Niveau signifikant waren (Tab. 1). Ansteigende Höhe über Meer wirkt sich positiv auf die Habitategnung aus, grössere Neigung des Geländes negativ. Ein hoher Anteil lockerer, lückiger Wälder mit 20 bis 60 % Deckung in der Baumschicht wirkt sich positiv aus. Auch der Anteil der dichteren Wälder mit über 60 % Deckung ist mit der Habitategnung positiv korreliert, wogegen sich ein hoher Anteil an Jungwald eher negativ auswirkt. Alle indirekten Indizes für Störung durch den Menschen wirken sich negativ aus: Die Nähe zu Strassen, zu Skipisten, zu Algebäuden ebenso wie der «kantonale Index des

Jagddrucks auf das Wildschwein», welcher ein Mass ist für die Anzahl der Jäger, die sich während der Jagd auf das Wildschwein (in den Monaten November bis Januar) in den Wäldern aufhalten. Detaillierte Angaben zu den verwendeten Landschaftsvariablen und den Analysen sind in Sachot (2002) publiziert.

## 2.2. Überlebensfähigkeit der Populationen

Schon seit 24 Jahren werden im Jura demografische Daten zu den Auerhuhn-Populationen erhoben (Leclercq 1987, B. Leclercq unpubl.). Mit diesen Daten sowie jenen von Höglund (1952), Koivisto (1963), Moss & Oswald (1985), Moss & Weir (1987), Wegge et al. (1981, 1990) wurde unter Verwendung des Programms «TetrasPool 1.0.2» (Sachot 2000) die langfristige Überlebensfähigkeit der gesamten Auerhuhn-Population des Jura untersucht. Das Programm ist speziell für die Analyse von populationsdynamischen Parametern beim Auerhuhn und für entsprechende Simulationen entwickelt worden. Es berücksichtigt Variablen zu Altersstruktur, Fortpflanzungserfolg und räumlicher Verteilung genauso wie stochastische Ereignisse. Detaillierte Angaben zu den durchgeführten Simulationen sind bei Sachot & Perrin (2004) sowie bei Sachot et al. (2006) zu finden.

**Tab. 2.** Extremwerte der verwendeten Parameter und Analyse der Überlebenswahrscheinlichkeit des Auerhuhns im Jura. Die Parameterwerte stammen aus Höglund (1952), Koivisto (1963), Leclercq (1987a), Moss & Oswald (1985), Moss & Weir (1987) und Wegge et al. (1981, 1990). – *Parameter uncertainty and population viability analysis for the Capercaillie in the Jura Mountains.*

Parameter	Extremwerte der Parameter		Aussterberisiko bei Extremwert (%)		Mittlere Dauer bis zum Aussterben bei Extremwert (Jahre)	
	Niedrig	Hoch	Niedrig	Hoch	Niedrig	Hoch
Geschlechterverhältnis (Anteil der Hennen bei den Jungvögeln)	0,22	0,75	29,1	0	77	–
Fertilität (Anzahl Eier pro Henne)	6	8	1,9	0	93	–
Anteil der brütenden Hennen (%)	0,16	0,55	18,8	0	84	–
Überlebensrate der Junghennen	0,19	0,6	0,4	0	97	–
Überlebensrate der adulten Hennen	0,55	0,9	98,7	0	34	–
Streifgebiet einer Henne im Sommer (ha)	5	331	0	0	–	–
Mittlere Ausbreitungsdistanz (m)	2000	25000	0,1	0	98	–
Anteil der abwandernden Hennen (%)	0	0,65	4,5	0	93	–

**Tab. 3.** Logistisches Modell der Habitatwahl des Auerhuhns im Winter. Die Tabelle enthält die Signifikanz (t-Test) der Unterschiede zwischen den Koeffizienten und den Nullwerten. Die 5 enthaltenen Variablen erklären 70,2 % der Habitatwahl. – *Logistic model for winter Capercaillie habitat selection. Significances (t-test) of the differences between coefficients and zero. The five variables of the model explain 70.2 % of habitat selection.*

