

Naturschutzforschung am Auerhuhn in der Schweiz: eine Übersicht

Kurt Bollmann, Lukas Jenni, Nicolas Perrin und Werner Suter



BOLLMANN, K., L. JENNI, N. PERRIN & W. SUTER (2008): Conservation biology of Western Capercaillie *Tetrao urogallus* in Switzerland: an overview. Ornithol. Beob. 105: 5–16.

The Western Capercaillie *Tetrao urogallus* is a large forest grouse with narrow habitat preferences and large home ranges. As Capercaillie populations are declining in most of their central European range and the species has been shown to be an umbrella for high species richness, a profound knowledge of the species' ecology is essential for the conservation of the charismatic bird. This issue of «Der Ornithologische Beobachter» presents the main results of Capercaillie research that has been conducted in Switzerland during the last nine years. Several institutes were involved in these studies, the leading ones being: the Swiss Federal Research Institute WSL, the Swiss Ornithological Institute and the University of Lausanne. This article provides the historic background information on changes of Capercaillie habitat and population development, refers to former research activities and describes our concepts and motivations to provide new insights into Capercaillie ecology that might guide decisions in Capercaillie conservation.

Kurt Bollmann und Werner Suter, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH–8903 Birmensdorf, E-Mail kurt.bollmann@wsl.ch, werner.suter@wsl.ch; Lukas Jenni, Schweizerische Vogelwarte Sempach, CH–6204 Sempach, E-Mail lukas.jenni@vogelwarte.ch; Nicolas Perrin, Université de Lausanne, Département d'Ecologie et d'Evolution, Biophore, CH–1015 Lausanne, E-Mail Nicolas.Perrin@unil.ch

Als «stark gefährdete» Brutvogelart der Schweiz (Keller et al. 2001) und prioritäre Art für Artenförderungsprogramme (Bollmann et al. 2002) steht das Auerhuhn seit einem Jahrzehnt im Rampenlicht der naturschutzbiologischen Forschung dreier Forschungsinstitute. Deshalb hat dieses Heft des Ornithologischen Beobachters zum Ziel, die in dieser Zeit erarbeiteten und mehrheitlich in englischsprachigen Fachzeitschriften publizierten Resultate in kompakter Form zu präsentieren.

Das Auerhuhn ist ein Charaktervogel des borealen Taigawaldes. Lückige, strukturreiche Waldbestände mit einem guten Angebot an Grenzlinien sind typisch für Nadelwälder der Taiga im Ursprungsgebiet des Auerhuhns. In Mitteleuropa, welches die Art während der

nacheiszeitlichen Wiederbewaldung besiedelt hat, waren solche Waldbestände ursprünglich unter vom Menschen unbeeinflussten Bedingungen vor allem auf wenig produktiven Standorten zu finden – also in Gebieten, wo das Baumwachstum ökologisch limitiert ist und sich ohne menschlichen Einfluss Waldbestände mit mittlerem Kronenschluss und einer gut ausgebildeten Bodenvegetation entwickeln. Es handelt sich einerseits um Hochlagen unterhalb der natürlichen Baumgrenze, um Kuppen, Kreten und Hangschultern mit flachgründigen Böden oder um feuchte Waldstandorte, und andererseits um natürliche Nadelwälder der Tiefebene (Übersicht in Klaus et al. 1989). Diese Lebensräume werden Primärhabitats genannt. Daneben sind durch die



Bilderbogen 2: Spurentaxation. Wegen der geringen Populationsdichten, des Gefährdungstatus und der heimlichen Lebensweise des Auerhuhns wurden in allen Forschungsprojekten in der Schweiz die Daten im Feld mittels Spurentaxation erhoben. Satellitennavigationsgeräte und Handcomputer (a) leisteten gute Dienste bei der Suche nach indirekten Nachweisen wie Fussabdrücke (b) und Losung. Die Spurentaxation ist im Spätwinter bei einer durchgehenden Schneedecke am einfachsten. Hahn und Henne können an der Grösse der Fussabdrücke unterschieden werden (c). Schlafbäume (d) lassen sich an der Menge und Verteilung der Losungswalzen identifizieren; zudem findet man unter Schlafbäumen meistens die zähflüssige Blinddarmlösung (e). Dabei handelt es sich um die Entleerung des Blinddarms, die in den frühen Morgenstunden geschieht. Nach Neuschneefällen können Schlafbäume auch übersehen werden, weil die Losung durch die schneebedeckten Äste der Nadelbäume zurückgehalten wird (f) und nicht bis auf den Boden fällt. Alle Aufnahmen K. Bollmann. – *Due to the conservation status of the Capercaillie, field work was based on a standardised search for indirect evidence of the species with the support of GPS and hand-held computers (a). We were looking for foot prints in the snow (b, c), faeces and feathers. Nocturnal roosting trees (d) can be identified by the number and size of the cylindrical droppings, frequently in combination with viscous caecal droppings (e, f).*



