

Der Einfluss von Freizeitaktivitäten auf das Fluchtverhalten, die Raumnutzung und die Stressphysiologie des Auerhuhns *Tetrao urogallus*

Dominik Thiel, Susanne Jenni-Eiermann und Lukas Jenni



THIEL, D., S. JENNI-EIERMANN & L. JENNI (2008): Effects of recreation activities on flushing behaviour, habitat use and stress physiology of Western Capercaillie. *Ornithol. Beob.* 105: 85–96.

The Western Capercaillie is a forest grouse known to be sensitive to disturbance and with requirements for high-quality habitats. During the last decades, habitat quality strongly declined while recreation activities significantly increased. This study confirmed that Capercaillie strongly respond to humans, especially to off-trail winter recreation activities. Flushing distance was larger in areas with high recreation intensity or hunting pressure than in undisturbed forest patches. During the ski season, Capercaillie avoided forest patches with high recreation intensity within their home ranges. Furthermore, they showed increased stress hormone levels with decreasing distance to the next location with winter recreation activity. The establishment of wildlife refuges or the setting up of regulations requiring winter recreationists to stay on trails enable Capercaillie to use its important habitats, even if they lie close to winter tourism centers.

Dominik Thiel, Schweizerische Vogelwarte, CH–6204 Sempach, E-Mail dominik.thiel@ag.ch; Susanne Jenni-Eiermann, Schweizerische Vogelwarte, CH–6204 Sempach, E-Mail susi.jenni@vogelwarte.ch; Lukas Jenni, Schweizerische Vogelwarte, CH–6204 Sempach, E-Mail lukas.jenni@vogelwarte.ch

Das Auerhuhn als Charaktervogel zusammenhängender und strukturreicher Bergwälder gilt als besonders störungsempfindlich. Es wird vermutet, dass nebst sinkender Lebensraumqualität Störungen durch Freizeitaktivitäten zu den starken Bestandsrückgängen der letzten Jahrzehnte beigetragen haben (Storch 2000a, b, Mollet et al. 2003). Durch das vermehrte Aufkommen von neuen, von Anlagen unabhängigen Trendsportarten wie Schneeschuhlaufen, Gleitschirmfliegen und Variantenskifahren hat der Einfluss von Freizeitaktivitäten auf Wildtiere an Bedeutung gewonnen (Ingold 2005). Die herkömmlichen Wintersportarten wie Langlaufen, Skifahren und Winterwandern waren meist auf bestimmte Flächen beschränkt. Durch die nichtanlagegebundenen Sportarten werden auch bisher kaum begangene Flächen

betroffen, darunter Rückzugsgebiete und Winterinstände von seltenen oder empfindlichen Tierarten wie Birkhuhn *Tetrao tetrix* und Gämse *Rupicapra rupicapra*. Durch das Schneeschuhlaufen werden insbesondere die anhin noch wenig tangierten flachen Bergwaldpartien mit ihren Tierarten wie Auerhuhn *Tetrao urogallus* und Rothirsch *Cervus elaphus* in Mitleidenschaft gezogen. Freizeitaktivitäten sind für Wildtiere besonders dann problematisch, wenn der Mensch für sie unvorhersehbar und plötzlich auftritt, weil dadurch eine Gewöhnung verunmöglicht wird und sie deshalb meist zur Flucht getrieben werden (Miller et al. 2001).

In Berggebieten besitzen Freizeitaktivitäten im Winter für Wildtiere ein grosses Störungspotential. Sie sind im Winter intensiver als im Sommer, finden häufiger abseits der Wege

statt, und die Wildtiere befinden sich in einem energetisch sensiblen Zustand. Dies gilt ganz besonders für das Auerhuhn. Es ernährt sich im Winter ausschliesslich von Koniferennadeln (Klaus et al. 1989). Nadeln stehen zwar unbeschränkt zur Verfügung, sie sind aber sehr energiearm und schwer verdaulich (Klaus et al. 1989). Daraus resultiert eine lange Verdauungszeit und eine stark limitierte Energieaufnahme. Das Auerhuhn hat sich an diese Bedingungen angepasst, indem es die Aktivitätsphasen im Winter auf wenige Stunden reduziert (Gjerde & Wegge 1987) und die Raumnutzung stark einschränkt (Storch 1993). Fluchtreaktionen als energiezehrende Aktivitäten können deshalb im Winter schnell zu einem gefährlichen Energiedefizit führen. Nebst dem stark eingeschränkten Energiebudget und den oft ähnlichen Lebensraumpräferenzen von Auerhühnern und Wintertouristen führen zwei weitere Gründe zu einer möglichen Störungsempfindlichkeit des Auerhuhns: Das Auerhuhn wird in den meisten Ländern ausserhalb der Schweiz und Deutschland noch bejagt, und es ist relativ gross und schwer. Grosse Wildtiere haben grössere Fluchtdistanzen vor Menschen als kleine (Blumstein et al. 2005, Laursen et al. 2005).

Aufgrund von Beobachtungen, dass lokal Auerhuhnbestände mit der Zunahme von Wintersportaktivitäten zurückgingen (Brenot et al. 1996) oder Balzplätze aufgegeben worden sind (Labigand & Munier 1989), vermutet man seit langem, dass Auerhühner besonders störungsanfällig sind. Ziel der hier zusammengefassten Dissertation von Dominik Thiel (Thiel 2007) war es, den Einfluss von ausgewählten Wintersportaktivitäten des Menschen auf Auerhuhnindividuen zu untersuchen. Dabei wurden nicht nur das räumliche und zeitliche Verhalten der Auerhühner in Abhängigkeit von Freizeitaktivitäten untersucht, sondern auch die Stressphysiologie. Andere Studien haben gezeigt, dass Wildtiere trotz des Fehlens von Verhaltensantworten auf Menschen physiologisch gestresst sein können (Walker et al. 2005), dass aber umgekehrt trotz auffälligen Verhaltens keine physiologische Stressreaktion vorliegen kann (Müller et al. 2006). Die Kombination beider Methoden hilft zu erkennen, ob Auerhühner auf Freizeitaktivitäten tatsächlich mit

einer Verhaltensreaktion und/oder mit physiologischem Stress reagieren.

Aufgrund methodischer Schwierigkeiten und zeitlicher Beschränkungen befassten wir uns nicht mit dem direkten Einfluss von Freizeitaktivitäten auf die Reproduktion, den Gesundheitszustand oder gar auf den Bestand von Lokalpopulationen. Mit der Messung der Stresshormonkonzentration erfassten wir jedoch einen wichtigen Indikator der «Fitness». Es ist nämlich erwiesen, dass chronisch erhöhte Stresshormonkonzentrationen schwerwiegende Folgen für die Reproduktion, das Immunsystem und das Überleben der Tiere haben (Sapolsky et al. 2000).

