

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 165 (2014)

Heft: 4

Artikel: Waldbauliche Massnahmen für das Auerhuhn im Sonderwaldreservat Amden : ein erstes Fazit

Autor: Bircher, Nicolas / Bugmann, Harald / Bollmann, Kurt

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097566>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Waldbauliche Massnahmen für das Auerhuhn im Sonderwaldreservat Amden: ein erstes Fazit

Nicolas Bircher Eidgenössische Forschungsanstalt WSL und Waldökologie, ETH Zürich (CH)*
Harald Bugmann Waldökologie, ETH Zürich (CH)
Kurt Bollmann Eidgenössische Forschungsanstalt WSL (CH)

Silvicultural habitat restoration measures for the capercaillie in the special forest reserve of Amden: a first review

As a threatened forest grouse species, the capercaillie (*Tetrao urogallus*) depends on conservation actions in core areas of its Alpine distribution. In this study, we looked at the species' response to silvicultural measures in the special forest reserve of Amden in the canton of St. Gallen, Switzerland. Here, silvicultural measures were taken between 2006 and 2009 in stands that had previously been classified as less or not suitable for capercaillie. In summer 2010, we investigated how stands used by the species differed from unused ones by relating indirect evidence of species presence with forest structural and compositional variables. Evidence of species' habitat use was found in 12 out of 33 surveyed stands. Used stands showed a significantly higher share of bilberry in the ground vegetation layer, a higher proportion of coniferous trees and a lower canopy cover. Furthermore, the proportion of suitable habitat in immediate vicinity of the treated forest stand was higher in used stands. Our results support that habitat restoration by logging is a promising method to improve capercaillie habitat, in particular in fir-spruce forests, where the effectivity of restoration measures was higher compared to fir-beech forests. Hence, managing guidance for the future selection of stands for restoration should be based on habitat suitability of the stand itself and on an appropriate habitat quality of adjacent forest stands.

Keywords: capercaillie, habitat restoration, mountain forest, species conservation, Switzerland, *Tetrao urogallus*
doi: 10.3188/szf.2014.0087

* Universitätstrasse 16, CH-8092 Zürich, E-Mail nicolas.bircher@env.ethz.ch

Der Verlust von Lebensraum und Habitatqualität hat dazu geführt, dass die Bestände des Auerhuhns (*Tetrao urogallus*) in vielen Regionen seines angestammten Verbreitungsgebiets in den borealen Nadelwäldern Russlands und Skandinaviens sowie in den montanen und subalpinen Nadelwäldern Mitteleuropas (Klaus et al 1989, Storch 2007) stark abgenommen haben. Als Standvogel mit grossen Streifgebieten kann die Art ihre Ansprüche an Deckung, Schutz und Nahrung am besten in zusammenhängenden, lückig-strukturreichen Waldbeständen mit mittlerem Baumdeckungsgrad und gut ausgebildeter Bodenvegetation mit Heidelbeere befriedigen (Storch 1993, Graf et al 2007, Bollmann et al 2008a). Als Bodenbrüter reagiert das Auerhuhn sehr sensibel auf kühl-nasse Witterung und auf Störungen durch Prädatoren und Menschen während der Brutzeit (Storch 1999).

Grossflächige Aufforstungen im Alpenraum im 19. Jahrhundert und die darauf folgende Bewirtschaftung der relativ jungen Bestände als Hochwälder bei rückläufiger Holznutzung im 20. Jahrhundert haben die Lebensräume des Auerhuhns in den letzten

150 Jahren stark verändert (Bollmann et al 2013). Insbesondere sind die Wälder vorratsreicher und dunkler geworden (Bürgi 1998), und biologisch alte Bestände mit strukturreichen Zerfallsphasen sowie nutzungsbedingt lückige Waldbestände sind rar (Bollmann 2011). Der umfangreiche Bestandsrückgang des Auerhuhns in den letzten Jahrzehnten hat dazu geführt, dass es zu den stark gefährdeten Brutvogelarten gehört (Keller et al 2010). Der geschätzte Adultbestand von rund 1100 Tieren ist in der Schweiz auf fünf Regionalpopulationen verteilt (Mollet et al 2003).

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat auf diese Entwicklung reagiert und für das Auerhuhn als erste wild lebende Tierart im Jahr 2008 einen nationalen Aktionsplan veröffentlicht (Mollet et al 2008). Seither unterstützt das BAFU die Kantone und forstlichen Institutionen, welche sich der Förderung dieser stark gefährdeten Waldvogelart annehmen, im Rahmen der Zielvereinbarungen mit Beiträgen aus dem neuen Finanzausgleich. Ziel des Aktionsplans ist es, den Bestandsrückgang hauptsächlich mittels Lebensraummassnahmen zu stoppen und mittelfristig eine Bestandserholung zu erreichen (Mollet et al