vielfältige menschliche Nutzung des Waldes zahlreiche Sekundärhabitats entstanden. So hat der Mensch in Mitteleuropa mindestens seit den Waldrodungen während der Industrialisierung einen erheblichen Einfluss auf das Auerhuhn. Durch die verbreitete Nutzung des Waldes als Holz- und Streuelieferant und als Waldweide (Stuber & Bürgi 2001, 2002) sind dem Wald viele Nährstoffe entzogen worden. Dies begünstigte die Entwicklung von zahlreichen lückigen Sekundärhabitats mit einer gut ausgebildeten, an Heidelbeeren und Insekten reichen Beerkräutschicht oder von Waldföhrenbeständen. Als Folge davon kam es zu einer maximalen Ausdehnung des Auerhuhnareals in Mitteleuropa um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert (Glutz von Blotzheim et al. 1973, Zeiler 2001). Zur gleichen Zeit wurde die Art sogar in tief gelegenen Laubwaldgesellschaften der Schweiz nachgewiesen (Fischer-Sigwart 1908, Göldi 1914). Diese Entwicklung wurde wahrscheinlich durch eine Häufung trocken-warmer Sommer zusätzlich unterstützt (Roth 1974, Weitbrecht 1974). Der Fortpflanzungserfolg des Auerhuhns wird nämlich massgebend von der Witterung während der Aufzuchtperiode beeinflusst (Moss 1985, Moss et al. 2001). Entsprechend sind die Auerhuhnbestände in Mitteleuropa durch die atlantisch beeinflusste Witterung natürlichen Schwankungen unterworfen, selbst wenn das Angebot an besiedelbarem Lebensraum konstant bleibt.

Mittlerweile sind viele der ehemals besiedelten Standorte in Sekundärhabitats dichter geworden, haben sich geschlossen und sind vom Auerhuhn aufgegeben worden (Mollet et al. 2003). Dies äussert sich vor allem im Verlust von peripheren und isolierten Populationen (Nievergelt & Hess 1984). Die grossflächigen Aufforstungen Ende des 19. Jahrhunderts und das schwindende sozio-ökonomische Interesse an der Ressource Holz im letzten Jahrhundert hat nämlich dazu geführt, dass sich die Fläche des Waldes in der Schweiz in den letzten 150 Jahren um mindestens 30 % vergrösserte (Brändli 2000) und sich dabei relativ strukturarme Altersklassenwälder mit grossem Holzvorrat entwickelten (Brassel & Brändli 1999, Rudmann 2001). Daneben dürften auch die häufigen Freizeitaktivitäten der Menschen in

den tiefer, näher bei den urbanen Zentren des Mittellandes gelegenen Auerhuhngebieten und die höhere Dichte an Prädatoren in der Kulturlandschaft (Breitenmoser et al. 2000, Breitenmoser-Würsten et al. 2001) die negativen Wirkungen auf das Auerhuhn verstärkt haben.

