

Aus der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil,  
und der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf

## Eigenschaften der Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume des Auerhuhns *Tetrao urogallus* im Waldreservat Amden

Michael Lanz und Kurt Bollmann



LANZ, M. & K. BOLLMANN (2008): Characteristics of individual trees selected by Western Capercaillie for roosting, resting and feeding – a study at a forest reserve in the Swiss Prealps. Ornithol. Beob. 105: 63–75.

Trees are key factors in the winter habitat of Western Capercaillie *Tetrao urogallus*. They provide food, shelter and protection against predators. In winter, the species mainly feeds on conifer needles and spends most of the time in or below trees. By means of the number, distribution and characteristics of droppings on the snow surface, trees for roosting, resting and feeding can be distinguished. In our study in the Swiss Prealps, we investigated the distribution and characteristics of these types of «Capercaillie trees» in the forest reserve of Amden in winter 2006. We compared 75 pairs of trees selected by Capercaillie as night roost, for feeding or resting with 75 matched control trees by the use of a logistic regression and a set of predictor variables. They were specifically selected so as to describe individual trees, sites of trees, forest stands and edge elements. The latter included structural elements that provide protection for Capercaillie on the ground. The most important factors discriminating roosting, resting and feeding trees from random trees were tree species, number of forest aisles and openings together with canopy cover. Capercaillie strongly selected silver fir *Abies alba* and basal-branched Norway spruce *Picea abies* as feeding and resting trees, respectively. The ratio of forest stands with two and more aisles was significantly larger for Capercaillie trees compared to matched random trees. Roosting and feeding trees were characterised by a high density of branches in the upper third of the trees. Resting trees had a high number of edge elements and an intermediate number of forest aisles in the surrounding areas. Our results suggest that Capercaillie selectively choose individual trees to meet food requirements, predator avoidance and energy demands. An effective conservation of the local population has to include a forest management that considers (i) the protection of frequently used trees, (ii) basal-branched Norway spruce and old-growth silver fir as individual elements, and (iii) forest stands with an adequate number of forest aisles and openings and a sufficient amount of edge elements.

Michael Lanz, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Departement N, Grüental, Postfach, CH–8820 Wädenswil, E-Mail lanzmichael@hotmail.com; Kurt Bollmann, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH–8903 Birmensdorf, E-Mail kurt.bollmann@wsl.ch

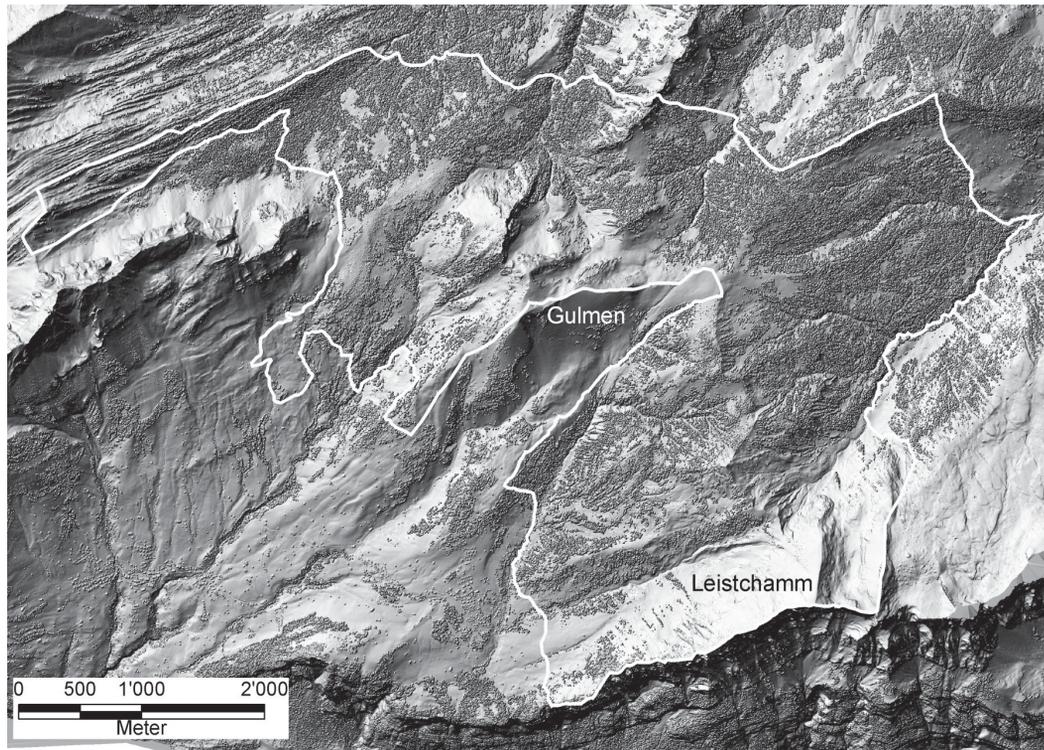
Für das Auerhuhn ist es entscheidend, den Energieverbrauch im Winter durch kurze Aktivitäts- und lange Ruhephasen zu reduzieren (Andreev & Lindén 1994) und dabei gleichzeitig vor Prädatoren geschützt zu sein (Thiel et al. 2007). Bei einer Aktivitätsphase von nur 2–3 h (Gjerde & Wegge 1987) ist die Wahl von geeigneten Schlafbäumen wichtig. Die Schlafstellen müssen vor Wind und Kälte isolieren, und die Bäume müssen selber ein gutes Nahrungsangebot aufweisen oder in der Nähe von Äsungsbäumen stehen, damit ein Energieverlust durch lange Flüge vermieden werden kann (Gjerde 1991). Da sich Auerhühner in dieser Jahreszeit fast ausschliesslich von Koniferennadeln ernähren, werden im Winter windgeschützte, lückige bis lichte, reine oder gemischte Nadelholzbestände bevorzugt. Der Baumschicht-Deckungsgrad dieser Bestände beträgt rund 40–60 % (Gjerde & Wegge 1989, Storch 1993, Bollmann et al. 2005), und die Baumkronen sind die bevorzugten Aufenthaltsorte, wenn die Bodenvegetation mit Schnee bedeckt ist. Besonders die Hennen verbringen während des Winters die meiste Zeit auf den Bäumen. Die Hähne nutzen nebst den Bäumen auch die Schneedecke und verweilen manchmal mehrere Stunden am Boden.

Weil Auerhühner sowohl am Tag als auch in der Nacht regelmässig Losung in der Form von stabilen, an Koniferennadeln reichen Walzen abgeben (Klaus et al. 1989), ist es möglich, die bevorzugten Aufenthaltsorte von Auerhühnern mit der Methode der Spurentaxation festzustellen (z.B. Bollmann 2006, Bollmann & Graf 2008). Welche Bäume und wie häufig diese von Auerhühnern im Winter genutzt werden, lässt sich anhand der Verteilung, Anzahl und Eigenschaften von Walzenlosungen bestimmen (Thiel et al. 2007). Unterschieden werden Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume. Bei Ersteren spielen der Sichtschutz vor Greifvögeln und die Deckung vor Mardern bei der Wahl des Sitzastes eine wesentliche Rolle (Book 1998). Ruhe-bäume werden im Hochwinter vorwiegend von Auerhähnen als Nahrungsquelle sowie als Tag- und Nachtruheplatz genutzt (Gjerde 1991). Tief ausladende und dichte Äste in Bodennähe, welche den Hähnen Deckung vor Prädatoren bieten, sind typisch für Ruhebäume (Bollmann et al. 2005, 2008). Solche finden sich oft in alten

Fichtenbeständen oder Rotten. Abhängig von der Region, den Waldtypen und den dominanten Baumarten sind Waldföhre *Pinus sylvestris*, Weisstanne *Abies alba* und Fichte *Picea abies* die bevorzugten Winternahrungsbäume in Mitteleuropa (Lieser 1996, Storch 1993). In verschiedenen Studien wurde gezeigt, dass Auerhühner nicht nur bestimmte Baumarten, sondern auch einzelne Bäume einer Art zur Nahrungsaufnahme auswählen (z.B. Lindén 1984).