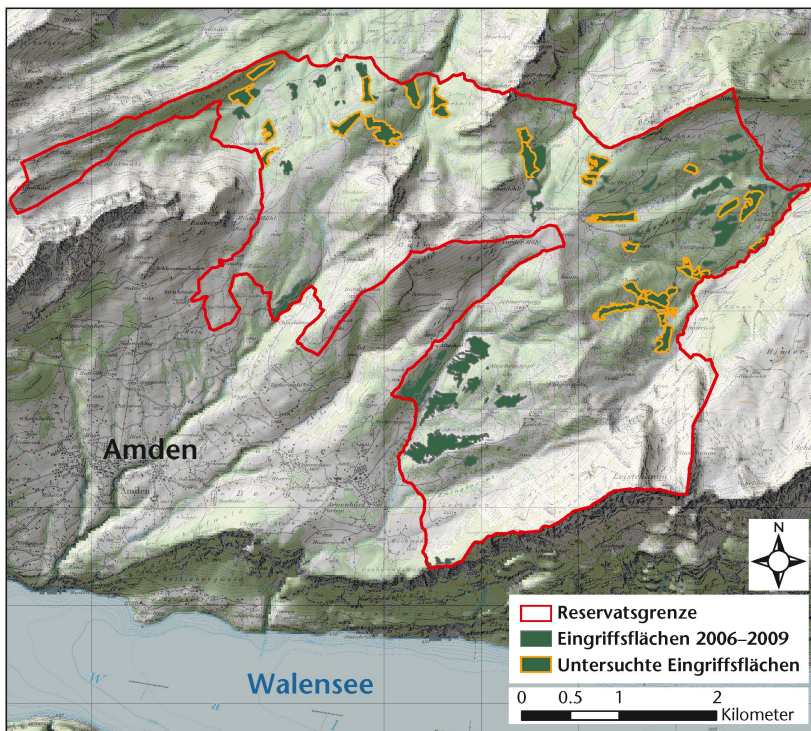


Abb 1 Überblick über das Gebiet mit dem Sonderwaldreservat und den Eingriffsflächen.
 Kartendaten: Digitales Höhenmodell (dhm25) © 2010 Swisstopo, Bestandesdaten (Eingriffsflächen): Kantonsforstamt St. Gallen, Waldregion 4

2008). Förderungsmassnahmen konzentrieren sich insbesondere auf Gebiete, deren Lebensraumpotenzial gut ist und die heute noch von Lokalpopulationen des Auerhuhns besiedelt sind (Förderungsgebiete erster Bedeutung; Stadler et al 2008). Damit soll erreicht werden, dass sich die Auerhuhnbestände in diesen Gebieten erholen und sich in Zeiten mit gutem Fortpflanzungserfolg in benachbarte Gebiete ausbreiten können (Bollmann et al 2008b).

Ein Förderungsgebiet erster Bedeutung sind die Wälder in den Mulden und Hängen zwischen Speer und Leistchamm im Kanton St. Gallen (Abbildung 1). Sie beherbergen eines der bedeutendsten Auerhuhnvorkommen in den nordöstlichen Voralpen (Bollmann 2006) mit zentraler Lage innerhalb des regionalen Populationsverbunds (Kormann et al 2012). Im Jahr 2006 wurde ein grosses Waldgebiet in der Gemeinde Amden als Sonderwaldreservat ausgeschrieben mit dem Hauptziel, den Lebensraum für das Auerhuhn zu erhalten und aufzuwerten (Ehrbar et al 2011; Abbildung 1).

In einem ersten Schritt identifizierte das Regionalforstamt 4 des Kantons St. Gallen den Istzustand und die für eine Lebensraumaufwertung geeigneten Waldbestände. Dazu wurde eine Bestandeskarte der Wälder um Amden erstellt (Ehrbar et al 2011) und jeder Bestand anhand der Methode von Schroth (1994) auf seine Eignung für das Auerhuhn klassiert (Fürer 2001). Diese Methode berücksichtigt in erster Linie die Lebensraumansprüche des Auerhuhns im Sommerhalbjahr. Die Hauptkriterien für die Klassierung sind der Deckungsgrad der Heidelbeere, die

Baumverteilung und der Baumdeckungsgrad. Den Beständen wird dabei ein Wert von 1 (optimal geeignet) bis 5 (ungeeignet) zugewiesen.

Anschliessend legte das Regionalforstamt Anforderungsprofile für die Waldbestände fest. Das Anforderungsprofil definiert den Sollzustand eines Auerhuhnlebensraums und stützt sich dabei auf Lebensraumnutzungsstudien, die im Untersuchungsgebiet und in anderen Gebieten der Alpen durchgeführt worden sind (Imhof 2007, Bollmann et al 2008a, Lanz & Bollmann 2008). Aus dem Vergleich von Ist- und Sollzustand wurden die waldbaulichen Massnahmen, gegliedert nach Behandlungstypen, hergeleitet. Die zwei wichtigsten Behandlungstypen im Sonderwaldreservat Amden sind der obermontane Tannen-Buchenwald mit 39% und der hochmontane Tannen-Fichtenwald mit 43% der Waldfläche (Ehrbar et al 2011). Die Dringlichkeit für Lebensraumaufwertungen wurde anhand der Klassierung nach Schroth (1994) beurteilt, wobei die Einstufungen 4 und 5 (derzeit wenig geeigneter respektive ungeeigneter Lebensraum) priorisiert worden sind. Zwischen 2006 und 2009 sind in 52 Beständen forstliche Eingriffe durchgeführt worden. Diese beinhalteten in erster Linie Lichtungsschläge (43 Flächen), aber auch das Freistellen von Sitz- und Schlafbäumen (Ehrbar et al 2011, Bollmann et al 2013).

Der nationale Aktionsplan setzt eine periodische Überprüfung der Eingriffe voraus (Mollet et al 2008). Eine umfassende Erhebung der Wirkung der in den ersten zehn Jahren im Sonderwaldreservat getroffenen Massnahmen ist für das Jahr 2016 vorgesehen. Dazwischen soll die Entwicklung des Lebensraums auf den Eingriffsflächen alle paar Jahre untersucht und auch überprüft werden, ob das Auerhuhn diesen nutzt (Stadler et al 2008).