In den Siebziger- und Achtzigerjahren kam es in Mitteleuropa zu einer Periode der intensiven Raufusshuhnforschung und von lokalen und regionalen Initiativen zur Förderung der Raufusshühner. In der Schweiz untersuchte Prof. K. Eiberle die Ansprüche des Auerhuhns an die Struktur des Waldes (Eiberle 1976) und wollte damit Grundlagen für forstliche Förderungsmassnahmen bereitstellen. Gleichzeitig widmete sich die Arbeitsgruppe Ornitho-Ökologie von Prof. U. N. Glutz von Blotzheim der Raufusshuhnforschung, wobei das Auerhuhn nur am Rande zu den untersuchten Arten gehörte. Die negative Bestandsentwicklung, die Gefährdung der Art und die naturschutzbiologischen Diskussionen über die Wirkung von menschlichen Störungen hatten zur Folge, dass man sich gegenüber dem Auerhuhn «grösste Zurückhaltung» auferlegte (Glutz von Blotzheim 1985) und sich auf die Erhebung von Verbreitung und Bestand (Glutz von Blotzheim et al. 1973) und die Umsetzung von lokalen und regionalen Schutzmassnahmen konzentrierte. Daneben haben einzelne Ornithologen mit ihren Untersuchungen dazu beigetragen, dass die Kenntnisse über die Verbreitung und Bestandsentwicklung der Art für einzelne Regionen seit den Siebzigerjahren dokumentierte wurden (Roth et al. 1975, Eiberle 1976, Christen 1981, Badilatti 1992, Dändliker et al. 1996, Neet 1996, Reymond 1996, Hess 1997, Rudmann 2001, Rudmann et al. 2001).

In der Schweiz wurde der grösste Vogel unserer Wälder im Jahre 1971 unter Jagdschutz gestellt, und das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, heute BAFU) betraute die Schweizerische Vogelwarte 1988 mit dem nationalen Auerhuhn-Schutzprojekt (Marti 1995), das bis heute im Gange ist. Der Schutz von Balzplätzen und Kerngebieten vor menschlichen Störungen und lokale Massnahmen zur Aufwertung des Lebensraums waren die zwei zentralen Punkte dieses Projekts. Im benachbarten Ausland sind die Kontrolle von

Prädatoren in Kerngebieten und fallweise auch Bestandsstützungen durch Zucht- und Wildvögel ergänzende Massnahmen in Förderungsprojekten. Obwohl einzelne und lokale Projekte durchaus Erfolge im Auerhuhnschutz verzeichneten, konnte der grossflächige Bestandsrückgang der Art nicht aufgehalten werden. Dieser ist charakteristisch für alle Regionen in Zentraleuropa. Es sind aber auch Unterschiede in der Entwicklung einzelner Vorkommen feststellbar, die auf Unterschiede in der lokalen Habitatqualität bzw. den Schutzbestrebungen hinweisen. Entsprechend lag in den Neunzigerjahren der Schluss nahe, dass die Anzahl, Verteilung und Fragmentierung von nutzbaren Lebensräumen, die Zusammensetzung der Landschaft und grossflächige Populationsprozesse die regionale Verbreitung und Bestandsdynamik des Auerhuhns bestimmen. Einzelne Studien aus Skandinavien zeigten die Sensibilität dieses Raufusshuhns gegenüber Eigenschaften des Waldbestandsmosaiks (z.B. Rolstad & Wegge 1987) und der generellen Zusammensetzung der Landschaft mit Wald- und Offenlandhabitaten (Kurki & Lindén 1995, Kurki et al. 2000). Entsprechend wurden an den internationalen Raufusshuhnkonferenzen von 1999 und 2002 grossflächige Forschungsansätze gefordert, welche die Muster und Prozesse auf verschiedenen räumlichen Ebenen untersuchen (Storch 2000, Keppie & Kierstead 2003). Damit sollte es möglich sein, die bedeutenden Faktoren der Populationsdynamik zu entschlüsseln. Die Konzepte der Landschafts- und Metapopulationsökologie liefern dazu die notwendige theoretische Basis.

Vor diesem konzeptionellen Hintergrund wurden an der Universität Lausanne und an der Eidg. Forschungsanstalt WSL in den Jahren 1998 und 2000 die Initiativen für ein verbessertes Verständnis der Lebensraumsituation und der Bestandsentwicklung beim Auerhuhn im Schweizer Jura bzw. den Alpen ergriffen. Diese Projekte waren aus unserer Sicht trotz der Gefährdung der Art gut zu vertreten, da sie nicht-invasive Methoden verwendeten und da mit einmaligen Feldbegehungen und modernen computer- und laborgestützten Methoden wichtige Erkenntnisse zur Ökologie der Art gewonnen werden konnten. An den genannten Institu-

ten wurden je zwei Dissertationen durchgeführt und an der WSL noch mit Postdoc-Studien und mehreren Diplomarbeiten ergänzt. Die Schweizerische Vogelwarte Sempach erweiterte diese Studien im Jahre 2003 mit einer Dissertation zur Störungsbiologie des Auerhuhns in der Schweiz und im Schwarzwald.