1. Material und Methoden

1.1. Fluchtverhalten

Die Datenaufnahme fand in Kerngebieten von Winterlebensräumen mehrerer Auerhuhnpopulationen statt: im Südwest-Schwarzwald (Deutschland 47°51' N, 8°00' E) in den Jahren 2003–2005 durch D. Thiel und Mitarbeitende, in den französischen Pyrenäen (42°43' N, 1°00' E; Beille und Esbas) in den Jahren 1984–1996 durch E. Ménoni und J.-F. Brenot. In den Pyrenäen kommt die Unterart *T. urogallus aquitanicus* (Ménoni 1991) vor. Ein Schneeschuhläufer oder Wanderer durchquerte zwischen Oktober und März Auerhuhn-Lebensräume abseits von Wegen und entlang von Höhenlinien und mass die Distanz zwischen ihm und den auffliegenden Auerhühnern. Jedes Gebiet wurde 1–2-mal pro Winter begangen. Bei jeder Beobachtung wurden 6 Variablen aufgenommen: Geschlecht (Hahn, Henne), Standort des Huhns (Boden, Baum), Datum, Gruppengrösse (einzeln, mehrere), ein Mass für die Vegetationsdichte als Index für die Sichtbarkeit zwischen Mensch und Auerhuhn (4 Kategorien im Schwarzwald; Kronenschlussgrad in den Pyrenäen) und ein Mass der Intensität der Freizeitaktivitäten. Im Schwarzwald und in Beille wurden die Wintersportaktivitäten in den Kategorien gering, mässig und hoch erfasst, in Esbas der Jagddruck in zwei Kategorien (jagdfrei, bejagt). Im Schwarzwald wird das Auerhuhn nicht mehr bejagt, in Beille hingegen wurde

überall gejagt. Dafür waren die Wälder in Esbas frei von jeglicher touristischen Nutzung, und die Jagdintensität variierte von Teilgebiet zu Teilgebiet. Mit einem General linear model (GLM, Typ I) wurde untersucht, welche Faktoren die Fluchtdistanz beeinflussen. Aufgrund der Unterschiede im Lebensraum und der Art der Freizeitnutzungen wurden die Daten der drei Auerhuhnpopulationen getrennt analysiert.

1.2. Raumnutzung

Die Telemetriestudie fand im Südwest-Schwarzwald zwischen 900–1400 m in einem Kernlebensraum des Auerhuhns statt (28 km²). Die Wälder wurden von Fichte *Picea abies*, Buche *Fagus sylvatica* und Weisstanne *Abies alba* dominiert. Das Gebiet wurde im Winter intensiv zum Skifahren, Langlaufen und Winterwandern genutzt, verfügte aber auch über Waldstücke ohne Freizeitaktivitäten. Die zwei Untersuchungsgebiete «Ost» (Winterwanderwege, Ski- und Langlaufloipen sowie ein Wintersport-Hotel) und «West» (Winterwanderwege, Langlaufpisten, Biathlonanlage) waren durch ein 5 km breites Tal getrennt. Im September und Oktober 2003 und 2004 wurden 7 Auerhähne und 8 Auerhennen mit Bodennetzen gefangen, beringt und besendert. Die Hühner wurden in den 3 Wintern 2003/04–2005/06 vom 1. November bis 31. März regelmässig geortet. Wir definierten pro Winter 2 Zeitschnitte, weil die Intensität und Standorte der Wintersportaktivitäten stark variierten. Die Periode «Vor der Skisaison» dauerte vom 1. November bis zum Start des Skibetriebes mit dem ersten grossen Schneefall. Die Periode «Während der Skisaison» begann mit dem Start des Skibetriebs und dauerte bis zum 31. März. Alle Individuen mit mehr als 22 Peilungen pro Periode wurden in die Analysen eingeschlossen. Die Streifgebiete (home ranges) wurden mit der Methode «Minimum convex polygon» (MCP) berechnet, getrennt für die beiden Perioden. Für Auerhühner ungeeignete Flächen wie grössere unbewaldete oder sehr steile Flächen (> 40°) wurden von den Analysen ausgeschlossen. Zur Berechnung der Habitatpräferenz wurden 2 für Auerhühner bekannte Variablen für Habitatqualität gemessen und definiert: Hangneigung

(HANG1: 0–10°; HANG2: 10–40°) und Intensität der Wintersportaktivitäten (SPORT1: gering, SPORT2: mässig, SPORT3: hoch). Die beiden Variablen wurden zu 6 Habitattypen vereint (HANG1SPORT1, HANG1SPORT2, usw.). Flächen mit hoher Intensität der Wintersportaktivitäten waren sämtliche regelmässig genutzten Tourismus-Infrastrukturen wie Skipisten, Wanderwege usw. mit einem Puffer von 50 m (50 m = Fluchtdistanz Auerhuhn, Thiel et al. 2007a). Flächen mit geringer Intensität der Wintersportaktivitäten waren alle Waldgebiete, die für Menschen aufgrund der Topografie oder von Zugangsbeschränkungen unzugänglich waren. Die restlichen Flächen bekamen die Zuteilung «mässig». Die Intensität der Wintersportaktivitäten unterschied sich zwischen den beiden Perioden stark, weshalb die Flächen mit mässiger und hoher Intensität (SPORT2 und SPORT3) während der Skisaison deutlich stärker genutzt waren als dieselben Kategorien vor der Skisaison. Die Flächen der Kategorie SPORT1 wurden hingegen in beiden Perioden nicht oder kaum von Menschen begangen.

Um zu testen, ob die Raumnutzung der Auerhühner von Wintersportaktivitäten beeinflusst wurde, verglichen wir das Angebot der 6 Habitattypen mit der effektiven Nutzung für beide Perioden getrennt (compositional analysis; Aebischer et al. 1993), und zwar auf 2 räumlichen Skalen. Zuerst verglichen wir auf Landschaftsebene die Zusammensetzung der 6 Habitattypen innerhalb der Streifgebiete (Nutzung) mit dem Angebot der Habitattypen im gesamten Untersuchungsgebiet. Damit konnten wir testen, ob die Streifgebiete in Gebieten bestimmter Habitattypen lagen. Danach verglichen wir auf kleiner räumlicher Skala die Habitatnutzung innerhalb der Streifgebiete (Peilpunkte in Habitattypen als Nutzung) mit dem Angebot der verfügbaren Habitattypen im Streifgebiet. Damit wurde getestet, ob Auerhühner innerhalb ihrer Streifgebiete bestimmte Habitattypen meiden oder bevorzugen.

1.3. Stressphysiologie

In einer Vorstudie konnten wir zeigen, dass die Konzentration von Abbauprodukten des Stresshormons Corticosteron (KCA) im Auerhuhn-

kot mit einem Enzymimmunoassay verlässlich gemessen werden kann, sofern die Kotproben nicht über mehrere Tage einer Umgebungstemperatur von $> +9^{\circ}\text{C}$ ausgesetzt sind (Thiel et al. 2005).

In den beiden Wintern 2003/04 und 2004/05 sammelten wir vom 1. November bis zum 31. März in 3 Untersuchungsgebieten frische Kotproben von Auerhühnern: Südwest-Schwarzwald, Schweizer Jura und Schweizer Alpen. Im Schwarzwald sammelten wir zudem Kotproben von den besenderten Auerhühnern (s. Kap. 1.2).

Im Schwarzwald und im Jura wurden die Wälder von der Fichte dominiert. Die Baumartenzusammensetzung der Wälder in den Schweizer Alpen (von den Berner Alpen im Westen bis ins Engadin/Münstertal im Osten) variierte stark mit verschiedenen Anteilen von Fichte, Weisstanne, Lärche und verschiedenen Föhren-Arten (*Pinus* sp.), wurde jedoch entweder von Fichte oder Föhre dominiert. Die Art und Intensität der Wintersportaktivitäten während der Sammelperiode variierten ebenfalls stark von intensiv genutzten Ski-, Langlauf- und Tourenskigebieten bis zu Wäldern, die von Menschen kaum begangen wurden.