Der Baum ist das wichtigste Lebensraumelement im Winterlebensraum des Auerhuhns. Entsprechend muss die selektive Bevorzugung von bestimmten Baumarten und einzelnen Bäumen durch das Auerhuhn im lokalen Lebensraummanagement berücksichtigt werden. Denn der Baum ist auch die direkte Eingriffsgrösse bei forstlichen Massnahmen. Deshalb ist es wichtig, dass die Standorte und Eigenschaften von Schlaf-, Äsungs- und Ruhebäumen in einem Auerhuhn-Förderungsgebiet bekannt sind. Das Sonderwaldreservat Amden in den nordöstlichen Voralpen ist ein solches Gebiet. Es hat seit 2006 die Förderung des Auerhuhns mit forstlichen Massnahmen zum Ziel (Bollmann 2006). Die Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) und die Schweizerische Vogelwarte haben deshalb ein gemeinsames Projekt gestartet, das die Ausgangsbedingungen beim Lebensraum und dessen Nutzung durch die lokale Auerhuhnpopulation dokumentiert und zukünftige Veränderungen erfasst. Für diese Erfolgskontrolle wurden im Jahr 2006 umfangreiche Erhebungen durchgeführt. Dazu gehörten auch die Erfassung und Typisierung von Baumarten und Einzelbäumen, die vom Auerhuhn im Winterlebensraum bevorzugt werden.

In einem repräsentativen Teil des Sonderwaldreservats Amden haben wir die Verbreitung und Eigenschaften von Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäumen erhoben. Dabei wurden vom Auerhuhn genutzte und zufällig ausgewählte, nicht genutzte Bäume miteinander verglichen und die Eigenschaften der einzelnen Bäume und ihrer unmittelbaren Umgebung analysiert. In einem weiteren Schritt haben wir forstliche Massnahmen zur Förderung dieser Auerhuhnbäume vorgeschlagen.



**Abb. 1.** Oberflächenmodell der Region Amden mit dem Perimeter des Sonderwaldreservats (weiss umrandet), das zur Förderung des Auerhuhns eingerichtet wurde. Das Reservat besteht seit 2006 und hat eine Fläche von 17,7 km<sup>2</sup>. Die Karte wurde mit Laserscanning-Daten (LiDAR = light detection and ranging) erstellt. Diese Daten bilden die dreidimensionalen Strukturen (z.B. Topographie, Bäume, Häuser) eines Gebiets flächendeckend ab. Die Methode bietet in naher Zukunft interessante Möglichkeiten zur grossflächigen Bewertung von Habitatfaktoren. (DTM-AV©2008 swisstopo DV033492.2) – *Digital terrain model of the special forest reserve of Amden (17.7 km<sup>2</sup>). The border of the reserve is denoted by the white line. The model was generated by LiDAR data (light detection and ranging) and illustrates the topographical and structural characteristics of the area.*

## 1. Material und Methoden

### 1.1. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über die grossen zusammenhängenden Waldgebiete im Norden und Osten von Amden im Kanton St.Gallen. Es misst 5,2 km<sup>2</sup> und umfasst die Mulde zwischen Gulmen und Leistchamm im südöstlichen Teil des Sonderwaldreservats Amden (Abb. 1). Dieses wurde im Jahr 2006 gegründet, ist 17,7 km<sup>2</sup> gross und weist eine grosse topographische und orographische Vielfalt auf. Das Reservat umspannt die grossen zusammenhängenden Wälder auf beiden Seiten der Wasserscheide der Linth im Süden und der

Thur im Norden. 55 % des Reservats sind bewaldet, 267 ha sind Hoch- und Flachmoore von nationaler Bedeutung (Ehrbar 2006). Dauer- und Mähweiden, alpine Grasfluren und Felsgebiete bilden die übrigen Landschaftseinheiten. Von der subalpinen Zone, mit dem Fliegenspitz auf 1703 m ü.M. als höchstem Punkt, erstreckt sich das Gebiet bis in die untermontane Stufe. Die grösste Flächeneinheit bildet die obermontane Stufe mit den für das Auerhuhn wichtigen Tannen-Fichtenwäldern.

Graf (2005) und Graf et al. (2006) zeigten in ihren Untersuchungen, dass die gesamte Fläche des Waldreservats ein hohes landschaftökologisches Potential als Lebensraum für das Auer-

huhn hat. Doch ist längst nicht der gesamte Reservatsperimeter vom Auerhuhn besiedelt. Dennoch bildet die Population rund um die Vorder und Hinter Höhi eines der grössten Lokalvorkommen in der Nordostschweiz und die grösste Teilpopulation im Kanton St. Gallen (Bollmann 2006). Im Jahr 2003 schätzten Debrunner et al. (2005) den Bestand für das gesamte Waldreservat auf 20–30 Auerhühner. Die zentrale Lage dieser Population ist zudem von ausserordentlicher Bedeutung für den Austausch von Individuen mit benachbarten Populationen in den nordöstlichen Voralpen (Bollmann 2006).

## 1.2. Datenerhebung

Die Datenerhebung fand zwischen dem 15. April und dem 15. Mai 2006 statt. Die gleichzeitig durchgeführte Erfassung der Verbreitung und Lebensraumnutzung des Auerhuhns im ganzen Sonderwaldreservat Amden durch die Eidg. Forschungsanstalt WSL und die Schweizerische Vogelwarte war methodisch mit dieser Untersuchung koordiniert und bildete die Grundlage für die Lokalisierung der Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume.

Der Gefährdungsstatus des Auerhuhns erfordert ein schonendes Vorgehen während der Feldarbeit. Die Daten dieser Untersuchung wurden über eine flächendeckende Spurentaxation und die Suche nach indirekten Arthinweisen erhoben. Zusätzlich haben wir Sichtbeobachtungen als direkte Nachweise notiert. Die Form und Grösse der Walzenlosung ermöglicht es, das Geschlecht zu bestimmen. Über die Anzahl der Walzen kann zudem die Aufenthaltsdauer eines Auerhuhns an einem Fundort geschätzt werden. Pro Stunde werden nämlich zwischen fünf und sechs Walzen ausgeschieden (Klaus et al. 1989).

Für die räumlich standardisierte Erfassung der Auerhühner legten wir ein virtuelles Raster über eine digitale Version der Landeskarte im Masstab 1 : 25000. Das Untersuchungsgebiet dieser Studie umfasste 332 Rasterquadrate mit einer Fläche von 125 × 125 m. In jedem Rasterquadrat wurden die vom Auerhuhn bevorzugten Strukturelemente selektiv aufgesucht und nach indirekten Nachweisen abgesucht. In vor-

gängigen Studien (z.B. Bollmann et al. 2005) und Methodentests haben Mollet & Bollmann (2006) eine Liste dieser obligatorischen Strukturelemente erarbeitet. Abgesucht wurden:

- alle Kretenlagen, Kuppen, Plateaus und konvexen Geländekanten;
- äussere und innere Waldränder;
- die Böden unter allen Bergföhren *Pinus mugo*, Waldföhren und Weisstannen;
- Flächen um und unter tiefastigen Fichten bzw. Fichtenrotten sowie Vogelbeersträuchern und -bäumen;
- exponierte Baumstrünke;
- liegende Wurzelteller und ihre Umgebung;
- die Stammbasis von dickstämmigen Bäumen an aperen Hangkanten;
- offene schneebedeckte Flugschneisen (für Trittsiegel an Landestellen);
- der Bereich der frisch treibenden Heidelbeersträucher *Vaccinium myrtillus* und des Scheidigen Wollgrases *Eriophorum vaginatum* während der Ausaperung.