Das Auerhuhnprojekt der WSL

Das Projekt basierte auf den Annahmen, dass (1) die Verbreitung und die Abundanz des Auerhuhns durch unterschiedliche Lebensraumanforderungen auf den räumlichen Ebenen Waldbestand (0,5–100 ha), Bestandsmosaik (100–1000 ha) und Landschaftsmosaik (>1000 ha) bestimmt werden, (2) das Angebot, die Qualität und die Verteilung von besiedelbaren Lebensräumen die Dynamik von regionalen (Meta-)Populationen bestimmt und (3) sich die Bestände und die Differenzierung von Populationen sowie der Austausch von Individuen zwischen Populationen genetisch nachweisen lässt. Entsprechend war das Projekt in die Module (A) Landschaftsökologie, (B) Populationsbiologie und (C) Populationsgenetik gegliedert. Es hatte zum Ziel, prognostische Instrumente für konzeptionelle und räumlich explizite Entscheide zur Förderung des Auerhuhns in den Alpen zu entwickeln (Bollmann 2002). Generell wurde eine interdisziplinäre Arbeitsweise mit einem «top-down Ansatz» (von der grossflächigen zur kleinräumigen Analyse) angewendet. Die Module (A) und (C) wurden in den Dissertationen von Roland F. Graf (2005) und Gwenaël Jacob (2006) bearbeitet. Sämtliche Daten wurden in den zentralen und östlichen Alpen erhoben.

Das Auerhuhnprojekt der Universität Lausanne

Im Waadtländer und französischen Jura bestand eine lange Tradition der Bestandsüberwachung mit Balzplatzzählungen (Reymond 1996). Diese Datenreihe, persönliche Interessen der Beteiligten und die Kompetenz der Universität Lausanne in der Habitatmodellierung und der Populations- und Naturschutzgenetik bildeten die Grundlagen für die Durchführung zweier Dissertationen über die Populationsbiolo-



Bilderbogen 3: Losung, Federn und Sandbäder. Abgesehen von der Zeit der Kükenentwicklung ernähren sich Auerhühner vegetarisch. Die Nahrungszusammensetzung und die Losung verändert sich im Jahresverlauf stark. Im Winter fressen Auerhühner fast ausschliesslich Nadeln von Föhre, Weisstanne und Fichte und produzieren die auffällig gekrümmten, zylindrischen und festen Losungswalzen (vgl. Bild e, S. 7). Sobald der Boden während der Schneeschmelze ausapert, wird die Nahrung vielfältiger und proteinreicher, und die Losung verändern sich in Form, Färbung und Festigkeit. Auffällig ist in dieser Zeit der weisse Harnsäureüberzug (a), der ein Abbauprodukt des Proteinstoffwechsels ist. Seltener findet man auch Losungsstücke mit Kieselgrit (b). Meistens handelt es sich dabei um kleine Silikate oder Quarzsteinchen, die von den Auerhühnern selektiv aufgenommen werden. Diese so genannten Magensteinchen (Gastrolithe) unterstützen die mechanische Verarbeitung der zähen und faserreichen Nadelnahrung im Muskelmagen. Vor allem in der Zeit der Mauser liefern auch Federn (c, Flügeldecken eines Hahns) interessante Hinweise zur Habitatnutzung von Hahn und Henne. Federzeichnung und Färbung sind geschlechterspezifisch. Apere, besonnte Stellen des Waldbodens werden auch gerne für ein Sandbad genutzt. In diesen «Sandbadestellen» (d) findet man häufig Federn von Waldhühnern (hier von einer Auerhenne). Alle Aufnahmen K. Bollmann. – *Capercaillie predominantly feed on plants, except as young chicks. As food composition strongly varies during the year, the form, texture and colour of the faeces also change. During the winter, conifer needles are the dominant food causing cylindric droppings (photo e, p. 7). During the vegetation season the species mainly feeds on ground with nutritious leaves, buds and flowers. The droppings become softer during this time of the year and show a distinct white cap (a). Sometimes, droppings with grit (b) can be found. Capercaillie regularly take grit to support the mechanical pre-digestion of food components in the stomach. Feathers (c) and dust-bath sites (d) provide further evidence of habitat use by both sexes.*



gie des Auerhuhns im Jura. Sébastien Sachot (2002) untersuchte den Lebensraum und die Überlebenswahrscheinlichkeit des Auerhuhns im Waadtländer Jura, und Sébastien Regnaut (2002) analysierte und verglich das genetische Muster der Auerhuhnpopulationen im Jura und den Pyrenäen.