Variable	Koeffizient	Fehler-Typ	t-ratio	p
Konstante	1,882	0,373	5,044	<0,001
Fichte in Baumschicht	–0,071	0,013	–5,315	<0,001
Weisstanne in Baumschicht	0,139	0,055	2,518	0,012
Fichte in Mittelschicht	–0,053	0,016	–3,195	<0,001
Fichte in Strauchschicht	–0,035	0,149	–2,390	0,017
Buche in Strauchschicht	–0,026	0,009	–2,963	0,003

Falls sich an den demografischen Variablen nichts ändert, prognostizieren die Simulationen einen weiteren Rückgang der Bestände des Auerhuhns sowie eine Wahrscheinlichkeit von 56,8 %, dass die Art innerhalb von 77 Jahren vollständig aus dem Jura verschwindet. Will man diese vorhergesagte negative Entwicklung bremsen oder umkehren, genügt es nicht, die Überlebenswahrscheinlichkeit der Adulten zu verbessern, wie das für langlebige Arten häufig als wichtigste Massnahme empfohlen wird. Gemäss den Simulationen ist es genauso wichtig, die Ausfallquote bei den Bruten sowie die Mortalität bei den Jungvögeln als Folge von Störung durch den Menschen zu senken. Ausserdem zeigten die Resultate, dass die Verbesserung der Qualität des Lebensraums von grosser Bedeutung ist, vor allem in jenen Räumen, die gegenwärtig noch vom Auerhuhn besiedelt sind. Dagegen wirken sich weder kleine Streifgebiete noch geringe Ausbreitungsdistanzen auf die langfristige Überlebenswahrscheinlichkeit stark negativ aus (Tab. 2). Gemäss der Simulation mit «TetrasPool 1.0.2» scheint im Jura die Gefahr einer zukünftigen Isolation der einzelnen Vorkommen eher gering zu sein.

### 2.3. Genetische Studien an der Auerhuhn-Population im Jura

In 9 Gebieten des Jura wurde Losung von Auerhühnern gesammelt und mittels Genotypisierung der daraus extrahierten DNA einzelnen Individuen zugeordnet. Insgesamt identifizierten wir im ganzen Untersuchungsgebiet 238

Individuen: 154 Hähne, 70 Hennen und 14 unbestimmte (Regnaut et al. 2006a). Der erwartete Grad an Heterozygotie betrug 0,55, die totale Heterozygotie 0,57. Keine der 9 untersuchten Teilpopulationen zeigte Abweichung von der Panmixie ( $F_{is\ global} = 0,019$ , n.s.). Der genetische Unterschied zwischen den Teilpopulationen ist nicht stark ausgeprägt, aber statistisch signifikant ( $F_{st} = 3,3\%$ ,  $p < 0,001$ ). Angesichts der relativ kleinen geografischen Ausdehnung des Untersuchungsgebiets von ungefähr 100 km Länge und 20 km Breite lässt dieses Resultat die Existenz einer genetischen Drift innerhalb der einzelnen untersuchten Teilpopulationen vermuten.

In 6 dieser 9 Gebiete sind insgesamt 15 Balzplätze bekannt. Von 50 der mittels Genotypisierung identifizierten Hähne wurde die Losung auf diesen Balzplätzen gesammelt. Die Analyse zeigt, dass die Hähne, die denselben Balzplatz besuchen, untereinander meist mehr oder weniger nahe verwandt sind.

### 2.4. Kleinräumige Habitatwahl

Zur Analyse der kleinräumigen Lebensraumpräferenz des Auerhuhns im Winter wurden zwei Datensätze verwendet. Der eine enthielt 156 Präsenz- und 156 Absenz-Punkte des Auerhuhns, wobei letztere über eine Fläche von 78 km<sup>2</sup> innerhalb der potenziellen Verbreitung des Auerhuhns zufällig verteilt waren. Der andere Datensatz enthielt 42 Variablen, welche die Topografie des Geländes, den Aufbau und die Artenzusammensetzung des Waldes und

den Abstand zum nächsten potenziellen Ausgangspunkt für Störungen beschrieben. Die Analyse erfolgte mit einer logistischen Regression im Rahmen generalisierter linearer Modelle, um das Subset jener nicht interkorrelierten Variablen zu identifizieren, welches die Habitatwahl am besten erklärte. Details zur Analyse sind bei Sachot et al. (2003) zu finden.