Die Spurentaxation in einem Rasterquadrat wurde so lange fortgesetzt, bis Nachweise von beiden Geschlechtern gefunden oder bis alle Strukturelemente aufgesucht waren. Wir erfassten die Fundorte digital in einem Handcomputer und markierten die von Auerhühnern genutzten Bäume (nachfolgend Auerhuhnbäume genannt) am Stamm. Dabei unterschieden wir Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume. Zusätzlich hielten wir auch Auerhuhnbäume fest, die beim Verlassen des Rasterquadrates gefunden wurden, nachdem bereits Hinweise auf beide Geschlechter vorhanden waren. Anhand von Menge, Verteilung und Typ der Winterlosung unter den Auerhuhnbäumen ist es möglich, die erwähnte Klassierung der drei Baumtypen vorzunehmen (Thiel et al. 2007):

*Schlafbaum:* Die Losung unter Schlafbäumen hat die Form von ganzen Walzen und ist geklumpt verteilt. Zusätzlich weist eine Fundstelle unter einem Schlafbaum eine bräunliche, klecks- bis fadenförmige und zähflüssige Blinddarmlosung auf, die von den Auerhühnern in den frühen Morgenstunden ausgeschieden wird.

*Ruhebaum:* Ein Ruhebaum zeichnet sich durch kleine Häufchen von mindestens 12 bis 15 ganzen Losungswalzen aus, die auf eine

**Tab. 1.** Variablen mit Datentyp und Ausprägung gruppiert nach vier Themen (kursiv) zur Beschreibung von Schlaf-, Ruhe-, Äsungs- und Zufallsbäumen sowie des umgebenden Waldbestands in den Probeflächen (25 m × 25 m). Zudem ist vermerkt, welche Variablen für das Logistische Regressionsmodell (LRM) verwendet wurden. – *List of variables, data type and definition that were used to characterise trees that were used by Capercaillie for roosting, feeding and resting and to assess forest stand characteristics of study plots (25 m × 25 m) around these trees. Variables marked with «ja» were used for the logistic regression model.*

| Variablen   | Datentyp   | Ausprägung   | Variable LRM |
|---|------------|--|--------------|
| <i>Standortvariablen (Probefläche 25 m × 25 m)</i>              |            |  |              |
| Hangneigung   | kategorial | 1: 0–5°, 2: 6–15°, 3: 16–30°, 4: 31–45°, 5: >45°   |              |
| Exposition  | kategorial | 0° N-Hang, 45° NE-Hang, 90° E-Hang, 135° SE-Hang, 180° S-Hang, 225° SW-Hang, 270° W-Hang, 315° NW-Hang   |              |
| Geländeform   | kategorial | 1: ebene Fläche, 2: Kuppe, Oberhang, 3: Mittelhang, 4: Hangfuss, Mulde   |              |
| <i>Baumstrukturvariablen (Probefläche 25 m × 25 m)</i>          |            |  |              |
| Baumart   | kategorial | 1: Weisstanne <i>Abies alba</i> , 2: Fichte <i>Picea abies</i> , 3: Vogelbeere <i>Sorbus aucuparia</i> , 4: Buche <i>Fagus sylvatica</i>             | ja           |
| Baumtyp   | kategorial | 1: kahl ohne Wipfel, 2: gesund mit kahlen Ästen im Wipfel, 3: gesund ohne Wipfel, 4: gesund mit kahlen Ästen in Stammnähe, 5: tiefbeastet, 6: gesund |              |
| Baumhöhe  | metrisch   | in Meter   | ja           |
| Sitzasthöhe   | metrisch   | in Meter   |              |
| Baumhöhe Klassen  | kategorial | 1: 5–9 m, 2: 10–14 m, 3: 14–19 m, 4: 20–24 m, 5: 25–29 m, 6: 30–35 m   |              |
| Anzahl Flugschneisen  | kategorial | 1 bis 8, aufgeteilt nach Exposition  | ja           |
| Astdichte unteres Drittel                                       | kategorial | 1: dicht, 2: lückig, 3: astfrei  |              |
| Astdichte mittleres Drittel                                     | kategorial | 1: dicht, 2: lückig, 3: astfrei  |              |
| Astdichte oberes Drittel  | kategorial | 1: dicht, 2: lückig, 3: astfrei  |              |
| <i>Waldbestandsvariablen (Probefläche 25 m × 25 m)</i>          |            |  |              |
| Stufigkeit  | kategorial | 1: einschichtig, 2: mehrschichtig, 3: stufig   |              |
| Schlussgrad   | kategorial | 1: gedrängt, 2: locker, 3: räumig, 4: aufgelöst, 5: gruppiert  |              |
| Baumschicht Deckungsgrad  | metrisch   | in Prozent der von Kronen überdeckten Fläche   | ja           |
| Anzahl Lichtungen   | metrisch   | Mindestfläche pro Lichtung 1a, muss nicht vollständig in der Probefläche sein  | ja           |
| Schneisen hangabwärts   | metrisch   | min. 3,5 m breit, min. doppelt so lang wie breit, Mindestfläche 1 a  |              |
| Schneisen hangparallel  | metrisch   | min. 3,5 m breit, min. doppelt so lang wie breit, Mindestfläche 1 a  |              |
| Schneisen hangaufwärts  | metrisch   | min. 3,5 m breit, min. doppelt so lang wie breit, Mindestfläche 1 a  |              |
| Baumstammzahl   | metrisch   | Baum >5 m hoch   | ja           |
| Anzahl Laubbäume  | metrisch   | Anzahl Stämme in Probefläche   |              |
| Anzahl Vogelbeeren  | metrisch   | Anzahl Stämme in Probefläche   |              |
| Anzahl Weisstannen  | metrisch   | Anzahl Stämme in Probefläche   |              |
| Anzahl Fichten  | metrisch   | Anzahl Stämme in Probefläche   |              |
| <i>Grenzlilien-bildende Variablen (Probefläche 25 m × 25 m)</i> |            |  |              |
| Anzahl liegendes Totholz  | metrisch   | Durchmesser min. 0,5 m, min. 2 m lang  |              |
| Liegendes Totholz total (m)                                     | metrisch   | Durchmesser min. 0,5 m, min. 2 m lang  | ja           |
| Anzahl Rottenstrukturen   | metrisch   | Höhe min. 1 m, min. 2 m lang   |              |
| Rottenstrukturen total (m)                                      | metrisch   | Höhe min. 1 m, min. 2 m lang   | ja           |
| Anzahl tiefbeastete Bäume                                       | metrisch   | Durchmesser min. 1 m, min. 2 m lang  |              |
| Tiefbeastete Bäume total (m)                                    | metrisch   | Durchmesser min. 1 m, min. 2 m lang  | ja           |
| Anzahl Wurzelteller   | metrisch   | Höhe min. 1 m, min. 2 m lang   |              |
| Wurzelteller total (m)  | metrisch   | Höhe min. 1 m, min. 2 m lang   | ja           |

Verweildauer des Tieres von mindestens 2 h hinweisen. Ruhebäume sind meistens Fichten und haben tief ausladende Äste bis an den Boden bzw. an die obere Schneedecke.