Das Auerhuhnprojekt der Schweizerischen Vogelwarte Sempach

Neben Habitat- und Landschaftsveränderungen wurden immer auch Störungen durch den Menschen als wichtige Rückgangsursachen für das Auerhuhn genannt, was aber durch wissenschaftliche Untersuchungen nicht belegt war. Trotzdem hatten viele Massnahmen, die im Rahmen des Auerhuhn-Schutzprojektes des Bundesamts für Umwelt (BAFU) und der Vogelwarte vorgeschlagen wurden, zum Ziel, Störungen durch den Menschen zu verhindern. In der Dissertation von Dominik Thiel (2007) wurde dieses Thema mit verschiedenen Methoden (Habitatwahl, Fluchtdistanz, Stresshormone) und auf verschiedenen räumlichen Skalen (landesweit, regional, individuell) untersucht, ein Unterfangen, das stark von der Zusammenarbeit mit der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, dem Max-Planck-Institut für Ornithologie in Radolfzell und der Veterinärmedizinischen Universität Wien profitierte. Ein laufendes Projekt befasst sich mit der Erarbeitung eines verbesserten Auerhuhn-Monitorings aufgrund von DNA-Analysen im Kot, wozu die WSL und die Vogelwarte Vorstudien durchführten.

Zu diesem Heft

Das grosse Interesse, das die Forschung dem Auerhuhn in den letzten Jahren entgegengebracht hat, ist unmittelbar mit seiner Funktion als Indikator für naturnahe Gebirgswälder, als Schirmart für eine hohe Biodiversität im Wald und mit seiner Wirkung als Flaggschiff für Naturschutzmassnahmen verknüpft. Mit diesem Themenheft des Ornithologischen Beobachters möchten wir dazu beitragen, dass die neusten Grundlagen für die Förderung des Auerhuhns im Schweizer Jura und den Alpen in einer

übersichtlichen, kompakten und allgemein verständlichen Form der ornithologisch und naturschutzbiologisch interessierten Leserschaft zugänglich gemacht werden.

Im nächsten Beitrag (ab S. 17) präsentieren Werner Suter und Roland F. Graf ein naturschutzbiologisches Porträt dieses charismatischen Raufusshuhns.

Welche Umweltvariablen die Verbreitung des Auerhuhns erklären und wie diese Beziehung durch die räumliche Skala beeinflusst wird, zeigen Roland F. Graf und Kurt Bollmann im dritten Beitrag (ab S. 33).

Dieselben Autoren stellen im nächsten Beitrag (ab S. 45) dar, wie die Verbreitung von Lokalpopulationen vom Angebot des Lebensraums und dessen Fragmentierung abhängt.

Kurt Bollmann und Mitautoren fokussieren die Betrachtung im fünften Beitrag (ab S. 53) auf den einzelnen Waldbestand und die Struktur- und Vegetationsvariablen, welche die kleinräumige Lebensraumnutzung des Auerhuhns erklären und eine direkte Schnittstelle zu forstlichen Aufwertungsmassnahmen bilden.

Eine wichtige Funktion im Winterlebensraum des Auerhuhns haben gewisse Baumarten und bestimmte Einzelbäume. Diese wurden von Michael Lanz im Rahmen einer Semesterarbeit an der WSL untersucht; die Resultate werden im sechsten Beitrag (ab S. 63) dargestellt.

Der siebente Beitrag (ab S. 77) widmet sich den populationsgenetischen Resultaten der Dissertation von Gwenaël Jacob, welcher mit molekularen Methoden die Beziehungen innerhalb und zwischen regionalen Auerhuhnbeständen untersuchte, deren Bestände schätzte und Proben von rezenten Vorkommen mit Museumspräparaten verglich.