Für die Höhe über Meer und die Exposition wurde keine Präferenz gefunden. Das beste Modell verwendete nur 5 Variablen, welche die drei Schichten des Waldes (Baum-, Mittel- und Strauchschicht) repräsentierten (Tab. 3).

Das Auerhuhn bevorzugt von Fichte und Weisstanne dominierte Waldbestände mit einer lückigen Deckung in der Baumschicht. Gemieden werden Bestände mit einem dichten mittelhohen Bewuchs aus Fichte und vor allem jene, die eine dichte Strauchschicht aus Fichte oder Buche aufweisen.

### 3. Diskussion

#### 3.1. Habitateignung auf grosser Fläche und potenzielle Verbreitung

Die positive Wirkung offener Wälder mit einem Kronenschluss von 20 bis 60 % auf die Lebensraumqualität kann am besten mit dem guten Nahrungsangebot erklärt werden. Solche Wälder haben im allgemeinen eine gut ausgebildete Krautschicht mit einem hohen Anteil an Heidelbeeren *Vaccinium myrtillus*, einer der wichtigsten Nahrungspflanzen des Auerhuhns im Sommer (Storch 1993b, Vittoz 1998). Da das Auerhuhn ausserhalb des Waldes auf offenen Flächen nicht vorkommen kann, wirkt sich im Modell das Vorhandensein geschlossener Wälder mit einem Kronenschluss von über 60 % ebenfalls positiv aus. Dies jedoch nur, weil für die Analyse die räumliche Einheit der Hektare verwendet wurde. Hektarraster ganz ohne Wald, von denen es im Perimeter viele gab, haben einen wesentlich schlechteren Lebensraum-Eignungswert als Raster mit Wald, auch wenn dieser Wald eher geschlossen ist.

Je näher man sich an Strassen, Alpegebäuden und Skipisten befindet, desto höher ist im allgemeinen die Anzahl Menschen, die sich zu Freizeit- und Sportzwecken in den Wäldern

aufhalten. Das ist wahrscheinlich der Grund für die negative Wirkung solcher Infrastrukturen auf die Qualität der Lebensräume. Je häufiger Auerhühner von Menschen gestört werden, desto eher geben die Hennen ihre Nester auf, desto höher ist die Mortalität der Küken und auch jene der Altvögel im Winter (Storch 1991a, Ménoni 1994b).

#### 3.2. Überlebensfähigkeit der Populationen

Die Simulationen der Überlebensfähigkeit der Auerhuhn-Populationen im Jura haben gezeigt, dass die Überlebensraten der Adulten im Winter und jene der Jungvögel im Sommer Schlüsselfaktoren sind. Diese beiden Faktoren werden von Störung durch den Menschen stark negativ beeinflusst. Es braucht demnach zur Erhaltung des Auerhuhns als Brutvogelart im Jura nicht nur forstliche Massnahmen zur Verbesserung der Lebensraum-Eignung, sondern ebenso einen wirksamen Schutz gegen zu viel Störung. Ausserdem könnte man auch durch eine Reduktion der Dichte an Prädatoren einen wesentlichen Beitrag zur Förderung des Auerhuhns leisten (Storch 1993a).

Weiter legen die Resultate der Simulationen nahe, dass es sinnvoll ist, möglichst viele der einzelnen Populationen im Jura zu fördern und sich nicht nur auf die grössten zu konzentrieren.

#### 3.3. Genetische Studien an der Auerhuhn-Population im Jura

Dass die balzenden Hähne auf demselben Balzplatz häufig untereinander mehr oder weniger verwandt sind, könnte darauf zurückzuführen sein, dass Hähne selten aus dem Gebiet abwandern, aus dem sie stammen. Eventuell liegt es aber auch daran, dass untereinander verwandte Hähne ihr Gebiet gemeinsam verlassen, um an einem anderen Ort zu balzen. Das Fortpflanzungssystem des Auerhuhns, mit den Balzplätzen, der recht stark ausgeprägten lebenslangen Ortstreue der Hähne und der eventuell auch vorhandenen Tendenz von verwandten Hähnen zur Bildung von Gruppen beeinflusst die Verteilung der genetischen Variabilität innerhalb der Populationen stark (Regnaut et al. 2006b).