*Äsungsbaum:* Unter Äsungsbäumen sind wenige ganze, aber zahlreiche 2–5 mm lange Stücke der Losungswalzen zu finden. Die Losungsstücke sind meist regelmässig unter der Baumkrone, in zuweilen beträchtlicher Distanz zum Stamm des Äsungsbaums verteilt.

Die Eigenschaften der markierten Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume wurden zwischen dem 7. und dem 13. Mai 2006 protokolliert. Um eine räumliche Klumpung der Daten zu vermeiden, haben wir pro Rasterquadrat nur ein Exemplar pro Baumtyp protokolliert. Für jeden Auerhuhnbaum erfassten wir einen vom Auerhuhn nicht genutzten Baum (Zufallsbaum)

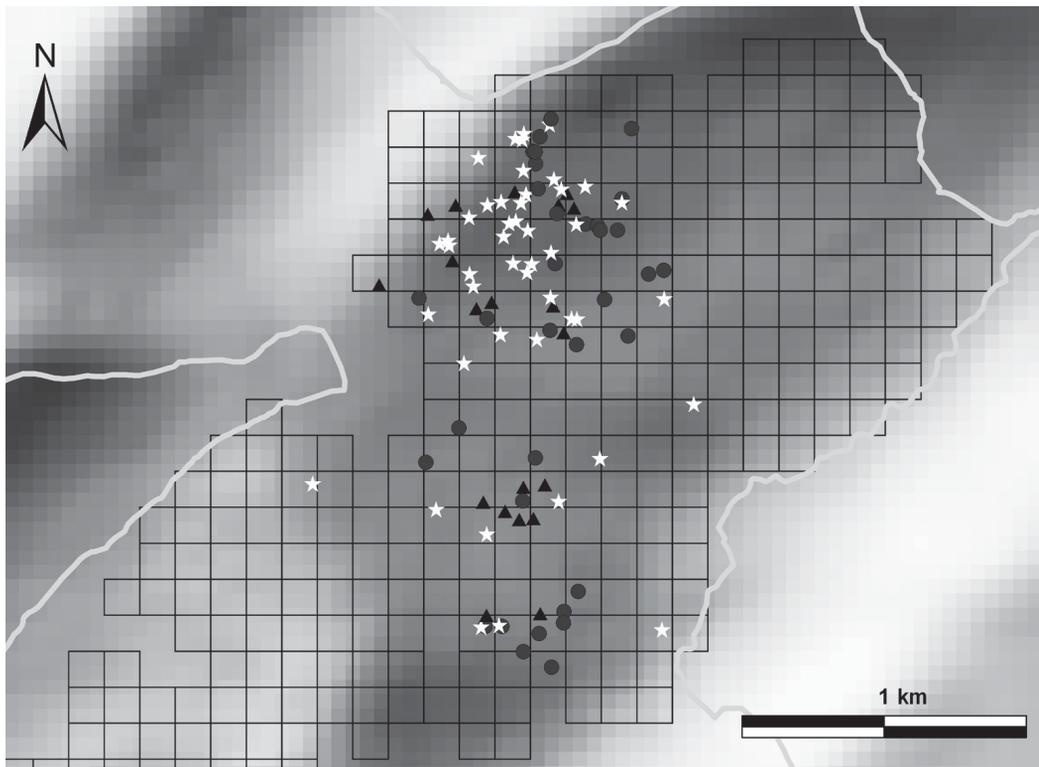
in einer Distanz von 50 m in einer zufällig ausgewählten Richtung vom Auerhuhnbaum.

### 1.3. Habitatvariablen

Wir haben 32 Variablen zur Beschreibung und Klassierung der Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume sowie des umgebenden Waldbestands gewählt. Die Variablen wurden in vier thematische Gruppen eingeteilt (Tab. 1). Variablen, die den Waldbestand und den Typ und die Anzahl der Grenzlinienelemente beschreiben, wurden in Probeflächen der Grösse 25 m × 25 m erfasst.

### 1.4. Auswertung

Die Analyse der Auerhuhn- und Zufallsbäume haben wir mit einer logistischen Regression,



**Abb. 2.** Ausschnitt des Untersuchungsgebiets (gerastert) mit der Verteilung der Schlafbäume (Punkte), Ruhebäume (Dreiecke) und Äsungsbäume (Sterne). Angegeben sind die einzelnen Raster und die Grenze des Waldreservates Amden. – Map of the central part of the study area (grids) and the distribution of individual trees that were used by Capercaillie for roosting (points), feeding (asterisks) and resting (triangles). The border of the forest reserve Amden is indicated.

**Tab. 2.** Resultate der schrittweisen logistischen Regression mit der Prozedur «rückwärts» nach dem 9. Schritt mit Likelihood-Ratio-Test.  $\beta$  = Regressionskoeffizient, S.E. = Standardfehler von  $\beta$ , p = Signifikanz. – *Results of the logistic regression model after 9 steps with the procedure «backward stepwise (likelihood ratio)».*  $\beta$  = coefficient of regression, S.E. = standard error of  $\beta$ , p = statistical significance.

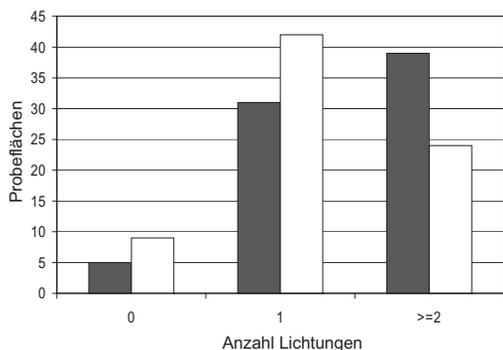
| Variable                            | $\beta$ | S.E.  | Wald Teststatistik | p      |
|-------------------------------------|---------|-------|--------------------|--------|
| Baumart                             | -1,495  | 0,416 | 12,900             | <0,001 |
| Baumhöhe                            | 0,341   | 0,190 | 3,216              | 0,073  |
| Anzahl Lichtungen                   | 1,341   | 0,448 | 8,965              | 0,003  |
| Anzahl Baumstämme <sup>2</sup>      | 0,000   | 0,000 | 2,760              | 0,097  |
| Grenzl意思                            | 0,072   | 0,043 | 2,741              | 0,098  |
| Anzahl Flugschneisen × Deckungsgrad | 0,023   | 0,005 | 22,680             | <0,000 |
| Anzahl Lichtungen × Deckungsgrad    | -0,016  | 0,010 | 2,795              | 0,095  |
| Konstante                           | -2,201  | 1,102 | 4,018              | 0,045  |

einem Spezialfall eines generalisierten linearen Modells (GLM), durchgeführt (Menard 2001). Die abhängige Variable Baum hat die binäre Ausprägung 0 (= Zufallsbaum) oder 1 (= Auerhuhnbaum). Für alle unabhängigen Variablen untersuchten wir die paarweisen Korrelationskoeffizienten  $r_s$  und die Verteilungsfunktion bezüglich der abhängigen Variablen. Bei Variablen mit einer paarweisen Korrelation von  $r_s > 0,7$  wurde jene Variable gewählt, die einen grösseren ökologischen Erklärungswert besitzt (Fielding & Haworth 1995). Standortvariablen wurden für die logistische Regression nicht verwendet. Bei Variablen mit einer unimodalen Beziehung zur abhängigen Variablen wurde auch der quadratische Wert in der Analyse berücksichtigt (Guisan & Zimmermann 2000). Um ein möglichst einfaches Modell zu entwickeln, haben wir im Modell nur die Interaktionen zwischen der Anzahl der Lichtungen und Flugschneisen mit dem Baumdeckungsgrad der Umgebung getestet.