Die vorliegende Studie ist die erste Erfolgskontrolle in einem zusammenhängenden Waldgebiet, in welchem über mehrere Jahre Waldbestände mit schlechter Lebensraumqualität (=Eingriffsflächen) für die Zielart Auerhuhn aufgewertet wurden. Wir haben untersucht, welche Eingriffsflächen vom Auerhuhn als Sommerlebensraum genutzt werden und wie sie sich von aufgewerteten, aber ungenutzten Eingriffsflächen bezüglich Standort, Vegetationszusammensetzung und -struktur unterscheiden. Weiter sind wir der Frage nachgegangen, ob sich die bisher angewendeten Selektionskriterien für Eingriffsflächen bewährt haben oder ob Verbesserungspotenzial besteht. Daraus leiten wir Empfehlungen für die Planung und Ausführung zukünftiger Eingriffe ab.

Material und Methoden

Studiengebiet

Das Sonderwaldreservat Amden im Kanton St. Gallen umfasst eine Fläche von 1772 Hektaren,

wovon 55% Wald sind (Ehrbar et al 2011; Abbildung 1). Das Klima ist ozeanisch geprägt. Eine hohe Niederschlagsmenge von durchschnittlich 1930 mm sowie undurchlässige Böden haben eine reich strukturierte Landschaft mit von Feuchtwiesen und Mooren durchsetzten Wäldern geschaffen (Brülisauer 2006). Das Reservat erstreckt sich von den Hängen des Leistchamms bis ins Obertoggenburg und liegt somit in den Einzugsgebieten von Linth und Thur. Es erstreckt sich von 1040 bis 2101 m ü. M. Standortkundlich entspricht dies der obermontanen, hochmontanen sowie subalpinen Stufe (Frehner et al 2005).

Auswahl der Untersuchungsflächen

Von den 43 Beständen, in denen Lichtungshiebe durchgeführt worden sind, haben wir 33 für die Untersuchung ausgewählt. Wir haben nur Flächen berücksichtigt, die im Kerngebiet der ganzjährigen Auerhuhnverbreitung liegen. Diese befinden sich allesamt im Einzugsgebiet der Thur und damit im nördlichen und nordöstlichen Teil des Reservats. Die 33 Eingriffsflächen umfassen 57.6 ha und liegen zwischen 1150 und 1517 m ü. M. Die Grösse der Flächen variiert zwischen 0.2 ha und 5.1 ha (Abbildung 1).

Datenerhebung

Die Daten wurden von August bis Oktober 2010 erhoben, d.h. in der Zeit der Gefiedermauser, die sich beim Auerhuhn in den Alpen von Juli bis September erstreckt (Klaus et al 1989). Dann kann die räumliche Verteilung der Auerhühner indirekt, d.h. über die Suche nach Federn (Federtaxation), erfasst werden. Um diese zu standardisieren, wurde ein Raster mit einer Zellengrösse von 50 m × 50 m über das gesamte Waldreservat gelegt. Daraus haben wir alle Rasterzellen für die Federtaxation ausgewählt, welche mindestens zur Hälfte in einer Eingriffsfläche lagen (Abbildung 2).

Für die Orientierung im Feld wurden eine Landeskarte 1:25 000, ein Höhenmesser sowie ein GPS verwendet, in dem die digitale Karte mit überlagertem Raster geladen war und das so die stete Lokali-

sation während der Federtaxation ermöglichte. Diese erfolgte in Schlaufenform quer durch die Rasterzelle, wobei die Distanz zwischen einzelnen Taxationslinien maximal 15 m betrug (vgl. Schäublin & Bollmann 2011). Zudem haben wir vom Auerhuhn bevorzugte Strukturelemente wie exponierte Baumstrünke, aufgestellte Wurzelteller, die Stammbasis von dicken Bäumen, Gruppen von Jungfichten, innere Waldränder sowie Hügelkuppen und Kreten gezielt angelaufen.

Auerhuhnfedern weisen bezüglich Grösse, Färbung und Struktur charakteristische Merkmale auf. Deshalb konnte die Artzugehörigkeit der meisten gefundenen Federn bereits im Feld bestimmt werden. Auch die Klassierung nach Geschlecht ist einfach, da sich Henne und Hahn in ihrer Gefiederfärbung deutlich unterscheiden. Einige schwierige Fälle wurden im Labor nachbestimmt. Die Koordinaten von direkten Beobachtungen und indirekten Nachweisen wurden mittels GPS festgehalten. Eine Eingriffsfläche wurde dann als Präsenzfläche definiert, wenn in mindestens einer zugehörigen Rasterzelle ein Auerhuhnnachweis erbracht wurde. Eingriffsflächen ohne Nachweise wurden als Absenzfläche klassiert.

Um die Präsenz- und Absenzflächen charakterisieren zu können, haben wir im September und Oktober 2010 ausgewählte Lebensraumvariablen erfasst. Diese wurden auf zufällig ausgewählten Stichprobenplots von 30 m × 30 m Fläche erhoben (Abbildung 2). In Abhängigkeit von der Grösse der Eingriffsfläche wurden zwischen einem und vier Plots pro Fläche aufgenommen. Bei mehreren Plots pro Eingriffsfläche wurde das arithmetische Mittel jeder Variable bestimmt.