Die Kotproben wurden von einer Person gesammelt, die die Auerhuhn-Kerngebiete entlang von Höhenlinien durchquerte. Kotproben eines Huhns vom gleichen Geschlecht innerhalb eines Kreises mit einem Radius von 300 m wurden demselben Individuum zugeordnet. Diese Zuordnung wurde aus statistischen Gründen zur Reduktion der Pseudoreplikation gewählt und war aus folgenden Gründen eine plausible Annäherung an die tatsächliche Zuordnung zu Individuen: Das Geschlecht der Auerhühner kann anhand der Kotgrösse bestimmt werden (Thiel et al. 2007b), Auerhühner besitzen im Winter sehr kleine Streifgebiete (durchschnittlich 177 ha; Storch 1993), und wir sammelten nur frische Kotproben nach dem letzten Schneefall. Pro Individuum wurden 5–15 Kotwürste gesammelt. Folgende Variablen wurden notiert: Untersuchungsgebiet (GEBIET), Geschlecht (SEX), Datum (DATUM), dominierender Waldtyp (WALD: Fichte oder Föhre), Temperaturminimum der letzten 3 Tage der nächsten Meteorologischen Station (TEMP),

Kottyp (KOTTYP: während des Schlafens oder Fressens auf dem Baum ausgeschieden oder auf dem Boden während des Ruhens oder beim Gehen abgegeben) und Distanz bis zur nächsten Wintersportaktivität (SPORTDIST: Skilift, Skipisten, Wanderweg, Strasse usw.). Zudem wurde die Intensität der Wintersportaktivitäten am Fundort der Kotprobe mit einer Variablen mit 3 Kategorien notiert: gering (Kotproben in Wäldern ohne menschliche Nutzung), hoch (Kotproben innerhalb von 50 m zum Ort der nächsten Wintersportaktivität), mässig (alle übrigen Kotproben; Definition dieser Kategorien s. oben in Kap. 1.2).

Die Daten wurden für die beiden Waldtypen «Fichte» (290 Kotproben vom Schwarzwald, 101 vom Jura, 277 von den Alpen), und «Föhre» (462 Kotproben nur aus den Alpen) aus folgenden Gründen getrennt analysiert: (1) Auerhühner bevorzugen als Winternahrung Föhrennadeln deutlich vor Fichtennadeln (Schroth et al. 2005), (2) Föhrennadeln haben für Auerhühner rund 20 % mehr verwertbare Energie pro Trockengewicht (Lieser et al. 2006), und (3) unterscheiden sich die beiden Waldtypen in ihrer Struktur und Ökologie deutlich (Fichtenwälder gegenüber offenen lichten Föhrenwäldern mit geringem Kronenschlussgrad).

Die Konzentration der Corticosteron-Abbauprodukte KCA wurde gemäss Thiel et al. (2005) im Labor gemessen und mit einem mixed model (REML) mit dem Individuum als «Zufallsvariable» analysiert.

2. Ergebnisse

2.1. Fluchtverhalten

Auerhühner flüchteten auf eine mittlere Distanz von $27 \pm 0,6$ m (SE; $n = 752$) in einem Bereich von 1–104 m (Abb. 1). 90 % aller Fluchten fanden innerhalb von 50 m statt. Auerhähne flüchteten auf eine grössere Distanz ($31 \pm 0,9$ m) als Auerhennen ($22 \pm 0,6$ m). Die Sichtbarkeit zwischen Winterwanderer und Auerhuhn hatte einen signifikanten Einfluss auf die Fluchtdistanz in allen untersuchten Populationen (Schwarzwald, Beille, Esbas). Je besser das Auerhuhn von der Vegetation verdeckt war, umso geringer war die Fluchtdistanz von

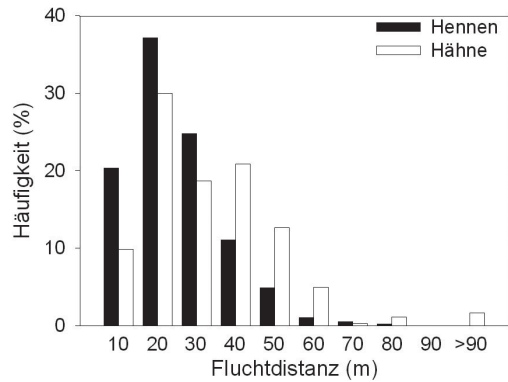


Abb. 1. Häufigkeit (%) der Fluchtdistanzen gruppiert in 10-m-Klassen von Hennen (schwarz) und Hähnen (weiss) von 752 Fluchtereignissen aus den französischen Pyrenäen und aus dem Schwarzwald. – Frequencies (%) of flushing distances grouped in categories of 10 m of females (black) and males (white) of 752 flushing events in the French Pyrenees and the Black Forest.

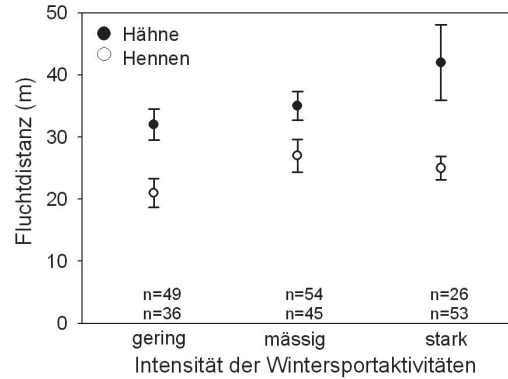


Abb. 3. Mittlere Fluchtdistanzen (\pm SE) aus dem Schwarzwald für Hähne (n = 129, schwarz) und Hennen (n = 134, weiss) in Abhängigkeit von der Intensität der Wintersportaktivitäten. – Flushing distances (mean \pm SE) of Capercaillie males (black) and females (white) among 3 winter recreation intensities. Sample sizes are given for males (upper values) and females (lower values).

Hähnen und Hennen (Abb. 2). Die Intensität der Wintersportaktivitäten und der Jagddruck beeinflussten die Fluchtdistanz signifikant. Im Schwarzwald stieg die Fluchtdistanz mit

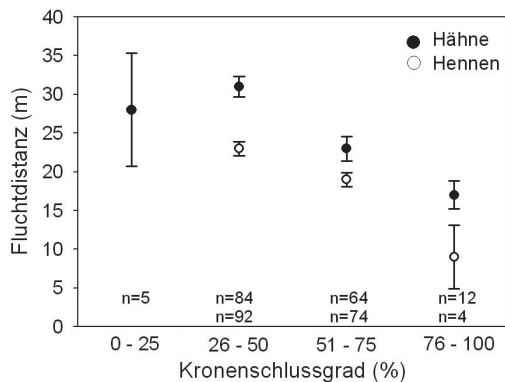


Abb. 2. Mittlere Fluchtdistanzen (\pm SE) von Hähnen (schwarz) und Hennen (weiss) in Abhängigkeit vom Kronenschlussgrad im Untersuchungsgebiet Beille in den französischen Pyrenäen. Stichprobengrößen (n) sind für Hähne (oben) und Hennen (unten) angegeben. – Relationship between canopy cover and mean flushing distance (\pm SE) of Capercaillie males (black) and females (white) in the study area Beille in the French Pyrenees. Sample sizes are given for males (upper values) and females (lower values).