Das logistische Regressionsmodell wurde mit der Software SPSS 11.0.1 mit der Prozedur «rückwärts, schrittweise» berechnet. Bei dieser Methode werden zuerst alle erklärenden Variablen ins Modell aufgenommen und dann schrittweise jene Variablen eliminiert, die den geringsten Beitrag zur Erklärung der Varianz im Datensatz beitragen. Alle im Modell bleibenden Variablen weisen ein p von <0,1 auf oder bilden einen Teil eines signifikanten Interaktionseffektes. Für die Bewertung der Vorhersage des logistischen Regressionsmodells

dokumentieren wir verschiedene Gütekriterien.  $R^2$  nach Nagelkerke ( $R^2_N$ ; Nagelkerke 1991) ist ein Mass für die erklärte Varianz im Modell. Cohens Kappa basiert auf dem Doppelverhältnis (odds ratio) von Beobachtung und Prognose und erlaubt eine Einschätzung, ob das Modell besser als der Zufall diskriminiert (Monserud & Leemans 1992, Fielding & Bell 1997). Ab 0,4 spricht man von deutlicher, ab 0,6 von starker Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Prognose (Boyce et al. 2002). Zudem dokumentieren wir die Fläche unter der «receiver operating characteristics» ROC-Funktion (Deleo 1993), AUC genannt. Der Datenbereich der AUC beträgt 0,5 bis 1. Ein Wert von 0,5 bedeutet, dass sich die Prognosewerte des Modells für die zwei Gruppen (Auerhuhnbaume, Zufallsbaume) nicht unterscheiden. Ein Wert von 1 bedeutet keine Überlappung der zwei Gruppen. Für einen Wert von 0,85 erreicht beispielsweise eine zufällige Stichprobe der einen Gruppe in 85 % der Fälle einen grösseren Wert als eine zufällige Stichprobe der negativen Gruppe.

Zusätzlich haben wir einzelne univariate Analysen durchgeführt und nichtparametrische Tests angewendet. So haben wir für Schlaf- und Äsungsbäume den Sichtschutz gegenüber überfliegenden Greifvögeln anhand der Astdichte der oberen Baumkrone getestet und für Ruhebäume das Angebot an bodennahen Grenzl意思 bzw. Versteckmöglichkeiten sowie die Häufigkeit von Flugschneisen im umgebenden Waldbestand untersucht.



**Abb. 3.** Anzahl Lichtungen innerhalb der Probeflächen von Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäumen (schwarz,  $n = 75$ ) und Zufallsbäumen (weiss,  $n = 75$ ). – Number of aisles in plots with trees used by *Capercaillie* (black,  $n = 75$ ) and matched control trees (white,  $n = 75$ ).

## 2. Ergebnisse

### 2.1. Verteilung der genutzten Bäume

Wir haben 97 Auerhuhn bäume und gleich viele Zufallsbäume erfasst (Abb. 2). Die genutzten Bäume waren unregelmässig über das Untersuchungsgebiet verteilt. Eine Häufung gab es in drei Gebieten, allesamt in Kuppen- und Krettenlagen und den angrenzenden Hängen mit S–SE–E-Exposition. Diese Verteilung deckt sich mit dem Total an Auerhuhnnachweisen in den Rasterquadraten der Winterlebensraumanalyse von Imhof (2007). Alle Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume befanden sich in den von Nadelbäumen dominierten Waldtypen zwischen 1250 und 1550 m ü.M.

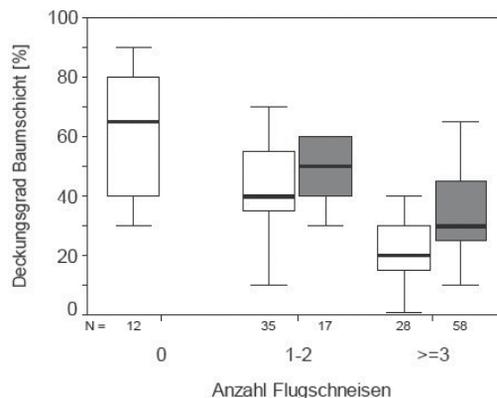
### 2.2. Analyse der Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume

Zwei der zehn berücksichtigten Variablen sowie eine Interaktion lieferten einen signifikanten Beitrag zum logistischen Regressionsmodell (Tab. 2): die Baumart, die Anzahl der Lichtungen sowie die Interaktion zwischen der Anzahl Flugschneisen und dem Deckungsgrad. Insgesamt wurden vom Modell 81 % der Beobachtungen im Untersuchungsgebiet richtig zugeordnet. Davon entfallen 83 % auf die Auerhuhn bäume und 77 % auf die Zufallsbäume.

Die Werte für  $R^2_N$ , Kappa und AUC betragen 0,489 und 0,627 respektive 0,860.

Neben der Baumart ist ein überdurchschnittliches Angebot an Öffnungen im Waldbestand ein entscheidendes Kriterium für die selektive Nutzung von Einzelbäumen durch das Auerhuhn. Einerseits werden Bäume, die von mehr als zwei Lichtungen umgeben sind, signifikant häufiger von Auerhühnern genutzt als zufällig ausgewählte Bäume in der Umgebung (Abb. 3; U-Test:  $Z = -2,493$ ,  $n = 150$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,013$ ). Andererseits scheint ein Ausgleich zwischen der Anzahl der Flugschneisen um einen Auerhuhnbaum, also der Befliegbarkeit der direkten Baumumgebung, und dem Deckungsgrad der bestockten Fläche um einen Auerhuhnbaum zu bestehen (Abb. 4). So wiesen nämlich Waldbestände um Auerhuhn bäume mindestens eine Flugschneise auf, der Deckungsgrad der Baumschicht ist aber bei der Klasse der Bäume mit einer oder zwei Flugschneisen nur ansatzweise (ANOVA:  $F_{1,51} = 1,365$ ,  $p = 0,248$ ) und bei der Klasse der Bäume mit 3 oder mehr Flugschneisen signifikant grösser (ANOVA:  $F_{1,84} = 13,272$ ,  $p < 0,001$ ) als bei Zufallsbäumen mit einer vergleichbaren Anzahl Flugschneisen.

In den Probeflächen aller Auerhuhn- und Zufallsbäume konnten wir folgende Baumarten



**Abb. 4.** Beziehung zwischen der Anzahl Flugschneisen und dem Deckungsgrad der Baumschicht in den Probeflächen um einen Auerhuhnbaum (schwarz) bzw. Zufallsbaum (weiss). – Relation of the number of flightlanes to the proportion of canopy cover in the study plots around used *Capercaillie* trees (black) and matched control trees (white), respectively.