Variablenbeschreibung

Insgesamt wurden 44 Variablen erfasst, die sich in drei thematische Gruppen einteilen lassen:

- 1) Die Variablen der Gruppe «Standort» charakterisieren Grösse, Topografie und die klimatischen Bedingungen auf den Eingriffsflächen. Die Variablen «Tannen-Fichtenwald» sowie «Tannen-Buchenwald» geben gleichzeitig Auskunft über die zwei im Sonderwaldreservat Amden vorherrschenden Behandlungstypen.
- 2) Die Variablen der Gruppe «Baumschicht und Umgebung» beschreiben einerseits die Zusammensetzung und die Struktur der Baumschicht. Dazu zählen beispielsweise die Stammzahl der vorkommenden Baumarten, ihre Basalfläche oder der Baumdeckungsgrad. Andererseits beinhaltet diese Gruppe auch die Variable «Geeigneter Lebensraum in der Umgebung». Sie quantifiziert den Anteil an geeignetem Auerhuhnlebensraum im Abstand von 50 m um die Eingriffsfläche.
- 3) Die Gruppe «Strauch-/Bodenvegetation» charakterisiert die Zusammensetzung der Strauch- und Bodenvegetation sowie Übergänge zwischen Nah-

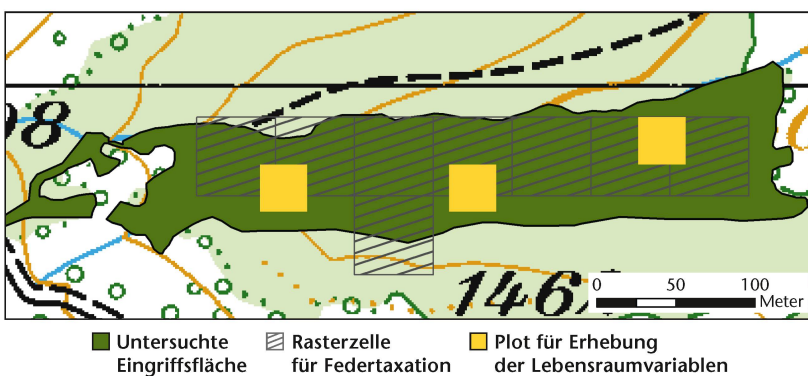


Abb 2 Schema für die Datenerfassung in den Eingriffsflächen.

Gruppe	Variable	Einheit	Definition	Datenquelle
Standort	Alter	Anzahl	Anzahl Jahre seit dem forstlichen Eingriff	GIS
	Temperatur	1/100 °C	Monatliches Mittel der Durchschnittstemperaturen von 1961 bis 1990	GIS
	Niederschlag	1/10 mm	Durchschnittliche Monatsniederschlagssumme von 1961 bis 1990	GIS
	Höhe	m ü. M.	Höhe über Meer	GIS
	Tannen-Fichtenwald	%	Anteil von hochmontanem Tannen-Fichtenwald auf der Untersuchungsfläche	GIS
	Tannen-Buchenwald	%	Anteil von obermontanem Tannen-Buchenwald auf der Untersuchungsfläche	GIS
	Baumschicht und Umgebung	Stammzahl Buche	Anzahl	Anzahl lebender Buchen (BHD ≥ 12 cm) auf dem Plot
Stammzahl Bergahorn		Anzahl	Anzahl lebender Bergahorne (BHD ≥ 12 cm) auf dem Plot	Plotaufnahme
Geeigneter Lebensraum in Umgebung		%	Anteil an geeignetem Habitat (Kategorien 1 und 2 nach Schroth 1994) innerhalb eines 50 m breiten Gürtels rund um die Eingriffsfläche	GIS
Anteil Nadelbäume		%	Anteil Nadelbäume an der Stammzahl pro Plot	Plotaufnahme
Anteil Laubbäume		%	Anteil Laubbäume an der Stammzahl pro Plot	Plotaufnahme
Mächtige Bäume		Anzahl	Anzahl Bäume mit einem BHD ≥ 60 cm auf dem Plot	Plotaufnahme
Baumdeckungsgrad		%	Anteil der Plotfläche, welche durch die Baumschicht bedeckt war	Plotaufnahme
Strauch-/ Bodenvegetation		Deckungsgrad	%	Fläche, die durch die Heidelbeere (<i>Vaccinium myrtillus</i>) bedeckt wird (geschätzt)
	Heidelbeere			

Tab 1 Auswahl der 14 wichtigsten Umweltvariablen, die zur Charakterisierung der Eingriffsflächen verwendet wurden.

rungs- und Deckungselementen in den Eingriffsflächen. Kleinstrukturen, welche solche Übergänge repräsentieren, sind beispielsweise Wurzelteller, Gruppen von Jungfichten oder tiefbeastete Einzelbäume (Bollmann et al 2008a). Zudem wurde die Variable «Anzahl Ameisenhaufen» erfasst, denn Ameisen sind für die Küken in den ersten Wochen nach dem Schlüpfen eine mögliche Nahrungsquelle (Wegge et al 2005).