zunehmender Intensität der Wintersportaktivitäten, jedoch nur bei den Hähnen (Abb. 3) und für Auerhühner in Gruppen. In Beille war der Einfluss der Wintersportaktivitäten auf die Fluchtdistanz vom Datum abhängig: Die Fluchtdistanz variierte in Gebieten mit geringer oder mässiger Intensität, war jedoch konstant hoch in Gebieten mit intensivem Wintersportbetrieb. In Esbas flüchteten Auerhühner auf grössere Distanzen in Gebieten mit Jagdbetrieb als in jagdfreien Gebieten. Dieser Jagdeinfluss war aber vom Datum und vom Geschlecht abhängig. Hähne flüchteten auf viel grössere Distanzen vor einem Wanderer in bejagten ($48 \pm 4,3$ m) als in unbejagten ($29 \pm 2,3$ m) Gebieten, was bei den Hennen nicht zutraf. In bejagten Gebieten war die Fluchtdistanz zur Jagdzeit im Herbst am höchsten und sank danach kontinuierlich bis Ende Winter. In unbejagten Gebieten war die Fluchtdistanz über dieselbe Zeitspanne konstant tief. Der Einfluss der Jagd war zudem vom Standort des Huhns abhängig. Fluchtdistanzen von Auerhühnern auf Bäumen variierten nicht mit dem Jagddruck. Hingegen flüchteten Auerhühner am Boden auf viel grössere Distanzen in bejagten ($36 \pm 5,2$ m) als in unbejagten Gebieten ($21 \pm 1,9$ m).

2.2. Raumnutzung

Touristisch intensiv genutzte Flächen um das Hotel, die Biathlonanlage und die Ski-Pisten wurden von den Auerhühnern vor der Skisaison, aber kaum mehr während der Skisaison genutzt (Abb. 4). Im Gegensatz dazu wurden Waldflächen um Langlaufloipen vor und während der Skisaison benutzt. Vor der Skisaison im Frühwinter nutzten die Auerhühner einen grösseren Anteil des Untersuchungsgebietes

und die Peilpunkte waren gleichmässiger verteilt. Während der Skisaison nutzten die Auerhühner nur noch kleinere Anteile des Gebietes und die Peilpunkte waren in bestimmten Gebieten geklumpt. Wenn Auerhühner während der Skisaison Flächen mit intensivem Wintersportbetrieb (SPORT3) nutzten, war dies in 50 % der Fälle ($n = 84$) an Tagen mit nur wenigen Touristen aufgrund schlechten Wetters.

Die Streifgebiete waren vor der Skisaison mit durchschnittlich 193 ha (Mittelwert; $n =$

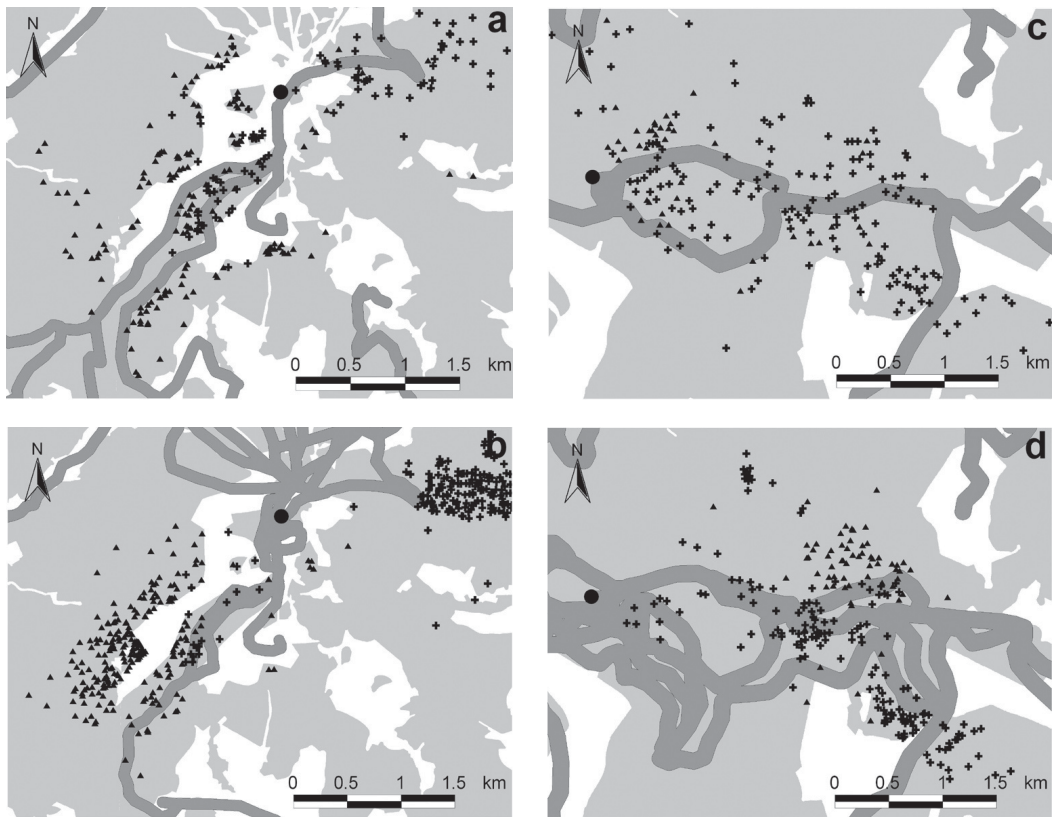


Abb. 4. Standorte von besenderten Hennen (Kreuz) und Hähnen (Dreieck) im Untersuchungsgebiet «Ost» (a, b) und «West» (c, d) im Schwarzwald für die Zeit vor (a, c) und während (b, d) der Skisaison. Langlaufloipen, Skipisten und Winterwanderwege mit einem Puffer von 50 m sind als Flächen mit hoher Intensität der Wintersportaktivitäten (SPORT3) dunkelgrau markiert. Wälder sind hellgrau markiert, Weiden sind weiss. Der schwarze Punkt im Untersuchungsgebiet «Ost» (a, b) kennzeichnet den Standort eines Hotels, im Untersuchungsgebiet «West» (c, d) die Lage einer Biathlonanlage. Einige weiter entfernte Standorte von Auerhühnern sind nicht gezeigt. – Locations of radio-tracked *Capercaillie* females (crosses) and males (triangles) in the study area «Ost» (a, b) and «West» (c, d) in the Black Forest during the pre-ski season (a, c) and in the ski season (b, d). High recreation intensity areas (SPORT3) are marked in dark grey, and contained intensively used cross-country tracks, ski-runs and winter hiking trails with a buffer of 50 m. Forests are marked in light grey, tree-less meadows in white. The black dot indicates the location of an intensively used tourist lodge (a, b) and a biathlon shooting stand (c, d). Some outlying locations are not shown.