Die Resultate der genetischen Untersuchungen ergeben keine Anzeichen darauf, dass das Überleben der Auerhuhn-Population des Jura zur Zeit wegen reduzierter genetischer Vielfalt oder wegen Inzuchteffekten gefährdet sein könnte. Die Kleinheit der Population und die Tendenz zu vermehrter Isolation könnte dennoch in Zukunft zu einem wesentlichen Gefährdungsfaktor werden. Die ausgeprägte gegenseitige Verwandtschaft der Hähne an den Balzplätzen sollte in Managementplänen zur Erhaltung des Auerhuhns im Jura berücksichtigt werden.

### 3.4. Kleinräumige Habitatwahl

Das Auerhuhn bevorzugt im Jura offene Wälder mit aufgelockertem Kronenschluss und mit Fichte und Weisstanne als Hauptbaumarten. Bestände mit einer dichten Buchenverjüngung werden gemieden. Damit sind die Habitatpräferenzen der Art im Jura mit vielen Gebieten in den Voralpen vergleichbar (Bollmann et al. 2008, Graf & Bollmann 2008). Diese Ansprüche sind durchaus kompatibel mit einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder. Es wird empfohlen, die Waldverjüngung mosaikartig verteilt im Innern einer Matrix aus alten Beständen einzuleiten. Diese sollte einen Kronenschluss von ungefähr 30 % aufweisen, und mindestens 3 % der Oberschicht sollten aus Weisstannen bestehen. Die Jungwaldflächen sollten nicht mehr als 20 % der ganzen Waldfläche einnehmen.

In Auerhuhngebieten sollte die aktuell praktizierte einzelstammweise Nutzung der Wälder aufgegeben werden, weil sie zu häufig zu einer flächendeckenden Verjüngung der Buche führt. Zugunsten des Auerhuhns sollten Holzschläge stattdessen auf kleinen Flächen von 0,02 bis 0,1 ha Grösse durchgeführt werden. Das ermöglicht eine punktuelle Verjüngung und ist mit den Ansprüchen der Raufusshühner an ihren Lebensraum besser kompatibel (Sachot & Neet 2006).

In einer Fallstudie auf 2 Parzellen konnte gezeigt werden, dass die Verbesserung der Waldstruktur mit forstlichen Massnahmen und vertretbarem finanziellem Aufwand möglich ist (Sachot & Neet 2006).

Eine Holznutzung, bei der zugunsten des Auerhuhns stets kleine Gruppen von Bäumen entfernt werden, ist nicht aufwändiger als die traditionelle einzelstammweise Nutzung. Die traditionelle Jungwaldpflege mit dem Ziel, Nadelbaumarten durch Freistellen zu fördern und Laubholzarten zurückzuschneiden, kostet pro Are zwischen Fr. 4.– und 40.–, je nach Dichte des Jungwuchses. Dagegen kostet eine Jungwaldpflege, die vollständig auf die Förderung der Lebensraum-Qualität für das Auerhuhn ausgerichtet ist, zwischen Fr. 12.– und 20.– je Are. Mit einer solchen Jungwaldpflege werden kleine Schneisen und Öffnungen bis zu 10 m Durchmesser geschaffen und Kreten und andere Erhebungen im Gelände freigestellt, und es wird konsequent darauf geachtet, die Buchenverjüngung möglichst nicht zu fördern.

Die Kosten für eine auf die Bedürfnisse des Auerhuhns ausgerichtete Waldbewirtschaftung bewegen sich somit ungefähr im selben Rahmen wie diejenigen der traditionellen Wald- und Weidebewirtschaftung im Waadtland Jura. Falls die öffentlichen (Bundes- und Kantons-) Finanzen zugunsten der Artendiversität im Wald stark zurückgehen, könnte deshalb das Einrichten von Reservaten mit den beiden Zielen Erhaltung seltener Arten und naturnahe Holznutzung eine wirtschaftlich valable Alternative sein.