Die Variablen der Gruppe «Standort» und die Variable «Geeigneter Lebensraum in der Umgebung» wurden mittels GIS und digitalen Höhenmodells (dhm25) hergeleitet. Die Temperatur- und Nieder-

schlagsdaten wurden mittels Extrapolationsverfahren berechnet und entsprechen den Summen der monatlichen Mittelwerte (Zimmermann & Kienast 1999, Zimmermann & Roberts 2001), die Strahlung wurde nach der Methode von Kumar et al (1997) berechnet. Für die Variable «Geeigneter Lebensraum in der Umgebung» wurden die Eingriffsflächen mit einer Pufferfläche mit Breite 50 m arrondiert und diese Flächen mit der Habitateignungskarte nach Schroth (1994) verschnitten. Die restlichen der insgesamt 44 berücksichtigten Variablen haben wir auf den einzelnen Plots im Feld erhoben. In der Tabelle 1 sind diejenigen Variablen aufgeführt, welche in diesem Artikel explizit diskutiert werden.

In jedem Plot wurde eine Vollkluppierung durchgeführt, wobei der minimale Brusthöhendurchmesser (BHD) bei 12 cm lag (Keller 2005). Daraus haben wir die Stammzahlen, Basalflächen sowie den Anteil an Nadel- und Laubbäumen hergeleitet. An 25 regelmässig über den Plot verteilten Punkten (Abbildung 3) wurden mit einem vertikalen Densitometer die Beschattung gemessen und der Baumdeckungsgrad anhand des Anteils beschatteter Punkte in Prozent ermittelt. Dabei haben wir neben der Oberschicht auch die Mittel- und Unterschicht berücksichtigt. Der Deckungsgrad der Strauch- und Bodenvegetation wurde auf fünf Subplots $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ in sieben Prozentkategorien geschätzt.

Datenanalyse

Für die einzelnen Variablen haben wir aus den Plotaufnahmen Durchschnittswerte für jede Eingriffsfläche berechnet. Zu diesem Zweck wurden die kategorialen Daten der Boden- und Strauchvegeta-

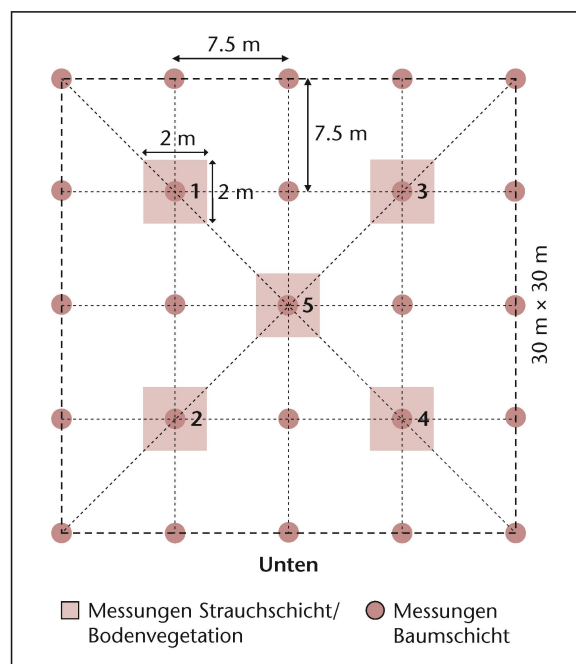


Abb 3 Schema der Aufnahmen auf den Stichprobenplots.

Variable	Einheit	Präsenzflächen	Absenzflächen	Mann-Whitney-U-Test	
		Durchschnitt ± S.E.	Durchschnitt ± S.E.	Z-Wert	p
Höhe	m ü.M.	1408 ± 23	1278 ± 14	-3.799	<0.001
Temperatur	1/100 °C	936 ± 12	1006 ± 8	-3.687	<0.001
Niederschlag pro Monat	1/10 mm	1984 ± 16	1897 ± 17	-3.144	0.002
Geeigneter Lebensraum in Umgebung	%	17.92 ± 4.51	3.33 ± 1.90	-3.078	0.002
Tannen-Buchenwald	%	33.10 ± 10.20	69.62 ± 5.99	-2.662	0.008
Tannen-Fichtenwald	%	59.26 ± 10.47	13.17 ± 4.60	-3.432	0.001
Stammzahl Buche	Anzahl	4.46 ± 1.88	6.96 ± 0.97	-1.973	0.049
Stammzahl Bergahorn	Anzahl	0.04 ± 0.04	1.63 ± 0.54	-2.846	0.004
Anteil Nadelbäume	%	82.92 ± 6.27	68.48 ± 4.01	-2.137	0.033
Anteil Laubbäume	%	17.08 ± 6.27	31.52 ± 4.01	-2.137	0.033
Baumdeckungsgrad	%	47.83 ± 2.40	62.83 ± 3.19	-2.831	0.005
Deckungsgrad Heidelbeere	%	20.59 ± 3.96	4.22 ± 0.98	-3.410	0.001

Tab 2 Variablen mit signifikantem Unterschied ($p < 0.05$) zwischen Präsenz- und Absenzflächen (12 respektive 21 Flächen). Angegeben sind jeweils der Durchschnittswert sowie der Standardfehler (S.E.). Für die Definition der Variablen siehe Tabelle 1.