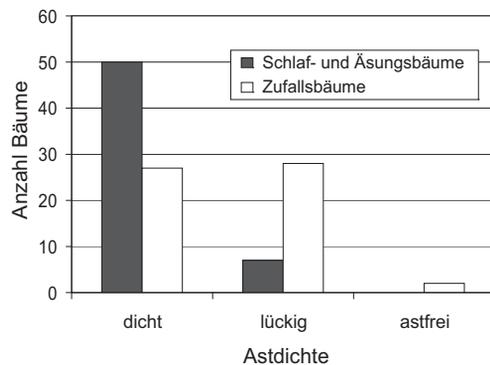
**Tab. 3.** Verteilung der drei Auerhuhnbaumtypen Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbaum auf die vier Baumarten Weisstanne, Fichte, Vogelbeere und Buche. Die Tabelle zeigt alle vom Auerhuhn besetzten Bäume, die für die statistische Auswertung verwendet wurden. – *Numbers and ratio of silver fir Abies alba, Norway spruce Picea abies, rowanberry Sorbus aucuparia and beech Fagus sylvatica that were used by Capercaillie for roosting, resting and feeding.*

| Nutzung    | Weisstanne |      | Fichte |      | Vogelbeere |     | Buche |      | Total Nutzung |
|------------|------------|------|--------|------|------------|-----|-------|------|---------------|
|            | Anz.       | %    | Anz.   | %    | Anz.       | %   | Anz.  | %    |               |
| Schlafbaum | 7          | 35,0 | 9      | 45,0 | 1          | 5,0 | 3     | 15,0 | 20            |
| Ruhebaum   | 1          | 5,6  | 17     | 94,4 |            |     |       |      | 18            |
| Äsungsbaum | 28         | 75,6 | 9      | 24,4 |            |     |       |      | 37            |
| Total      | 36         | 48,0 | 35     | 46,6 | 1          | 1,4 | 3     | 4,0  | 75            |

feststellen: Buche, Fichte, Vogelbeere, Weisstanne und weitere Laubbäume (total 3871 Stämme). Dabei ist die Fichte mit 75 % die häufigste Art in den Probestellen, gefolgt von der Weisstanne (13 %), Laubbäumen (11 %) und der Vogelbeere (1 %). Auerhühner nutzten in Amden ausschliesslich Weisstanne, Fichte, Vogelbeere und Buche (Tab. 3). Obwohl die Weisstanne nur 13 % des Baumbestands im Untersuchungsgebiet ausmacht, sind drei von vier Äsungsbaumen Weisstannen. Die Fichte wird vielfältig genutzt und hat eine dominante

Funktion als Ruhebaum. Die beiden Laubholzarten wurden nur als Schlafbäume verwendet.

Weil die drei Typen von Auerhuhnbaumen verschiedene Funktionen im Winterlebensraum des Auerhuhns haben, haben wir für die Schlaf- und Äsungsbaume zusätzlich den Sichtschutz der Baumkrone im oberen Drittel gegenüber Greifvögeln und für die Ruhebaume das Angebot an Fluchtmöglichkeiten und Grenzlinien mit Deckungsstrukturen getestet. Die genutzten Schlaf- und Äsungsbaume ermöglichten den Auerhühnern generell eine bessere Deckung durch dichte Äste im oberen Baumdrittel als dies bei Zufallsbaumen der Fall war (U-Test:  $Z = -4,611$ ,  $n = 114$ ,  $p < 0,001$ , Abb. 5). Weiter wiesen Probestellen um Ruhebaume mit durchschnittlich 7,3 m ein dreimal grösseres Angebot an Grenzlinien mit Deckungsstrukturen auf als die Umgebung von Zufallsbaumen (2,5 m; ANOVA:  $F_{1,34} = 12,574$ ,  $p < 0,001$ ). Zudem befanden sich um Ruhebaume häufig vier bis sechs potentielle Fluchtmöglichkeiten, während wir um Zufallsbaume tendenziell weniger Flugschnitten nachwiesen (Abb. 6).

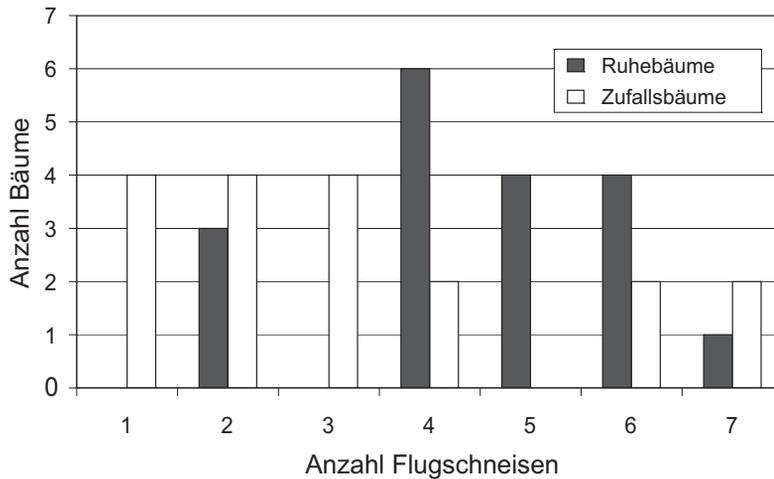


**Abb. 5.** Astdichte bei Schlaf- und Äsungsbaumen ( $n = 57$ ) im Vergleich mit den Zufallsbaumen ( $n = 57$ ). Die drei Kategorien dicht, lückig und astfrei beschreiben die Astdichte im oberen Drittel eines Baumes. – *Comparison of the numbers of trees used for roosting and foraging ( $n = 57$ ) compared with matched random trees ( $n = 57$ ) for the tree categories dense, gappy and branch-free. The categories describe the density of branches at the upper third of a tree.*

### 3. Diskussion

#### 3.1. Verteilung und Häufigkeit

Die Auerhuhnbaume im Untersuchungsgebiet sind geklumpt verteilt und konzentrieren sich auf die oberen, von Nadelbaumen dominierten Lagen. Mehr als die Hälfte aller Auerhuhnbaume lokalisierten wir in östlich exponierten Hängen. Wir vermuten, dass dort über Nacht



**Abb. 6.** Anzahl Flugschneisen um genutzte Ruhebäume ( $n = 19$ ) im Vergleich mit Zufallsbäumen ( $n = 19$ ). – *Number of flight lanes around resting trees ( $n = 19$ ) compared with matched random trees ( $n = 19$ ).*

aufgebaumte Auerhühner in den frühen Morgenstunden von den direkten Sonnenstrahlen profitieren können. An westlich exponierten Hängen waren nämlich keine genutzten Bäume zu finden. Insgesamt konnten wir aber wie Eiberle (1976) und Suchant (2002) keine Selektion einer bestimmten Exposition feststellen.

### 3.2. Typische Eigenschaften von Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäumen

Die Auerhühner bevorzugten im Untersuchungsgebiet Weisstannen und Fichten als Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume. Die Vogelbeere kommt natürlicherweise im Gebiet nur vereinzelt vor und wird wie die Buche im Winter manchmal als Schlafbaum genutzt. Auch Storch (1993) stellte in den Bayerischen Alpen fest, dass die Weisstanne und die Fichte wichtige Elemente im Winterlebensraum des Auerhuhns sind. Imhof (2007) ermittelte in seiner Untersuchung zur Habitatnutzung des Auerhuhns im Waldreservat Amden ebenfalls einen höheren Weisstannenanteil in Präsenz- als in nicht genutzten Flächen.

Die Auerhühner wählten in unserem Untersuchungsgebiet Fichten und Weisstannen mit einer dichten Bestattung im oberen Kronenbereich. Starke, ausladende Äste in der Baummitte sind ein weiteres Merkmal der beiden Nadelbaumarten, sie erlauben durch Ast-

schwingungen ein frühzeitiges Erkennen von anschleichenden Stein- und Baumardern. Die Fichte und Weisstanne bieten den Auerhühnern auch einen guten Schutz vor Prädatoren aus der Luft und begünstigen einen minimalen Energieverbrauch, indem für die Nahrungsaufnahme auf Flüge verzichtet werden kann. Thiel et al. (2007) zeigten, dass dies die bestimmenden Faktoren in der Wahl von Schlafbäumen sind. Wir konnten keine bevorzugte Höhe der Sitzäste bei Schlaf- und Äsungsbäumen feststellen. Boock (1998) dagegen ermittelte im Thüringer Schiefergebirge bei 426 untersuchten Schlafbäumen eine Baumhöhe von durchschnittlich 17,3 m für Hähne und 18,1 m für Hennen, zudem hielten sich die Auerhühner im unteren Bereich der Krone in einer Sitzasthöhe von im Mittel 10,6 m auf.