### 3.5. Schlussfolgerungen

Die Erhaltung einer Brutvogelart wie des Auerhuhns ist eine grosse Herausforderung, vor allem wegen der oft gegenläufigen Interessen, die verschiedene Bevölkerungsgruppen am Wald haben. Es braucht sowohl eine Waldbewirtschaftungspraxis, die auf die Lebensraum-Ansprüche der Art optimal Rücksicht nimmt, als auch ein Management der Störungen in den wichtigen Lebensräumen. In Mitteleuropa besiedelt das Auerhuhn schon seit Jahrhunderten fast ausschliesslich Wälder, die vom Menschen bewirtschaftet wurden und meist auch heute noch bewirtschaftet sind. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass grossflächig waldbauliche Methoden angewendet werden, die eine nachhaltige Forstwirtschaft erlauben und gleichzeitig die Qualität der Wälder als

Auerhuhn-Lebensraum sichern helfen. Die gegenwärtige Entwicklungsplanung für die Wälder des Waadtländer Jura bietet dazu eine gute Grundlage. Sie hat zum Ziel, die Funktionen des Waldes langfristig sicherzustellen, sowohl die Produktion von Holz auf der Basis der Nadelbaumarten als auch die Funktion des Waldes als Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Will man aber Arten wie das Auerhuhn erhalten, braucht man einen langen Atem. Förderungsmaßnahmen werden sich erst nach mehreren Jahren positiv auswirken, und die Verbesserung der Eignung der Wälder als Lebensraum mit forstlichen Eingriffen wird nur erfolgreich sein, wenn gleichzeitig auch die nötigen Massnahmen zum Schutz vor zuviel Störung ergriffen werden.

**Dank.** Wir bedanken uns bei Bernard Leclercq und Marc Montadert dafür, dass sie uns langjährige Datenreihen zu den Auerhühnern im Jura zur Verfügung gestellt haben. Volker Grimm, Ilse Storch und J. Höglund haben vorgängige Versionen der Software «TetrasPool» getestet und wertvolle Kommentare geliefert. R. Akçakaya hat wichtige Ratschläge zu den demographischen Parametern und den PVA-Berechnungen (PVA = population viability analysis) erteilt. Die MAVAs-Stiftung für Naturschutz hat die Studie mit der finanziellen Unterstützung erst ermöglicht.

### Zusammenfassung

Die meisten Auerhuhn-Populationen in Mitteleuropa haben während des 20. Jahrhunderts Bestandsrückgänge erlitten. Die Population im Jura, im französisch-schweizerischen Grenzgebiet, ist heute räumlich isoliert und gefährdet. Der Aktionsplan des Kantons Waadt beschreibt detailliert die Situation des Auerhuhns im Waadtländer Teil des Juras und enthält konkrete Massnahmenvorschläge zur Verbesserung der Lebensraumsituation. Diese Vorschläge basieren auf mehrjährigen Studien, die am Auerhuhn im Waadtländer Jura durchgeführt wurden.

Mittels einer logistischen Regressionsanalyse wurden Schlüsselfaktoren ermittelt, die für die Verbreitung des Auerhuhns auf Ebene Landschaft entscheidend sind. Als Basis dafür dienten Daten über die Verbreitung des Auerhuhns sowie Variablen über die Nutzung der Landschaft durch den Menschen. Auf Ebene Landschaft ist für das Fortbestehen der Auerhuhn-Vorkommen im Jura wichtig, dass erstens flächendeckend eine Waldbewirtschaftung praktiziert wird, die auf die Bedürfnisse dieser Vogelart weitgehend Rücksicht nimmt. Zweitens ist entscheidend, dass die Lebensräume grossflächig gegen zu viel Störung geschützt werden.