tion in numerische Werte umgewandelt, indem jeweils der numerische Mittelwert einer Kategorie für die weitere Berechnung verwendet wurde. Wir haben zwei Arten von Analysen durchgeführt. Erstens haben wir die Unterschiede von einzelnen Umweltvariablen zwischen Präsenz- und Absenzflächen mit beschreibender Statistik dargestellt und mittels Mann-Whitney-U-Test auf Signifikanz getestet. Zweitens haben wir logistische Regressionsmodelle gerechnet, um die multifaktorielle Beziehung zwischen den Umweltvariablen und der abhängigen Variable (Präsenz/Absenz) zu ermitteln und gleichzeitig jenes Modell zu finden, welches am besten erklärt, ob das Auerhuhn eine Eingriffsfläche nutzt oder nicht. Dazu wurden alle Variablenkombinationen getestet und das Verfahren von Akaike (1974) angewendet, um das beste Modell mit dem Akaike Information Criterion (AIC) auszuwählen (Mazerolle 2006). Dafür haben wir zuerst eine Korrelationsmatrix der 44 Variablen erstellt und die Variablenkombinationen paarweise verglichen, weil ein Modell mit vielen beziehungsweise in ihrer ökologischen Funktion ähnlichen Variablen die Interpretation der Ergebnisse erschwert (Guisan & Zimmermann 2000). Bei Variablenpaaren mit einer Pearson-Korrelation > 0.7 (Fielding & Haworth 1995) wurde jene Variable von weiteren Analysen ausgeschlossen, die ein geringeres ökologisches Erklärungspotenzial aufwies. Für die logistischen Regressionsmodelle haben wir nur Variablen verwendet, die in einem unifaktoriellen Modell einen signifikanten Beitrag ($p < 0.05$) zur Erklärung der Varianz leisteten. Prozentvariablen wurden gemäss der Empfehlung von Fowler & Cohan (1990) einer arcsinus-Transformation unterzogen. Dieses Vorgehen erhöht die Genauigkeit des Modells (Gotelli & Ellison 2004). Für die logistischen Regressionsmodelle haben wir Variablen der Gruppen «Baumschicht und Umgebung» und «Strauch-/Bodenvegetation» verwendet, da sie die kleinräumige Habitatnutzung des Auerhuhns massgebend beein-

flussen und im Unterschied zu den Variablen der Gruppe «Standort» durch waldbauliche Massnahmen direkt beeinflusst werden können.

Resultate

Unterschiede zwischen Präsenz- und Absenzflächen

An insgesamt 45 verschiedenen Orten wurden Auerhühner durch Federfunde oder Sichtungen nachgewiesen. Ein Viertel der Nachweise stammte von Auerhennen, die übrigen von Hähnen. Die Nachweise verteilten sich auf 12 der 33 untersuchten Eingriffsflächen. Die Zeit seit dem Eingriff (Alter) war auf Präsenz- und Absenzflächen nicht signifikant verschieden. Sowohl auf rezenten Eingriffsflächen als auch auf solchen, wo der Eingriff bereits drei oder vier Jahre zurücklag, konnte das Auerhuhn nachgewiesen werden.

Präsenzflächen lagen im Durchschnitt höher als Absenzflächen (Tabelle 2). Sie erhielten deshalb mehr Niederschlag pro Monat und hatten eine tiefere Durchschnittstemperatur. Der Anteil an geeignetem Lebensraum in der Umgebung war bei Präsenzflächen mit 18% deutlich höher als bei Absenzflächen (3%). Der Behandlungstyp Tannen-Fichtenwald war anteilmässig auf Eingriffsflächen mit Auerhuhnnachweisen deutlich stärker vertreten als auf Eingriffsflächen ohne Nachweise. Entsprechend lag der Anteil des Behandlungstyps Tannen-Buchenwald auf Präsenzflächen signifikant tiefer als auf Absenzflächen.

Präsenz- und Absenzflächen unterschieden sich bezüglich Habitatstruktur und -zusammensetzung (Tabelle 2). So lag der Anteil an Nadelbäumen auf Präsenzflächen (83%) deutlich höher als auf Absenzflächen (68%). Auffällig stark unterschieden sich der Baumdeckungsgrad sowie der Deckungsgrad der Heidelbeere zwischen Präsenz- und Absenzflä-

Modell Nr.	AIC		R ²	Korrekte Vorhersage (%)	Koeffizienten	β	S.E.	P
	ΔAIC	ω						
8	0	0.249	0.593	87.9	Achsenabschnitt	2.404	3.644	0.509
					Baumdeckungsgrad	-6.453	4.134	0.119
					Deckungsgrad Heidelbeere	8.128	3.289	0.013
10	0.648	0.180	0.578	84.8	Achsenabschnitt	-3.589	1.163	0.002
					Deckungsgrad Heidelbeere	8.207	3.306	0.013
					Geeigneter Lebensraum in Umgebung	3.045	2.048	0.137
3	0.656	0.179	0.522	84.8	Achsenabschnitt	-3.413	1.085	0.002
					Deckungsgrad Heidelbeere	9.629	3.190	0.003
14	1.646	0.109	0.611	87.9	Achsenabschnitt	0.905	3.969	0.820
					Baumdeckungsgrad	-4.871	4.326	0.260
					Deckungsgrad Heidelbeere	7.499	3.367	0.026
					Geeigneter Lebensraum in Umgebung	1.989	2.283	0.384

Tab 3 Resultate der vier besten logistischen Regressionsmodelle in absteigender Reihenfolge gemäss AIC-Werten (ΔAIC) und -Gewichtung (ω). Weiter aufgeführt sind das R² nach Nagelkerke und die korrekte Vorhersagerate der vier Modelle sowie deren Koeffizienten (β), Standardfehler (S.E.) und p-Werte.

chen: Der Baumdeckungsgrad betrug auf Präsenzflächen 48%, auf Absenzflächen 63%. Der durchschnittliche Deckungsgrad der Heidelbeere war mit 21% wesentlich höher als auf Absenzflächen (4%). Die durchschnittliche Anzahl mächtiger Bäume (BHD ≥60 cm) unterschied sich nicht signifikant zwischen Eingriffsflächen mit und ohne Nutzung durch das Auerhuhn, tendenziell standen aber mehr mächtige Bäume auf Präsenz- als auf Absenzflächen (Median: 2.8 gegenüber 1.3). Das Maximum für beide Flächentypen lag bei sechs mächtigen Bäumen pro Plot. Im Unterschied zu den Absenzflächen fand man auf Präsenzflächen immer mindestens einen mächtigen Baum.