Dominik Thiel untersuchte in seiner Dissertation die Fluchtdistanzen der Auerhühner sowie den Einfluss von menschlichen Störungen im Winter auf die Raumnutzung und die Konzentration von Stresshormonen. Eine Zusammenfassung seiner Resultate und die Schlussfolgerungen für die Praxis bietet der achte Beitrag (ab S. 85).

Parallel zu den Untersuchungen in den Alpen wurden durch die Universität Lausanne zwei Studien im Jura durchgeführt. Der Artikel von Sébastien Sachot und Mitautoren (Beitrag 9,

ab S. 97) fasst die wichtigsten Resultate zusammen.

Im anschliessenden zehnten Beitrag (ab S. 107) präsentieren Kurt Bollmann und Koautoren die Erkenntnisse aus den verschiedenen Projekten in einer Synthese, und sie fassen die wichtigsten Empfehlungen für die Praxis zusammen.

Bruno Stadler und Koautoren beenden das Themenheft mit einer Kurzbeschreibung des Nationalen Aktionsplans Auerhuhn und der geplanten Massnahmen des Bundes und der Vogelwarte (Beitrag 11, ab S. 117). Dabei wurden zahlreiche der in diesem Heft dargestellten Erkenntnisse als Grundlagen für aktuelle Massnahmen zur Förderung des Auerhuhns in den Regionen und Kantonen verwendet.

Verschiedene der in diesem Heft präsentierten Resultate sind in ähnlicher Form bereits in Originalarbeiten publiziert, im Druck oder in Vorbereitung. Dort sind auch die Methoden ausführlicher beschrieben. Darum werden weitergehend interessierte Personen an die Originalpublikationen verwiesen.

Einzelne Aspekte der Auerhuhnforschung wurden im Januar 2007 an einer Tagung in Sempach vorgestellt. Ein Kurzbericht darüber findet sich im Nachrichtenteil (ab S. 125). Er enthält auch einige Beiträge aus der Praxis des Auerhuhnschutzes.

Wir hoffen, dass dieses Heft eine grosse Verbreitung und gute Aufnahme findet, damit die neusten Resultate der Forschung eine breite Wirkung für das Auerhuhn in und ausserhalb der Schweiz entwickeln können.

Dank. Die Forschungsprojekte der erwähnten Institute sind durch folgende Organisationen finanziell unterstützt worden: Bundesamt für Umwelt BAFU (Schweizerische Vogelwarte, WSL), Hofer-Woodhead Stiftung (Schweizerische Vogelwarte), Internationaler Rat zur Erhaltung des Wildes und der Jagd CIC (Schweizerische Vogelwarte), Janggen-Pöhn Stiftung (Schweizerische Vogelwarte), Lotteriefonds Schwyz (Schweizerische Vogelwarte), MAVA Stiftung für Naturschutz (Universität Lausanne, WSL), Schweizerischer Nationalfonds (WSL), Zürcher Tierschutz (WSL). Dem Redaktionsteam des Ornithologischen Beobachters, Peter Knaus und Christian Marti von der Schweizerischen Vogelwarte, gebührt ein besonderer Dank für die Unterstützung, die sie diesem Themenheft entgegengebracht haben; Chris-

tian Marti hat sich äusserst engagiert um die Gestaltung und redaktionellen Kontrollen gekümmert.