Die Fichte hat eine wichtige Funktion als Ruhebaum im Lebensraum des Auerhuhns. Mit tief liegenden Astkränzen bilden die Fichten ein schirmartiges Deckungselement im Bodenbereich. Die dichte immergrüne Benadelung bietet den Auerhühnern während Ruheperioden guten Sichtschutz vor Füchsen, die vorwiegend am Boden ihre Nahrung suchen. Unter den herabhängenden Ästen kann vor Schnee und Wind geschützt Nahrung in Form von Nadeln aufgenommen werden. Auch Scherzinger (1974) und Bollmann et al. (2005) zeigten im Schwarzwald resp. in den Zentralalpen, dass

tiefbeastete Fichten gerne vom Auerhuhn genutzt werden.

### 3.3. Waldstruktur in den Probeflächen von Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäumen

Verschiedene Untersuchungen wiesen nach, dass die Waldstruktur ein Hauptfaktor für die Habitatwahl des Auerhuhns ist (Storch 1993, Schroth 1994, Bollmann et al. 2005, 2008). Thiel et al. (2007) zeigten, dass Nadelholzbestände im Winter reichlich Nahrung bieten und vor tiefen Temperaturen und Prädatoren schützen. Im Waldreservat Amden gehören Weisstanne und Fichte zu den bestandsbildenden Baumarten, wobei Lichtungen und Schneisen wichtige begleitende Elemente im Auerhuhnlebensraum sind. Auerhühner nutzen sie als Start- und Landemöglichkeiten, und sie ermöglichen es dem Vogel bei auftretender Gefahr zu flüchten. Wir konnten das Resultat von Thiel et al. (2007) bestätigen, dass Auerhühner Bäume mit zwei oder mehr Öffnungen im umgebenden Waldbestand häufiger als erwartet nutzen. Jedoch werden zu viele Lichtungen und Schneisen um die Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume gemieden, denn sie erhöhen die Gefährdung durch Greifvögel. Lichtungen und Schneisen haben einen weiteren Vorteil. Sie lockern den Waldbestand auf, womit mehr Licht für eine auerhuhnfreundliche Beerkrutschicht auf den Boden dringt. Diese Erkenntnisse decken sich auch mit jenen von Eiberle (1976), Klaus et al. (1989), Gjerde (1991) und Imhof (2007), welche nachgewiesen haben, dass Schneisen ein wichtiges Element im Auerhuhnlebensraum sind.

Strukturelemente und Grenzlinien werden oft als Schlüsselemente in der Habitatwahl des Auerhuhns genannt (Klaus et al. 1989, Bollmann et al. 2005). Grenzlinien werden als Übergangsbereiche zwischen verschiedenen Altersklassen, Altholz oder Verjüngung definiert (Klaus et al. 1989). Wir untersuchten vor allem bodennahe, Grenzlinien-bildende Strukturelemente mit Deckungscharakter, darunter liegendes Totholz, tiefbeastete Bäume, Rottenstrukturen und Wurzelteller. Diese Elemente sind besonders im Spätwinter bei zunehmender Bodenaktivität der Auerhühner und vor dem

Austreiben der Bodenvegetation wichtig. Auerhühner suchen gerne Ruhebäume auf, die von schützenden Grenzlinienelementen umgeben sind. Diese ermöglichen den äsenden Hühnern bei auftretender Gefahr, versteckt zu flüchten. Zudem fanden wir zahlreiche Ruheplätze in den Fichtenrotten auf den beiden grossen Lothar-Windwurfllächen im Gebiet Vorem Platt. An den äusseren Rändern dieser Flächen stehen oft robuste, ältere Weisstannen, die als Äsungsbäume genutzt werden. Die Auerhähne nutzten die Verstecke in den benachbarten Rotten des Fichtenjungwuchses in den Windwurfllächen.

### 3.4. Folgerungen für das Waldreservat

Die waldbaulichen Ziele, wie sie im Massnahmenplan des Berichtes zum Sonderwaldreservat Amden (Ehrbar 2006) erwähnt sind, enthalten bereits zahlreiche Empfehlungen zur Erhaltung und Förderung der lokalen Auerhuhnpopulation und ihres Lebensraums. Die vorliegende Untersuchung liefert zusätzliche spezifische Empfehlungen zur Förderung von wichtigen Einzelementen wie Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäumen:

- einzelne Altbäume, die als Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume genutzt werden, möglichst lange erhalten;
- Weisstannen fördern; dabei besonders alte Bäume und solche am Rande von Windwurfllächen erhalten;
- alte Fichten und Weisstannen, die eine dichte Bestattung im oberen und kahle Äste im mittleren Kronenbereich aufweisen, schonen;
- tiefbeastete Fichten, die oft als Ruhebäume genutzt werden, in genügender Zahl stehen lassen und fördern;
- Buche als Schlaf- und Balzbaum auf buchenfähigen Standorten zumindest als Beimischung erhalten;
- lockere bis lückige Strukturen, die genügend Lichtungen und Flugschneisen bieten, anstreben;
- Verhinderung bzw. Lenkung von menschlichen Störungen in und um Zonen mit räumlicher Konzentration von Auerhuhnbäumen.

**Dank.** Ein herzlicher Dank gebührt Stefan Imhof und Pierre Mollet für die Mitarbeit bei den Feldaufnahmen. Dominik Thiel gab uns zahlreiche Hinweise zur Charakterisierung der Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume. Klaus Robin danken wir für die unkomplizierte Zusammenarbeit und Betreuung dieser Semesterarbeit an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften. Lukas Mathys erstellte die LiDAR-Karte mit Daten der WSL. Rolf Ehrbar, Kreisoberförster, stellte uns das forstliche Datenmaterial zum Waldreservat zur Verfügung und die Ortsgemeinde Amden ermöglichte die Feldaufnahmen im Waldreservat.

### Zusammenfassung

Bäume sind die Schlüsselemente im Winterlebensraum des Auerhuhns. Sie bieten Schutz vor Witterung und Prädatoren und sind die wichtigste Nahrungsressource. Denn Auerhühner ernähren sich im Winter ausschliesslich von Koniferennadeln und scheiden am Tag und in der Nacht regelmässig Losung aus. Die Menge, Verteilung und Eigenschaften der Losung an einem Fundort sind ein Indikator für die Nutzung der Bäume durch das Auerhuhn. Es werden Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume unterschieden. Im Spätwinter 2006 untersuchten wir im Sonderwaldreservat Amden in den nordöstlichen Voralpen die Verteilung und die Eigenschaften dieser verschiedenen Typen von Auerhuhnbäumen. Wir erfassten die Baumart und Variablen zu Standort und Baumstruktur sowie Waldbestand und Grenzlinienbildende Deckungselemente in der Umgebung der Bäume. Mit einem logistischen Regressionsmodell verglichen wir je 75 vom Auerhuhn genutzte und zufällig ausgewählte Bäume des Waldreservats. Zudem analysierten wir die Nutzung der einzelnen Baumarten durch das Auerhuhn und vertieften die Betrachtungen für einzelne Variablen, die für das Schutzbedürfnis und das Fluchtverhalten der Art wichtig sind. Die Verteilung der genutzten Bäume war auf drei Kernzonen im Untersuchungsgebiet begrenzt. Baumart, Anzahl Lichtungen und Flugschneisen zusammen mit dem Deckungsgrad gingen als signifikante Variablen aus der Logistischen Regression hervor. Schlaf- und Äsungsbäume zeichneten sich durch eine dichte Beastung im oberen Kronendrittel aus. Dagegen wies die unmittelbare Umgebung von Ruhebäumen im Vergleich mit zufällig ausgewählten Bäumen ein grösseres Angebot an Grenzlinienbildenden Deckungselementen und eine mittlere Anzahl Flugschneisen auf. Auerhühner wählten Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume nicht zufällig aus, sondern nach ihren Nahrungs-, Schutz- und Komfortbedürfnissen. Diese Studie zeigt, dass durch die Erhaltung der bevorzugten Baumarten und -individuen sowie die Förderung der begleitenden Waldstrukturen die Lokalpopulation im Waldreservat Amden unterstützt werden kann. Wichtig sind lückige, strukturreiche Waldbestände mit genügend Lichtungen und Flug-