Regressionsanalyse zur Nutzung einer Eingriffsfläche

In den univariaten logistischen Regressionsmodellen zeigten sechs Variablen eine signifikante Beziehung ($p < 0.05$) zur Nutzung der Eingriffsfläche durch das Auerhuhn (nicht dargestellt): Aus der Gruppe der Standortfaktoren waren dies die Temperatur und der Niederschlag. Beide wiesen ein relativ hohes Bestimmtheitsmass ($R^2 = 0.56$ resp. 0.345) auf. Die Variablen «Anteil Nadelbäume», «Baumdeckungsgrad» und «Geeigneter Lebensraum in der Umgebung» hatten ein R^2 zwischen 0.22 und 0.35, der Deckungsgrad der Heidelbeere ein solches von 0.52. Den stärksten Einfluss auf die Nutzung der Eingriffsflächen durch das Auerhuhn zeigten der Baumdeckungsgrad ($\beta = -9.3$) sowie der Deckungsgrad der Heidelbeere ($\beta = 9.63$).

Die vier signifikanten Variablen aus den Gruppen «Baumschicht und Umgebung» und «Strauch-/Bodenvegetation» wurden als erklärende Variablen für die multivariaten logistischen Regressionsmodelle verwendet. Tabelle 3 zeigt die vier besten von insgesamt 15 getesteten Modellen. Die erklärte Variabilität aller vier Modelle ist relativ hoch

($0.52 \leq R^2 \leq 0.61$), ausserdem weisen sie eine hohe korrekte Vorhersagerate (84.8–87.9%) auf.

Modell 8 mit den Variablen «Baumdeckungsgrad» und «Deckungsgrad der Heidelbeere» ist gemäss AIC am besten geeignet, um das Vorkommen des Auerhuhns auf den Eingriffsflächen vorherzusagen. Der Baumdeckungsgrad ist dabei negativ ($\beta = -6.453$), der Deckungsgrad der Heidelbeere hingegen positiv ($\beta = 8.128$) mit dem Vorkommen des Auerhuhns korreliert.

Die Variable «Deckungsgrad der Heidelbeere» stellte sich als omnipräsenter Faktor heraus: Sie ist in jedem der vier Modelle signifikant vertreten und zeigt ausserdem die grösste Hebelwirkung bezüglich Vorkommenswahrscheinlichkeit des Auerhuhns ($7.449 \leq \beta \leq 9.629$). Der Anteil an geeignetem Lebensraum in der Umgebung wirkt sich ebenfalls positiv aus.

Diskussion

Nutzung der Eingriffsflächen

Die Studie zeigt, dass Auerhühner mindestens im Sommer jene Eingriffsflächen nutzen, die einen hohen Nadelbaumanteil aufweisen, über einen mittleren Baumdeckungsgrad verfügen und einen hohen Anteil an Heidelbeersträuchern haben. Sowohl der Baumdeckungsgrad als auch die Häufigkeit und Vitalität der Heidelbeere sind zentrale Beurteilungskriterien der Lebensraumeignung eines Waldbestands für das Auerhuhn nach Schroth (1994). Unsere Ergebnisse zeigen ausserdem, dass es sinnvoll ist, die Dringlichkeit von Lebensraumaufwertungen anhand der Schroth-Klassen zu beurteilen. Ein weiteres Indiz dafür ist, dass der Anteil an geeignetem Lebensraum in der Umgebung die Nutzung der Eingriffsflächen positiv beeinflusst: Präsenzflächen waren durchschnittlich von sechsmal mehr geeig-

netem Auerhuhnlebensraum umgeben als Absenzflächen. Deshalb sollte für die Planung von forstlichen Lebensraumaufwertungen nicht nur die Eignung eines spezifischen Waldbestandes, sondern auch jene seiner Umgebung berücksichtigt werden.

Für keine der Variablen, die indirekte Hinweise auf den Nischenreichtum im Waldbestand liefern (z.B. Wurzelteller, Rotten von Jungfichten, mächtige Bäume), wurde ein signifikanter Unterschied zwischen Präsenz- und Absenzflächen gefunden. Dies mag einerseits daran liegen, dass alle untersuchten Flächen erst kürzlich durchforstet wurden und einen relativ hohen Anteil an Wurzelstöcken und -tellern aufweisen. Andererseits war der Zeitraum seit den Eingriffen noch zu kurz für die Verjüngung von Fichten und die Entwicklung tiefbesteter Bäume. Die beobachtete Tendenz von mehr mächtigen Bäumen auf Präsenzflächen weist aber auf die Bedeutung solcher Strukturelemente für die Habitatqualität hin, was auch in der Studie von Bollmann et al (2008a) gezeigt wurde. Saisonale Aspekte spielen womöglich eine zusätzliche Rolle, denn unsere Studie war auf den Sommerlebensraum ausgerichtet, in dem die Heidelbeere eine zentrale Funktion hat.