Literatur

- BADILATTI, B. (1992): Das Auerhuhn in einem Hochgebirgstal. *Ornithol. Beob.* 89: 50–55.
- BOLLMANN, K. (2002): Forschung für den Artenschutz: Das Auerhuhn-Projekt der WSL. *Inf.bl. Forsch.bereich Landsch.* 52: 4–5.
- BOLLMANN, K., V. KELLER, N. ZBINDEN & W. MÜLLER (2002): Prioritäre Vogelarten für Artenförderungsprogramme in der Schweiz. *Ornithol. Beob.* 99: 301–320.
- BRÄNDLI, U. B. (2000): Waldzunahme in der Schweiz – gestern und morgen. *Inf.bl. Forsch.bereich Landsch.* 45: 1–4.
- BRASSEL, P. & U.-B. BRÄNDLI (1999): Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Haupt, Bern.
- BREITENMOSE, U., U. MÜLLER, A. KAPPELER & R. G. ZANONI (2000): Die Endphase der Tollwut in der Schweiz. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 142: 447–454.
- BREITENMOSE-WÜRSTEN, C., K. ROBIN, J.-M. LANDRY, S. GLOOR, B. OLSSON, & U. BREITENMOSE (2001): Die Geschichte von Fuchs, Luchs, Bartgeier, Wolf und Braunbär in der Schweiz – ein kurzer Überblick. *For. Snow Landsc. Res.* 76: 9–21.
- CHRISTEN, W. (1981): Zur Ökologie des Auerhuhns im Solothurner Jura. *Ornithol. Beob.* 78: 48–49.
- DÄNDLIKER, G., P. DURAND, N. NACEUR & C. NEET (1996): Contribution à l'étude et à la protection des Grands tétras du Jura vaudois. *Mém. Soc. Vaudoise Sci. Nat.* 19: 175–236.
- EIBERLE, K. (1976): Zur Analyse eines Auerwildbiotopes im Schweizerischen Mittelland. *Forstwiss. Cent.bl.* 95: 108–124.
- FISCHER-SIGWART, H. (1908): Das Auerwild im schweizerischen Molasseland. *Ornithol. Beob.* 6: 20–25.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (1985): *Rauhfußshühner*. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N., K. M. BAUER & E. BEZZEL (1973): *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Bd. 5, Galliformes und Gruiformes. Akad. Verl.-Ges., Wiesbaden.
- GÖLDI, E. A. (1914): *Die Tierwelt der Schweiz in der Gegenwart und in der Vergangenheit*. Franke, Bern.
- GRAF, R. F. (2005): *Analysis of capercaillie habitat at the landscape scale using aerial photographs and GIS*. Diss. Departement Umweltwissenschaften. Eidg. Technische Hochschule ETH, Zürich. 143 S.
- HESS, R. (1997): *Verbreitung des Auerhuhns im Kanton Schwyz*. Unpubl. Bericht. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft und Schweizerische Vogelwarte Sempach. 13 S.
- JACOB, G. (2006): *Conservation genetics of the ca-*





Bilderbogen 4: Winterökologie und Störungen. Grosse zusammenhängende Nadelwälder (a) sind die wichtigsten Lebensräume des Auerhuhns in der Schweiz. Die Strategie der ausgeglichenen Energiebilanz und der optimalen Tarnung erfordert im Winter eine ruhige Lebensweise, die nur von kurzen Aktivitätsphasen unterbrochen wird, um Nahrung aufzunehmen. Deshalb sind Auerhühner auf störungsarme Winterlebensräume angewiesen. Störungen durch Wintersportler (b) verursachen Stress, was die Auerhühner zur Flucht (c) verleitet und die Energiebilanz negativ beeinflusst. Beim Abflug vom Boden hinterlassen Auerhühner charakteristische Spuren im Schnee (d). Gehäufte und regelmässige Beeinträchtigungen von Lokalpopulationen können zu Bestandsrückgängen führen. Aufnahmen D. Thiel (a, d), Christof Sonderegger/Prisma (b) bzw. S. Sachot (c). – *Large contiguous, conifer-dominated forests (a) are the main habitat of the Capercaillie. The species strongly relies on remote and undisturbed winter habitats. Disturbance by leisure activities as snowshoeing (b), hiking, skiing, etc. can be a threat to local populations. Flushed birds (c, d) lose energy and are more prone to predation.*