schneisen sowie einzelnen Altbäumen, Weisstannen und tiefbeasteten Fichten.

### Literatur

- ANDREEV, A. V. & H. LINDÉN (1994): Winter energetics of the capercaillie – a methodological approach. *Ornis Fenn.* 71: 33–42.
- BOLLMANN, K. (2006): Das Auerhuhn: imposant und gefährdet. S. 200–221 in: R. EHRBAR (Hrsg.): Veränderungen als Chance für den Wald. Sophie und Karl Binding Stiftung, Basel.
- BOLLMANN, K., A. FRIEDRICH, B. FRITSCHKE, R. F. GRAF, S. IMHOF & P. WEIBEL (2008): Kleinräumige Habitatnutzung des Auerhuhns *Tetrao urogallus* im Alpenraum. *Ornithol. Beob.* 105: 53–61.
- BOLLMANN, K. & R. F. GRAF (2008): Wie beeinflussen Lebensraumangebot und -fragmentierung die Verbreitung von Lokalpopulationen beim Auerhuhn? *Ornithol. Beob.* 105: 45–52.
- BOLLMANN, K., P. WEIBEL & R. F. GRAF (2005): An analysis of central Alpine capercaillie spring habitat at the forest stand scale. *For. Ecol. Manage.* 215: 307–318.
- BOOCK, W. (1998): Nahrungs- und Schlafbäume des Auerhuhns (*Tetrao urogallus* L.) im Thüringer Schiefergebirge. Ber. Thür. Landesanst. Umwelt, Jena.
- BOYCE, M. S., P. R. VERNIER, S. E. NIELSEN & F. K. A. SCHMIEGELOW (2002): Evaluating resource selection functions. *Ecol. Model.* 157: 281–300.
- DEBRUNNER, R., G. JACOB, K. BOLLMANN & F. GUGERLI (2005): Population size estimation of capercaillies (*Tetrao urogallus*) in the canton of St. Gallen – field estimates validated by genotyping faeces. *Biology '05*, Basel.
- DELEO, J. M. (1993): Receiver operating characteristic laboratory (ROCLAB): software for developing decision strategies that account for uncertainty. S. 318–325 in: First International Symposium on Uncertainty Modelling and Analysis. IEEE, Computer Society Press, College Park.
- EHRBAR, R. (2006): Waldreservat Amden. Sonderwaldreservat zur Förderung des Auerhuhns. Vorstudie und Vorprojekt. Unpubl. Bericht. Kreisforstamt 4, Rieden.
- EIBERLE, K. (1976): Zur Analyse eines Auerwildbiotops im Schweizerischen Mittelland. *Forstwiss. Cent.bl.* 95: 108–124.
- FIELDING, A. H. & J. F. BELL (1997): A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environm. Conserv.* 24: 38–49.
- FIELDING, A. H. & P. F. HAWORTH (1995): Testing the generality of bird-habitat models. *Conserv. Biol.* 9: 1466–1481.
- GJERDE, I. (1991): Cues in winter habitat selection by Capercaillie. 1. Habitat characteristics. *Ornis Scand.* 22: 197–204.
- GJERDE, I. & P. WEGGE (1987): Activity patterns of

- Capercaillie, *Tetrao urogallus*, during winter. *Holarct. Ecol.* 10: 286–293.
- GJERDE, I. & P. WEGGE (1989): Spacing pattern, habitat use and survival of Capercaillie in a fragmented winter habitat. *Ornis Scand.* 20: 219–225.
- GRAF, R. F. (2005): Analysis of capercaillie habitat at the landscape scale using aerial photographs and GIS. PhD thesis Department of Environmental Sciences. Swiss Federal Institute of Technology, Zürich. 143 S.
- GRAF, R. F., K. BOLLMANN, S. SACHOT, W. SUTER & H. BUGMANN (2006): On the generality of habitat distribution models: a case study of capercaillie in three Swiss regions. *Ecography* 29: 319–328.
- GUISAN, A. & N. E. ZIMMERMANN (2000): Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Model.* 135: 147–186.
- IMHOF, S. (2007): Verbreitung und Habitatnutzung des Auerhuhns im Waldreservat Amden. Dipl.arb. Univ. Zürich und Eidg. Forschungsanstalt WSL.
- 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.
- LIESER, M. (1996): Zur Nahrungswahl des Auerhuhns *Tetrao urogallus* im Schwarzwald. *Ornithol. Beob.* 93: 47–58.
- LINDÉN, H. (1984): The role of energy and resin contents in selective feeding of pine needles by the Capercaillie. *Ann. Zool. Fenn.* 21: 435–439.
- MENARD, S. (2001): Applied logistic regression analysis. Sage Publications, London.
- MOLLET, P. & K. BOLLMANN (2006): Erfassung indirekter Auerhuhn-Nachweise mit Rasterkartierung. Unveröff. Bericht. Schweizerische Vogelwarte, Sempach, und Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- MONSERUD, R. A. & R. LEEMANS (1992): Comparing global vegetation maps with the Kappa statistics. *Ecol. Model.* 62: 275–293.
- NAGELKERKE N. J. D (1991): A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika* 78: 691–692.
- SCHERZINGER, W. (1974): Interpretation einer Bestandsaufnahme an Auerhühnern im Nationalpark Bayerischer Wald. *Allg. Forst Z.* 29: 825–828.
- SCHROTH, K.-E. (1994): Zum Lebensraum des Auerhuhns (*Tetrao urogallus* L.) im Nordschwarzwald. *Mitt. Forstl. Vers.-Forsch.anst. Baden-Württ.* 178. 133 S.
- STORCH, I. (1993): Patterns and strategies of winter habitat selection in alpine capercaillie. *Ecography* 16: 351–359.
- STORCH, I., C. SCHWARZMÜLLER & D. VON DEN STEMMEN (1991): The diet of capercaillie in the Alps: a comparison of hens and cocks. S. 630–635 in: IUGB (ed.): Proceedings of the Congress of the International Union of Game Biologists, Gödöllő, Hungary.
- SUCHANT, R. (2002): Die Entwicklung eines mehrdimensionalen Habitatmodells für Auerhuhnareale (*Tetrao urogallus* L.) als Grundlage für die Integration von Diversität in die Waldbaupraxis. Diss. Forstwissenschaftliche Fakultät. Univ. Freiburg, Freiburg.
- THIEL, D., C. UNGER, M. KÉRY & L. JENNI (2007): Selection of night roost in winter by capercaillie *Tetrao urogallus* in Central Europe. *Wildl. Biol.* 13, Suppl. 1: 73–86.