Mit einem eigens dafür geschriebenen Computerprogramm wurde die Entwicklung der Auerhuhn-Population im Jura simuliert und damit die populationsdynamischen Variablen identifiziert, die für das langfristige Überleben entscheidend sind. Eine möglichst geringe Sterblichkeit der adulten Hennen, ein möglichst gutes Überleben der Jungvögel und generell eine erfolgreiche Fortpflanzung sind die drei einflussreichsten Variablen. Um diese entscheidenden Parameter positiv zu beeinflussen, braucht es als Massnahme vor allem einen Schutz vor zu viel Störung. Der freie Zugang zu den Überwinterungsgebieten des Auerhuhns und zu den wichtigsten Gebieten für die Aufzucht der Jungvögel muss dazu eingeschränkt werden.

Schliesslich hat eine Analyse der Habitatwahl des Auerhuhns auf der räumlichen Ebene des Waldbestands gezeigt, wie ein gut geeigneter Winter-Lebensraum aufgebaut sein sollte. Das Auerhuhn bevorzugt offene Wälder mit einer schwach ausgeprägten Strauchschicht und einem Mindestanteil der Weisstanne in der Baumschicht. In Wäldern, die potenziell als Auerhuhn-Lebensraum geeignet sind, muss die forstliche Bewirtschaftung entsprechend praktiziert werden. Erste Versuche haben ergeben, dass die Kosten für eine solche Art der Bewirtschaftung etwa gleich sind wie jene der aktuellen Bewirtschaftungspraxis.

Um das Auerhuhn als Brutvogelart im Jura erhalten zu können, sind die rechtlichen und wissenschaftlichen Grundlagen vorhanden und die nötigen Massnahmen bekannt. Sofern man den Aktionsplan konsequent umsetzt, wird man verhindern können, zur Erhaltung des Auerhuhns im Jura zukünftig zu weitergehenden Massnahmen greifen zu müssen wie beispielsweise Wiederansiedlungs- oder Umsiedlungsprojekte. Doch ist die Erhaltung einer solchen Vogelart eine Herausforderung, vor allem in gesellschaftlicher Hinsicht. Die Ansprüche der Bevölkerung an den Wald und die Landschaft sind vielfältig und oft widersprüchlich. Vor allem der effiziente Schutz vor Störungen der Lebensräume ist nur möglich, wenn die verschiedenen Interessengruppen aus der Bevölkerung sowie die staatlichen Dienststellen für Wald und Jagd produktiv zusammenarbeiten.

### Résumé

En Europe centrale, la majorité des populations de Grand Tétras ont régressé au cours du 20<sup>e</sup> siècle. Dans le massif Franco-Suisse du Jura, la métapopulation relictuelle est actuellement isolée et menacée. Le plan d'action élaboré par le canton de Vaud précise l'état actuel du Grand Tétras dans le massif et propose des mesures de gestion concrètes. Ces propositions se basent sur des études effectuées dans le Jura vaudois depuis de nombreuses années.

L'approche par régression logistique, réalisée sur la base des données d'occupation du territoire et de présence du Grand Tétras, a identifié les paramètres clés au niveau paysager. A ce niveau spatial, les ges-

tionnaires doivent maintenir la distribution actuelle de l'aire forestière, encourager une sylviculture en faveur des tétraonidés et diminuer le dérangement humain.

L'analyse de viabilité des populations et de sensibilité a montré que non seulement la survie des femelles adultes, mais également la survie des poussins et la réussite de la reproduction étaient essentiels pour le maintien des populations. Afin d'accroître ces paramètres du cycle vital, une option réside dans la diminution du dérangement humain en limitant l'accès aux secteurs de reproduction et d'hivernage du Grand Tétrás.

Finalement, un modèle de qualité d'habitat hivernal a été construit d'après des variables stationnelles et structurelles de la forêt ainsi que sur des données de présence du Grand Tétrás. L'oiseau préfère les forêts ouvertes avec un faible recouvrement buissonnant et présence de sapin blanc. Dans les secteurs potentiellement favorables au Grand Tétrás, les pratiques sylvicoles devraient tendre vers ce type de structure et de composition forestière. Des essais préliminaires suggèrent que les coûts de ces mesures sont d'un ordre de grandeur similaire à ceux des pratiques actuelles.