- percaillie (*Tetrao urogallus*, L.) in the Swiss Alps. Diss. Institut für Umweltwissenschaften. Univ. Zürich-Irchel, Zürich. 119 S.
- KELLER, V., N. ZBINDEN, H. SCHMID & B. VOLET (2001): Rote Liste der gefährdeten Brutvogelarten der Schweiz. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, und Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- KEPPIE, D. M. & J. M. KIERSTEAD (2003): The need to improve our attention to scale of resolution in grouse research. *Wildl. Biol.* 9: 385–391.
- 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.
- KURKI, S. & H. LINDÉN (1995): Forest fragmentation due to agriculture affects the reproductive success of the ground-nesting black grouse *Tetrao tetrix*. *Ecography* 18: 109–113.
- KURKI, S., A. NIKULA, P. HELLE & H. LINDÉN (2000): Landscape fragmentation and forest composition effects on grouse breeding success in boreal forests. *Ecology* 81: 1985–1997.
- MARTI, C. (1995): Das schweizerische Auerhuhn-Schutzprojekt. *Naturschutzreport* 10: 47–55.
- MOLLET, P., B. BADILATTI, K. BOLLMANN, R. F. GRAF, R. HESS, H. JENNY, B. MULHAUSER, A. PERRENOUD, F. RUDMANN, S. SACHOT & J. STUDER (2003): Verbreitung und Bestand des Auerhuhns *Tetrao urogallus* in der Schweiz 2001 und ihre Veränderungen im 19. und 20. Jahrhundert. *Ornithol. Beob.* 100: 67–86.
- MOSS, R. (1985): Rain, breeding success and distribution of capercaillie *Tetrao urogallus* and black grouse *Tetrao tetrix* in Scotland. *Ibis* 128: 65–72.
- MOSS, R., J. OSWALD & D. BAINES (2001): Climate change and breeding success: decline of the capercaillie in Scotland. *J. Anim. Ecol.* 70: 47–61.
- NEET, C. (1996): Première évaluation de la viabilité des populations de Grand tétras (*Tetrao urogallus*) dans le massif du Jura. *Mém. Soc. Vaudoise Sci. Nat.* 19: 237–245.
- NIEVERGELT, B. & R. HESS (1984): Veränderungen im Bereich der Fauna. S. 337–351 in: E. A. BRUGGER (Hrsg.): Umbruch im Berggebiet. Haupt, Bern.
- REGNAUT, S. (2002): Population genetics of Capercaillie (*Tetrao urogallus*) in the Jura and the Pyrenees: a non-invasive approach to avian conservation genetics. PhD thesis Department of Ecology and Evolution. University of Lausanne, Lausanne. 180 S.
- REYMOND, B. (1996): Un surveillant de la faune du Jura vaudois à la découverte du Grand tétras: résultats de vingt années d'observation. *Mém. Soc. Vaudoise Sci. Nat.* 19: 157–174.
- ROLSTAD, J. & P. WEGGE (1987): Distribution and size of capercaillie leks in relation to old forest fragmentation. *Oecologia* 72: 389–394.
- ROTH, K. (1974): Die frühere und die heutige Verbreitung des Auerwildes in Baden-Württemberg. *Allg. Forst Z.* 29: 831–832.
- ROTH, P. & B. NIEVERGELT (1975): Die Standorte der Balzplätze beim Auerhuhn *Tetrao urogallus*. *Ornithol. Beob.* 72: 101–112.
- RUDMANN, F. (2001): 26 Jahre Auerhuhnschutz im Forstkreis Toggenburg, Kanton St.Gallen. *Schweiz. Z. Forstwes.* 152: 305–311.
- RUDMANN, F., P. MEILE, F. KNÜSEL & R. SOMMERHALDER (2001): Rauhfusshühner im Appenzellerland: Vorkommen, Bestandsentwicklung und Schutzmassnahmen. *Schweiz. Z. Forstwes.* 152: 295–304.
- SACHOT, S. (2002): Viability and management of an endangered capercaillie (*Tetrao urogallus*) metapopulation. PhD thesis Department of Ecology and Evolution. University of Lausanne, Lausanne. 118 S.
- STORCH, I. (2000): Grouse science as a process: where do we stand? *Wildl. Biol.* 6: 285–290.
- STUBER, M. & M. BÜRGI (2001): Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800–1950. Waldweide, Waldheu, Nadel- und Laubfutter. *Schweiz. Z. Forstwes.* 152: 490–508. – (2002): Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800–1950. Nadel- und Laubstreu. *Schweiz. Z. Forstwes.* 153: 397–410.
- THIEL, D. (2007): Behavioral and physiological effects in capercaillie (*Tetrao urogallus*) caused by human disturbance. Diss. Institut für Umweltwissenschaften. Univ. Zürich-Irchel, Zürich. 115 S.
- WEITBRECHT, J. (1974): Der Lebensraum des Auerwildes im Schwarzwald. *Allg. Forst Z.* 29: 833–834.
- ZEILER, H. (2001): Auerwild – Leben. Lebensraum. Jagd. Österreichischer Jagd- und Fischerei-Verlag, Wien.