Tab. 1. Resultat der REML-Analyse über die Abhängigkeit der Konzentration der Corticosteron-Abbauprodukte KCA von verschiedenen Variablen. Analysiert wurden 668 Auerhuhn-Kotproben aus Fichtenwäldern. Effekte \pm SE wurden bezüglich einem Referenzwert von 0 für SEX(Hahn), KOTTYP(Baum) and GEBIET(Schwarzwald) berechnet. – *Dependence of the concentration of corticosterone metabolites (KCA) in Capercaillie droppings (n = 668) in spruce forests on various predictor variables analysed in a multivariate linear REML-model. Effects \pm SE were calculated considering a reference value of zero for SEX(male), KOTTYP(tree) and GEBIET(Black Forest).*

Variable	Effekte \pm SE	Wald	d.f.	p
SEX(Henne)	-6,84 \pm 1,78	25,69	1	<0,001
TEMP	-0,65 \pm 0,27	5,57	1	0,018
(TEMP) ²	0,00 \pm 0,00	5,64	1	0,018
DATUM	0,02 \pm 0,27	12,05	1	<0,001
(DATUM) ²	0,00 \pm 0,00	0,74	1	0,39
KOTTYP(Boden)	9,56 \pm 1,81	31,99	1	<0,001
SPORTDIST	-0,03 \pm 0,01	11,41	1	<0,001
(SPORTDIST) ²	0,00 \pm 0,00	3,25	1	0,071
GEBIET			2	0,903
GEBIET(Alpen)	-1,65 \pm 2,07			
GEBIET(Jura)	-1,21 \pm 2,66			
SEX \times TEMP	-0,05 \pm 0,44	5,72	1	0,017
SEX \times (TEMP) ²	0,00 \pm 0,00	2,78	1	0,095
SEX \times DATUM	0,41 \pm 0,28	15,51	1	<0,001
SEX \times (DATUM) ²	0,00 \pm 0,00	5,06	1	0,025
DATUM \times KOTTYP(Boden)	0,08 \pm 0,27	5,67	1	0,017

12; Extremwerte 59–548 ha) grösser als während der Skisaison (Mittelwert 118 ha; n = 10; Extremwerte 58–245 ha). Die Lage der Streifgebiete veränderte sich kaum mit dem Beginn der Skisaison. 75 % der Streifgebietsflächen während der Skisaison waren bereits Bestandteil der Streifgebiete vor der Skisaison. Ein Auerhahn nutzte ein Gebiet mit zahlreichen Skipisten und Skiliften vor der Skisaison, flog jedoch mit dem Start der Skisaison über ein 2,7 km breites Tal in ein touristisch weniger stark genutztes Gebiet. Nach 3 Wochen flog er nahe zu seinem ursprünglichen Standort zurück, nutzte dort jedoch ein Waldstück ohne jeglichen Skibetrieb, wo er Tage später von einem Fuchs gerissen wurde.

Die Zusammensetzung der 6 Habitattypen in den Streifgebieten unterschied sich kaum vom Angebot im Untersuchungsgebiet, weder für die Zeit vor noch während der Skisaison. Die kleinflächige Analyse zeigte jedoch, dass Auerhühner vor der Skisaison Waldflächen mit mässiger Intensität der Wintersportaktivitäten unabhängig von der Hangneigung bevorzugten (Wilk's $\lambda = 0,252$; $\chi^2 = 16,539$; randomized P =

0,018), wobei zu beachten ist, dass die Kategorie mässige Intensität vor der Skisaison touristisch deutlich weniger intensiv genutzt wurde als dieselbe Kategorie während der Skisaison. Während der Skisaison bevorzugten Auerhühner signifikant Waldflächen mit geringer Intensität der Wintersportaktivitäten gegenüber hoher Intensität unabhängig von der Hangneigung (Wilk's $\lambda = 0,1522$; $\chi^2 = 18,824$; randomized P = 0,046).

2.3. Stressphysiologie

In Fichtenwäldern hatten alle Variablen ausser GEBIET einen signifikanten Einfluss auf die KCA (Tab. 1). Auerhähne hatten generell höhere KCA als Hennen, wobei dies von der Temperatur (SEX \times TEMP) und vom Datum (SEX \times DATUM) abhing. Die KCA stieg hauptsächlich bei den Hähnen mit sinkender Temperatur und dem Verlauf des Winters von November bis März nicht-linear an. Die KCA war höher bei Kotproben, die Auerhähne und Hennen während des Ruhens und Gehens auf dem Boden ausschieden, als bei solchen, die

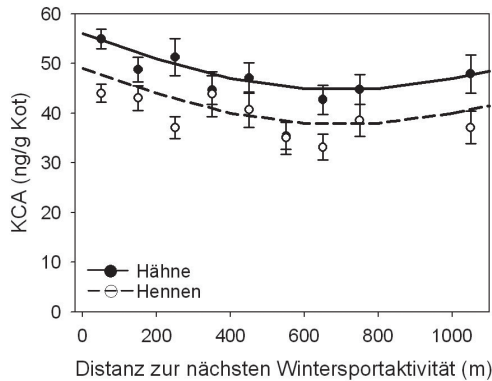


Abb. 5. Mittelwerte (Punkte) \pm SE der Konzentration der Corticosteron-Abbauprodukte (KCA) von 668 Kotproben aus Fichtenwäldern in Abhängigkeit von der Distanz bis zur nächsten Wintersportaktivität. Eingetragen sind auch die aus der statistischen Analyse berechneten Beziehungen (Linien), die weitere Einflussfaktoren berücksichtigen (s. Text). – Means (\pm SE) of concentrations of corticosterone metabolites (KCA) in Capercaillie droppings ($n = 668$) found in spruce forests among the distance to the next winter recreation activity. The curvilinear dependence is indicated in lines and is predicted from the REML-model concerning additional predictor variables (see text).

sie auf Bäumen beim Schlafen oder Fressen abgaben, wobei dies vor allem gegen Ende des Winters ausgeprägt war (DATUM \times KOTTYP). Die Distanz zur nächsten Wintersportaktivität hatte einen signifikanten Einfluss auf die KCA. Innerhalb einer Distanz von etwa 500 m stieg die KCA der Hähne und Hennen mit abnehmender Distanz zur nächsten Wintersportaktivität an (Abb. 5). Die KCA unterschieden sich zwischen den 3 Untersuchungsgebieten nicht, das heisst, dass die Stresshormonkonzentration der Auerhühner überall von denselben Variablen beeinflusst wurde.

Wenn wir anstelle der Distanz zur nächsten Wintersportaktivität eine Kategorisierung der Flächen in touristisch wenig, mässig und stark genutzte Gebiete durchführten und statistisch analysierten, erhielten wir sehr ähnliche Resultate. Die KCA stieg signifikant mit der Intensität der Wintersportaktivitäten an: gering mit 40 ng/g Kot (\pm 1,5 SE), mässig mit 45 ng/g (\pm 1,2), hoch mit 51 ng/g (\pm 1,7). Ähnliche Re-

sultate erhielten wir von Kotproben von unbesenderten und 11 besenderten Auerhühnern aus der Raumnutzungsstudie im Schwarzwald. Die KCA stieg bei Hähnen und Hennen signifikant mit der Intensität der Wintersportaktivitäten an, und zwar sowohl vor wie auch während der Skisaison (Abb. 6).