Les bases juridiques, les connaissances scientifiques et les mesures à entreprendre sont désormais disponibles pour conserver le Grand Tétrás dans le massif du Jura. La concrétisation du plan d'action permet d'éviter l'utilisation d'approches plus intenses et coûteuses telles que la réintroduction et le déplacement d'oiseaux à partir d'autres métapopulations. Toutefois, la protection du Grand Tétrás demeure un véritable défi, notamment sur le plan sociologique, face aux intérêts souvent contradictoires des activités de loisirs, touristiques ou d'aménagement du territoire. Un tel défi ne pourra être relevé que par une intensification de la collaboration entre les différents groupes d'intérêts et les services étatiques responsables de la gestion de la forêt et de la faune, afin que l'effet bénéfique des mesures forestières soit complété par une protection efficace contre les dérangements d'origine humaine.

## Literatur

- BOAG, D. A. & J. ROLSTAD (1991): Aims and methods of managing forest for the conservation of tetraonids. *Ornis Scand.* 22: 225–226.
- BOLLMANN, K., A. FRIEDRICH, B. FRITSCH, R. F. GRAF, S. IMHOF & P. WEIBEL (2008): Kleinräumige Habitatnutzung des Auerhuhns *Tetrao urogallus* im Alpenraum. *Ornithol. Beob.* 105: 53–61.
- GRAF, R. F. & K. BOLLMANN (2008): Ansprüche des Auerhuhns an die Landschaft und das Waldbestandsmosaik. *Ornithol. Beob.* 105: 33–43.
- HÖGLUND, N. (1952): Capercaillie reproduction and climate. Some observations on the periodicity and local variations of frequency of the Capercaillie in Sweden. *Pap. Game Res.* 8: 78–80.
- KOIVISTO, I. (1963): Über den Ortswechsel der Ge-  
schlechter beim Auerhuhn (*Tetrao urogallus*) nach Markierungsergebnissen. *Vogelwarte* 22: 75–79.
- LECLERCQ, B. (1987a): Ecologie et dynamique des populations du grand tétras (*Tetrao urogallus major* L.) dans le Jura français. *Faculté des Sciences de la Vie. Thèse Université de Bourgogne, Dijon.* – (1987b): Influence des modes de gestion forestière passés sur la gestion actuelle et la structure des forêts de montagne ainsi que sur les peuplements en grand tétras. S. 265–282 in: Office National de la Chasse (ed.): Actes du colloque galliformes de montagne, Grenoble 14–15 décembre 1987. Office National de la Chasse, Paris.
- LEFRANC, N. (1987): La situation du Grand Tétrás (*Tetrao urogallus*) dans le massif vosgien. *Bull. mens. Off. natl. chasse* 112: 5–18.
- MÉNONI, E., J. F. BRENOT & M. CATUSSE (1994): Grand tétras et ski de fond. *Bull. mens. Off. natl. chasse* 190: 12–21.
- MÉNONI, E., C. NOVOA, C. BERDUCOU, J. CANUT, J. PIQUE, M. MOSSOLL-TORRES, M. MONTA, S. MARIN, D. CAMPION & J. A. GIL GALLUS (2004): Evaluation transfrontalière de la population de Grand tétras des Pyrénées. *Faune Sauvage* 263: 19–24.
- MONTADERT, M. & A. CHAMOUTON (1997): Statut des tétraonidés dans le massif jurassien. S. 73–95 in: Parc naturel régional du Haut-Jura (ed.): Chiroptères et oiseaux du Haut-Jura: Secondes rencontres jurassiennes, Lajoux, France.
- MOSS, R. & J. OSWALD (1985): Population dynamics of capercaillie in a North-east Scottish glen. *Ornis Scand.* 16: 229–238.
- MOSS, R. & D. N. WEIR (1987): Demography of Capercaillie *Tetrao urogallus* in north-east Scotland. III. Production and recruitment of young. *Ornis Scand.* 18: 141–145.
- PICOZZI, N., D. C. CATT & R. MOSS (1992): Evaluation of capercaillie habitat. *J. Appl. Ecol.* 29: 751–762.
- REGNAUT, S., P. CHRISTE, M. CHAPUISAT & L. FUMAGALLI (2006b): Genotyping faeces reveals facultative kin association on capercaillie's leks. *Conserv. Genet.* 7: 665–674.
- REGNAUT, S., F. LUCAS & L. FUMAGALLI (2006a): DNA degradation in avian faecal samples and feasibility of non-invasive genetic studies applied to threatened capercaillie populations. *Conserv. Genet.* 7: 449–453.
- ROLSTAD, J. & P. WEGGE (1987): Distribution and size of capercaillie leks in relation to old forest fragmentation. *Oecologia* 72: 389–394.
- SACHOT, S. (2000): TetrasPool, Version 1.0.2. Laboratory for Conservation Biology, Institute of Ecology, University of Lausanne, Lausanne. – (2002): Viability and management of an endangered capercaillie (*Tetrao urogallus*) metapopulation. *Faculté des sciences, Université de Lausanne, Lausanne.*
- SACHOT, S., B. LECLERCQ & M. MONTADERT (2002): Population trends of capercaillie (*Tetrao urogallus*) in the Jura Mountains between 1991 and 1999. *Game Wildl. Sci.* 19: 41–54.
- SACHOT, S. & C. NEET (2006): Gestion silvicole et

- grand tétras: les actions du canton de Vaud (Suisse). *Nature, Sciences Sociétés* 14: 560–562.
- SACHOT, S. & N. PERRIN (2004): Capercaillie (*Tetrao urogallus*) in Western Switzerland: viability and management of an endangered grouse metapopulation. S. 384–396 in: H. R. AKÇAKAJA, M. BURGMAN, O. KINDVALL, C. WOOD, P. SJÖREN-GULVE, J. HATFIELD & M. MCCARTHY (eds): *Species conservation and management: case studies*. Oxford University Press, Oxford.
- SACHOT, S., N. PERRIN & C. NEET (2003): Winter habitat selection by two sympatric forest grouse in western Switzerland: implications for conservation. *Biol. Conserv.* 112: 373–382. – (2006): Viability and management of an endangered Capercaillie (*Tetrao urogallus*) Metapopulation in the Jura Mountains, Western Switzerland. *Biodivers. Conserv.* 15: 2017–2032.
- SIMBERLOFF, D. (1998): Flagships, umbrellas, and keystones: is single-species management passé in the landscape era? *Biol. Conserv.* 83: 247–257.
- STORCH, I. (1991b): Management implications of nest and brood predation in grouse. *Ornis Scand.* 22: 271–272. – (1993a): Forest structure, landscape mosaic, and capercaillie conservation: a central European perspective. S. 120–125 in: I. D. THOMPSON (ed.): *Proceedings of the 21<sup>st</sup> Congress of the International Union of Game Biologists*, Halifax, Canada. Canadian Forest Service, Ontario. – (1993b): Habitat selection by capercaillie in summer and autumn: is bilberry important? *Oecologia* 95: 257–265.
- SUTER, W., R. F. GRAF & R. HESS (2002): Capercaillie (*Tetrao urogallus*) and avian biodiversity: testing the umbrella-species concept. *Conserv. Biol.* 16: 778–788.
- TUCKER, G. M. & M. F. HEATH (1994): *Birds in Europe: their conservation status*. BirdLife Conservation Series No. 3. BirdLife International, Cambridge.
- VITTOZ, P. (1998): *Flore et végétation du Parc jurassien vaudois: typologie, écologie et dynamique des milieux*. Thèse Faculté des Sciences. Université de Lausanne, Lausanne.
- WEGGE, P., I. GJERDE, L. KASTDALEN, B. B. LARSEN, J. ROLSTAD & T. STORAAS (1987): Natural mortality and predation of adult Capercaillie in southeast Norway. S. 49–56 in: T. W. I. LOVEL (ed.): *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Grouse Symposium*, Lam, Germany, 1987. World Pheasant Association, Reading.
- WEGGE, P., I. GJERDE, L. KASTDALEN, J. ROLSTAD & T. STORAAS (1990): Does forest fragmentation increase the mortality rate of capercaillie? S. 448–453 in: S. MYRBERGET (ed.): *Transactions of the 19<sup>th</sup> Congress of the International Union of Game Biologists*, September 1989, Trondheim, Norway. Norwegian Institute for Nature Research, Trondheim.