Die KCA der besenderten Auerhühner ($n = 9$) aus dem Schwarzwald während der Skisaison zeigten, dass Individuen mit niedrigen KCA-Werten einen geringen Flächenanteil von SPORT3 in ihren Streifgebieten hatten, während Individuen mit hohen mittleren KCA-Werten und einer hohen Streuung einen höheren Anteil von SPORT3 in ihren Streifgebieten hatten (Abb. 7). Nur 2 Auerhennen wiesen trotz eines hohen Anteils an SPORT3 eine geringe mittlere KCA auf.

Die KCA in Kotproben von Föhrenwäldern waren grundsätzlich höher als jene in Fichtenwäldern (54 ng/g Kot \pm 0,9 SE in Föhrenwäldern gegenüber 46 ng/g Kot \pm 0,8 SE in Fichtenwäldern; ANOVA $df = 1130$, $F = 49,5$, $p < 0,001$). Die einzigen Variablen mit einem

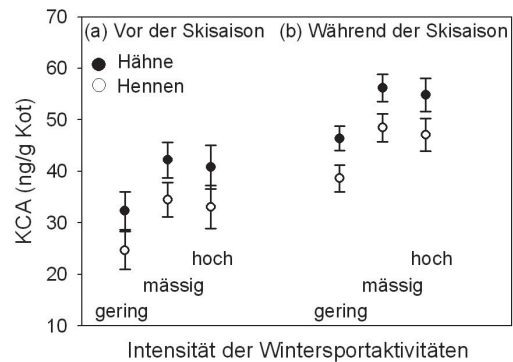


Abb. 6. Aus der multifaktoriellen Analyse errechnete Mittelwerte (\pm SE) der Konzentrationen von Corticosteron-Abbauprodukten (KCA) von 396 Kotproben von Auerhühnern aus dem Schwarzwald in Abhängigkeit der Intensität der Wintersportaktivitäten für die Zeit (a) vor und (b) während der Skisaison. Werte von Hähnen sind schwarz markiert, jene von Hennen weiss. – Predicted means (\pm SE) of the REML-analysis of concentrations of corticosterone metabolites (KCA) in Capercaillie droppings ($n = 396$) from the Black Forest of males (black) and of females (white) for three recreation intensity levels during (a) the pre-ski and (b) the ski season.

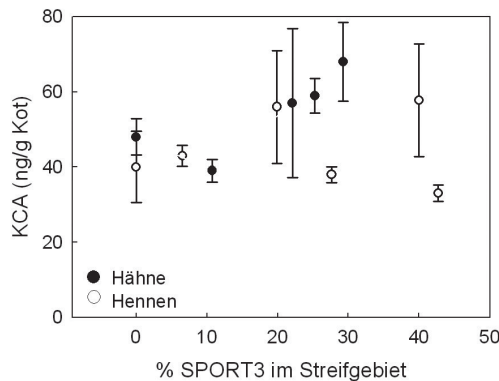


Abb. 7. Mittelwerte (\pm SE) von Konzentrationen von Corticosteron-Abbauprodukten (KCA) in Kotproben von 5 besenderten Auerhähnen (schwarz) und 6 besenderten Auerhennen (weiss) aus dem Schwarzwald in Beziehung zum Anteil von SPORT3-Flächen (Fläche mit hoher Intensität der Wintersportaktivitäten) der jeweiligen Streifgebiete während der Skisaison. – Means (\pm SE) of concentrations of corticosterone metabolites (KCA) in droppings of 5 radio-tracked males (black) and of 6 females (white) in relation to the proportion of SPORT3 (areas with high winter recreation intensity) within their home ranges during the ski season.

signifikanten Einfluss auf die KCA waren das Geschlecht (Wald: 8,63, $p = 0,003$) und die Temperatur (Wald: 13,18, $p < 0,001$). Hähne hatten höhere KCA als Hennen (56 ng/g Kot \pm 1,0 SE gegenüber 50 ng/g \pm 1,7), und die KCA stieg nicht-linear mit sinkender Temperatur an. Die anderen Variablen hatten bei Proben aus Föhrenwäldern keinen oder nur einen geringen Einfluss auf die KCA.

3. Diskussion

3.1. Fluchtverhalten

Die Resultate der Studie zur Fluchtdistanz bestätigten, dass Auerhühner empfindlich auf Freizeitaktivitäten des Menschen reagieren und sich nicht an unvorhersehbare Aktivitäten durch Menschen abseits von Wegen gewöhnen können. Fluchtdistanzen in Wäldern mit intensiven Freizeitaktivitäten und hohem Jagddruck waren größer als in Wäldern ohne Freizeitaktivitäten. Interessanterweise reagierten Auerhüh-

ner auf einen Wanderer abseits von Wegen wie auf einen Räuber oder einen Jäger. Dass die Hähne deutlich grössere Fluchtdistanzen haben als die Hennen könnten damit zusammenhängen, dass sie fast doppelt so schwer sind wie Hennen. Größere Vögel haben generell eine grössere Fluchtdistanz als kleinere (Blumstein et al. 2005). Die kleineren Hennen sollten kostspielige Flüge auch deshalb vermeiden, weil ihr Stoffwechsel bezogen auf das Körpergewicht höher ist als jener der Hähne.

3.2. Raumnutzung

Die Telemetriestudie zeigte, dass der Einfluss von Wintersportaktivitäten auf die Raumnutzung des Auerhuhns stark von der räumlichen und zeitlichen Skala abhängig ist. Die Raumnutzung vor der Skisaison und die Lage der Streifgebiete innerhalb des Untersuchungsgebietes waren unabhängig von Freizeitaktivitäten. Die meisten Streifgebiete überlappten sogar mit den später in der Saison intensiv genutzten Skipisten, Langlaufloipen und Winterwanderwegen. Im Gegensatz dazu bevorzugten Auerhühner während der Skisaison und innerhalb ihrer Streifgebiete Waldflächen mit geringer Intensität der Wintersportaktivitäten und mieden intensiv genutzte Flächen wie die Biathlonanlage, die Umgebung des Hotels oder die Ski-Abfahrtspisten. Wenn touristisch intensiv genutzte Gebiete wie Loipen und Pisten während der Skisaison von Auerhühnern genutzt wurden, geschah dies vor allem an Tagen ohne oder mit wenigen Touristen.

Dass Auerhühner touristisch stark genutzte Gebiete im Schwarzwald nutzten, könnte folgende Gründe haben: Erstens wies das Untersuchungsgebiet dank dem reich kuperten Gelände nebst touristisch intensiv genutzten Flächen auch ruhige, schlecht zugängliche und topografisch abgeschirmte Waldflächen auf, die von Menschen kaum begangen waren. Diese fungierten als Rückzugsgebiete für die Auerhühner, wo sich manchmal sogar mehrere Individuen zusammen aufhielten. Zudem waren Langlauf und Winterwandern auf klar definierte Routen beschränkt, woran sich Wildtiere eher gewöhnen können (Miller et al. 2001). Des Weiteren war die natürliche Habitatqualität

des Untersuchungsgebietes mit seinen lichten zwergstrauchreichen Wäldern sehr hoch. Möglicherweise werden deshalb die menschlichen Aktivitäten eher geduldet, oder die Auerhühner finden in unmittelbarer Nähe keine alternativ nutzbaren Lebensräume.

3.3. Stressphysiologie

Auerhühner reagieren physiologisch empfindlich auf verschiedenste Wintersportaktivitäten. Dieses Ergebnis ist umso gewichtiger, als es in allen drei Gebieten (Schwarzwald, Jura, Alpen) sowie bei besenderten und unbesenderten Auerhühnern festgestellt wurde und weil Stresshormon-Studien beim Birkhuhn vergleichbare Resultate ergaben (Arlettaz et al. 2007). Zwar ist der kritische Schwellenwert von Corticosteron mit negativen Folgen für Auerhühner unbekannt. Hingegen können chronisch erhöhte Stresshormonkonzentrationen bei anderen Vogelarten zu schwerwiegenden Gesundheits- und Fitnesskosten führen (Müllner et al. 2004).

Der Grund für die höhere KCA von Hähnen könnte in einer höheren Bindungskapazität der CBG (Corticosterone Binding Globulines) liegen, oder darin, dass Hähne durch Menschen tatsächlich mehr gestresst werden als Hennen. Die steigenden KCA mit sinkender Temperatur sind wahrscheinlich eine Anpassung an die Umwelt. Das Corticosteron reguliert auch die Energiemobilisierung (Sapolsky et al. 2000) und das Futtersuchverhalten (Löhmus et al. 2006), die bei geringen Temperaturen steigen. Der Grund für die höheren KCA in Föhrenwäldern im Gegensatz zu den Fichtenwäldern liegt wahrscheinlich in der geringeren Verdünnung der KCA im Kot. Auerhühner gewinnen aus Föhrennadeln mehr Energie und müssen dadurch weniger fressen, was die Hormonmenge im Kot stärker anreichert. Dass die Intensität oder die Nähe zu Tourismusaktivitäten in Föhrenwäldern keinen Einfluss auf die KCA hatte, könnte andere Gründe haben. Die Habitatqualität ist ein bekannter wichtiger Einflussfaktor auf die KCA (Homan et al. 2003). Habitatvariablen wie Kronenschlussgrad, Räubergilde, Baumartenzusammensetzung und Strukturreichtum variierten weit mehr in den heterogenen Föhrenwäldern als in den eher homogenen

Fichtenwäldern. Dies verwischte möglicherweise den Einfluss der Intensität der Wintersportaktivitäten.

3.4. Synthese

Grössere Fluchtdistanzen in Gebieten mit intensiver Freizeitaktivität, die Präferenz von kaum begangenen Waldflächen innerhalb der Streifgebiete während der Skisaison und steigende Stresshormonwerte mit zunehmender Nähe zu Wintersportaktivitäten zeigen, dass Auerhühner tatsächlich störungsempfindlich sind. Auerhühner sind an harte Winterbedingungen mit einer sehr beschränkten Energieaufnahme angepasst. Wie unsere Studien gezeigt haben, werden diese verhaltensbiologischen und physiologischen Anpassungen durch Freizeitaktivitäten beeinflusst und geändert. Dabei entsteht ein grosses Potential von negativen Einflüssen auf die Gesundheit, Fitness und Überlebenschance der Auerhühner. Wenn Individuen durch Störungen stark beeinträchtigt werden, erscheint es plausibel, dass über Jahre betrachtet Freizeitaktivitäten zu Bestandsrückgängen führen können.

Die Untersuchung von verhaltensbiologischen und physiologischen Aspekten war von grossem Nutzen. Aus manchen unserer Resultate könnte man schliessen, dass sich Auerhühner an Freizeitaktivitäten gewöhnen: Sie können ihre Streifgebiete inmitten von Wintersportgebieten haben, meiden diese grossflächig betrachtet nicht und ändern die Lage ihrer Streifgebiete mit dem Beginn der Skisaison kaum. Erst die kleinräumige Analyse innerhalb des Streifgebiets und die Messung der Stresshormonkonzentration haben gezeigt, dass die Auerhühner auf Freizeitaktivitäten deutlich reagieren. Dass Auerhühner vor Touristen wie vor Jägern auf grosse Distanz flüchten, zeigt, dass insbesondere plötzlich auftretende Menschen abseits von Wegen wie Schneeschuhläufer grosses Störungspotential besitzen. Die Tatsache, dass Auerhühner durch den Wintersportbetrieb höhere Stresshormonkonzentrationen besitzen, diese Gebiete jedoch trotzdem nutzen, könnte am Fehlen von alternativen, guten und erreichbaren Lebensräumen liegen.

Aufgrund der Resultate können für den Schutz von Auerhuhn-Lebensräumen gegen zu

viel Störung folgende Empfehlungen abgegeben werden: Am wichtigsten ist die Erhaltung der Qualität der Auerhuhn-Lebensräume, die bislang nicht oder nur wenig für Freizeitaktivitäten aufgesucht werden. In solchen Räumen sollte generell auf das Errichten neuer touristischer Infrastrukturanlagen verzichtet werden. Wichtige Auerhuhn-Lebensräume, die sich heute schon in der Nähe von Zentren mit Freizeitaktivitäten befinden, können durch das Etablieren von Gebieten mit Wegegeboten oder von Gebieten mit einem vollständigen Betretverbot deutlich aufgewertet werden. Welche Massnahme sinnvoll und nötig ist, hängt stark von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen ab. In speziellen Fällen, beispielsweise entlang von Loipen oder Wegen, können Konflikte auch durch eine Art «optische Trennung» entschärft werden, indem man mit dichten Baumreihen die Sichtbarkeit reduziert.

Dank. Der Inhalt dieses Artikels ist Bestandteil der Dissertation von Dominik Thiel, die er an der Schweizerischen Vogelwarte Sempach und an der Universität Zürich, Institut für Umweltwissenschaften, in den Jahren 2003–2006 durchgeführt hat (Thiel 2007). Wir danken allen Projektpartnern für die gute Zusammenarbeit während diesen Forschungsarbeiten, insbesondere Prof. Rupert Palme von der Universität für Veterinärmedizin Wien, Prof. Peter Berthold vom Max-Planck-Institut für Ornithologie in Radolfzell sowie Dr. Rudi Suchant und Vero Braunisch von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württembergs FVA. Ein grosser Dank gilt den zahlreichen Personen, die mit grossem Engagement bei der Datenaufnahme im Feld beteiligt waren (Batist Bischoff, Wolfgang Ebser, Dölf Egenter, Samuel Ehrenbold, Judith Ehrlicher, Christof Elmiger, Christoph Grütter, Jonas Kleyer, Ruedi Meier, Peter Nyffeler, Emmanuel Rey, Matthias Ritschard, Tobias Roth, Franz Rudmann, Thomas Sattler, Conny Thiel-Egenter, Thomas Wiccki sowie zahlreiche Wildhüter und Jagdaufseher des Amtes für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden und Parkwächter des Schweizerischen Nationalparks). Kurt Bollmann, Ruedi Hess, Hannes Jenny, Sébastien Sachot, Marc Kéry, Beat Naef-Daenzer und Michael Schaub leisteten grosse Unterstützung in der Feldarbeitsplanung und Statistik. Diese Arbeit erhielt finanzielle Unterstützung durch das Bundesamt für Umwelt BAFU, die Janggen-Pöhn Stiftung, den Internationalen Rat zur Erhaltung des Wildes und der Jagd CIC, den Lotteriefonds Schwyz und die Hofer-Woodhead Stiftung.

Zusammenfassung

Auerhühner gelten als störungssensible Waldhühner mit grossem Anspruch an die Lebensraumqualität. Diese Lebensräume haben in den letzten Jahrzehnten in ihrer Qualität stark abgenommen, Freizeitaktivitäten haben gleichzeitig zugenommen. Diese Studie untersuchte, wie Auerhühner mit ihrem Fluchtverhalten, mit der Raumnutzung und der Stressphysiologie auf Freizeitaktivitäten reagieren. Verschiedene Resultate zeigen, dass Auerhühner tatsächlich empfindlich auf Menschen reagieren, speziell auf Wintersportaktivitäten abseits von Wegen und Skipisten. Die Fluchtdistanz war in Gebieten mit hoher Intensität der Wintersportaktivitäten oder Jagddruck höher als in Gebieten mit geringer Intensität. Auerhühner mieden Flächen mit hoher Intensität der Wintersportaktivitäten innerhalb ihrer Streifgebiete während der Skisaison, und wiesen in der Nähe vom Skibetrieb auch höhere Stresshormonkonzentrationen auf. Aufgrund dieser Erkenntnisse wird empfohlen, dass in Auerhuhn-Lebensräume, die bislang nicht oder nur wenig für Freizeitaktivitäten aufgesucht werden, auf das Errichten neuer touristischer Infrastrukturanlagen zu verzichten. Wichtige Auerhuhn-Lebensräume, die sich heute schon in der Nähe von Zentren mit Freizeitaktivitäten befinden, können durch das Etablieren von Gebieten mit Wegegeboten oder von Gebieten mit einem vollständigen Betretverbot deutlich aufgewertet werden.

Literatur

- AEBISCHER, N. J., P. A. ROBERTSON & R. E. KENWARD (1993): Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology* 74: 1313–1325.
- ARLETTAZ, R., P. PATTHEY, M. BALTIC, T. LEU, M. SCHAUB, R. PALME & S. JENNI-EIERMANN (2007): Spreading free-riding snow sports represent a novel serious threat for wildlife. *Proc. Royal Soc. London B* 274: 1219–1224.
- BLUMSTEIN, D. T., E. FERNANDEZ-JURICIC, P. A. ZOLLINGER & S. C. GARITY (2005): Inter-specific variation in avian responses to human disturbance. *J. Appl. Ecol.* 42: 943–953.
- BRENOT, J.-F., M. CATUSSE & E. MÉNONI (1996): Effets de la station de ski de fond du Plateau de Beille (Ariège) sur une importante population de grand tétras *Tetrao urogallus*. *Alauda* 64: 249–260.
- GJERDE, I. & P. WEGGE (1987): Activity patterns of capercaillie, *Tetrao urogallus*, during winter. *Holarctic Ecol.* 10: 286–293.
- HOMAN, R. N., J. V. REGOSIN, D. M. RODRIGUES, J. M. REED, B. S. WINDMILLER & L. M. ROMERO (2003): Impacts of varying habitat quality on the physiological stress of spotted salamanders (*Ambystoma maculatum*). *Anim. Conserv.* 6: 11–18.
- INGOLD, P. (2005): Freizeittourismus im Lebensraum der Wildtiere. Haupt, Bern.
- KLAUS, S., V. ANDREEV, H.-H. BERGMANN, F. MÜLLER,

- J. PORKERT & J. WIESNER (1989): Die Auerhühner *Tetrao urogallus* und *Tetrao urogalloides*. 2. Aufl. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 86. Ziemsen, Wittenberg Lutherstadt.
- LABIGAND, G. & M. MUNIER (1989): Grand tétras et tourisme hivernal historique d'une place de chant dans les hautes Vosges. *Ciconia* 13: 19–30.
- LAURSEN, K., J. KAHLERT & J. FRIKKE (2005): Factors affecting escape distances of staging waterbirds. *Wildl. Biol.* 11: 13–19.
- LIESER, M., T. TÖPFER, K.-E. SCHROTH & P. BERTHOLD (2006): Energetische Beurteilung von Koniferennadeln als Winternahrung von Auerhühnern *Tetrao urogallus*. *Ökol. Vogel* 28: 1–29.
- LÖHMUS, M., L. F. SUNDSTRÖM & F. R. MOORE (2006): Non-invasive corticosterone treatment changes foraging intensity in red-eyed vireos *Vireo olivaceus*. *J. Avian Biol.* 37: 523–526.
- MÉNONI, E. (1991): Ecologie et dynamique des populations du grand tétras dans les Pyrénées, avec des références spéciales à la biologie de la reproduction chez les poules – quelques applications à sa conservation. Diss. Univ. Toulouse.
- MILLER, S. G., R. L. KNIGHT & C. K. MILLER (2001): Wildlife responses to pedestrians and dogs. *Wildl. Soc. Bull.* 29: 124–132.
- MOLLET, P., B. BADILATTI, B. 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 Veränderung im 19. und 20. Jahrhundert. *Ornithol. Beob.* 100: 67–86.
- MÜLLER, C., S. JENNI-EIERMANN, J. BLONDEL, P. PERRET, S. P. CARO, M. LAMBRECHTS & L. JENNI (2006): Effects of human pressure and handling on circulating corticosterone levels in breeding blue tits (*Parus caeruleus*). *Gen. Comp. Endocrinol.* 148: 163–171.
- MÜLLNER, A., K. E. LINSENMAIR & M. WIKELSKI (2004): Exposure to ecotourism reduces survival and affects stress response in hoatzin chicks (*Opisthocomus hoazin*). *Biol. Conserv.* 118: 549–558.
- SAPOLSKY, R. M., L. M. ROMERO & A. U. MINCK (2000): How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocrine Reviews* 21: 55–89.
- SCHROTH, K. E., M. LIESER & P. BERTHOLD (2005): Zur Winternahrung des Auerhuhns (*Tetrao urogallus*) – Versuche zur Bevorzugung von Nadeln verschiedener Koniferenarten. *Forstarchiv* 76: 75–82.
- STORCH, I. (1993): Patterns and strategies of winter habitat selection in alpine capercaillie. *Ecography* 16: 351–359. – (2000a): Conservation status and threats to grouse worldwide: an overview. *Wildl. Biol.* 6: 195–204. – (2000b): Grouse: Status Survey and Conservation Action Plan 2000–2004. WPA, BirdLife, and SSC Grouse Specialist Group, IUCN, Gland and Cambridge, and the World Pheasant Association, Reading.
- THIEL, D. (2007): Behavioral and physiological effects in capercaillie (*Tetrao urogallus*) caused by human disturbance. Diss. Univ. Zürich.
- THIEL, D., S. JENNI-EIERMANN & R. PALME (2005): Measuring corticosterone metabolites in droppings of capercaillies (*Tetrao urogallus*). *Ann. New York Acad. Sci.* 1046: 96–108.
- THIEL, D., E. MÉNONI, J.-F. BRENOT & L. JENNI (2007a): Effects of recreation and hunting on flushing distance of capercaillie. *J. Wildl. Manage.* 71: 1784–1792.
- THIEL, D., C. UNGER, M. KÉRY & L. JENNI (2007b): Selection of night roosts in winter by capercaillie *Tetrao urogallus* in Central Europe. *Wildl. Biol.* 13: 73–86.
- WALKER, B. G., P. D. BOERSMA & J. C. WINGFIELD (2005): Physiological and behavioral differences in Magellanic Penguin chicks in undisturbed and tourist-visited locations of a colony. *Conserv. Biol.* 19: 1571–1577.