Deckungsgrad der Heidelbeere

Der Deckungsgrad der Heidelbeere hat sich als entscheidendes Kriterium für die Nutzung der Eingriffsflächen durch das Auerhuhn herausgestellt (Abbildung 4). Die Variable war in den vier besten Modellen der stärkste Faktor. Die Bedeutung der Heidelbeere für das Auerhuhn während der Brutsaison ist bekannt (Klaus et al 1989). Eine gut entwickelte Heidelbeerschicht bietet dem Vogel nicht nur energiereiche Nahrung, sondern auch gute Deckung (Storch 1993). Ihre Bedeutung scheint jedoch regional zu variieren. So tritt sie in Eignungsmodellen für verschiedene zentralalpine Gebiete der Schweizer Alpen nicht als signifikante Variable auf (Bollmann

et al 2005, 2008a); andere Arten ersetzen sie dort womöglich als Nahrungsquelle. Die Heidelbeere wächst bevorzugt auf sauren, nährstoffarmen Böden mit Rohhumus (Ott et al 1997, Grey-Wilson 2006). Diese Bedingungen finden sich in den Fichtenwäldern und Tannen-Fichtenwäldern der subalpinen und hochmontanen Vegetationsstufe, mit welchen die Heidelbeere hauptsächlich assoziiert ist (Ott et al 1997, Rudmann 2001). Weniger häufig kommt sie in den obermontanen Tannen-Buchenwäldern vor. Deshalb erstaunt es nicht, dass sowohl der Anteil an Nadelbäumen als auch der Behandlungstyp Tannen-Fichtenwald auf Präsenzflächen deutlich höher waren als auf Absenzflächen. Folglich ist es sinnvoll, waldbauliche Eingriffe zur Aufwertung der Aufzuchtthabitate vor allem auf die hochmontanen Tannen-Fichtenwälder zu konzentrieren.

Baumdeckungsgrad und Behandlungstyp

In die gleiche Richtung deuten die Ergebnisse bezüglich des Baumdeckungsgrads. Er war auf Präsenzflächen im Durchschnitt bedeutend tiefer als auf Absenzflächen. Graf et al (2007) haben für die Voralpen gezeigt, dass der Baumdeckungsgrad ein bedeutender genereller Faktor für das Vorkommen des Auerhuhns ist. Bollmann et al (2008a) empfehlen einen Baumdeckungsgrad zwischen 40 und 60% als Zielgrösse für einen geeigneten Auerhuhnlebensraum. Mit durchschnittlich 48% auf Präsenz- und 63% auf Absenzflächen lag der Baumdeckungsgrad innerhalb respektive knapp ausserhalb dieses Bereichs. Die durchgeführten Holzschläge scheinen demnach zu einer Verbesserung dieses Faktors beigetragen zu haben, er liegt aber teilweise trotz Lichtungsschlägen immer noch über dem Optimalbereich. Ein geringerer Baumdeckungsgrad wird angestrebt, weil er unter anderem den Lichteinfall erhöht und die Entwicklung der Krautschicht fördert. Die entsprechende Wirkung der Eingriffe ist aber auf den behandelten Waldflächen unterschiedlich ausgefallen. Auf Absenzflächen war der Deckungsgrad der Heidelbeere mit durchschnittlich 4.2% deutlich tiefer als auf Präsenzflächen (20.6%). Neben der Stärke des Eingriffs scheint der vorherrschende Behandlungstyp eine entscheidende Rolle zu spielen (Abbildung 5). Beobachtungen während der Feldarbeit deuten darauf hin, dass sich die durchforstungsbedingten Lücken der Mittel- und Oberschicht im Tannen-Buchenwald bereits wenige Jahre nach dem Eingriff durch die Kronenentwicklung der verbleibenden Buchen und Bergahorne wieder geschlossen haben. Auf Absenzflächen kamen diese beiden Baumarten bedeutend zahlreicher vor. Ein erhöhter Lichtgenuss für die Krautschicht war hier nur über eine kurze Zeit gewährleistet. Rudmann (2001) machte die Erfahrung, dass Waldbestände in der hochmontanen Zone nach waldbaulichen Massnahmen eine gute Lebensraumeignung für das Au-



Abb 4 Eingriffsfläche mit Auerhuhnnutzung und sich gut entwickelnder Heidelbeere.



Abb 5 Eingriffsfläche im obermontanen Tannen-Buchenwald ohne nachfolgende Auerhuhnnutzung (links) und eine solche im hochmontanen Tannen-Fichtenwald mit Auerhuhnnutzung (rechts).

erhuhn erreichen können, während dies bei obermontanen Tannen-Buchenwäldern weniger der Fall ist. Lebensraumaufwertungen in Tannen-Buchenwäldern erzielen also nicht die gleich starke und zeitlich anhaltende Wirkung zugunsten des Auerhuhns wie in Tannen-Fichtenwäldern – es sei denn, sie werden wiederholt, d.h. häufiger ausgeführt.

Zeitspanne seit dem Eingriff

Interessanterweise hatte die Zeit seit dem Aufwertungseingriff keinen Einfluss auf die Nutzung durch das Auerhuhn. So gab es aufgewertete Waldbestände, die schon im Jahr nach dem Holzschlag vom Auerhuhn angenommen wurden. Ähnliche Erfahrungen wurden im Gebiet der Schwägalp gemacht, wo behandelte Waldbestände bereits zwei Jahre nach dem Eingriff genutzt wurden (Rudmann 2001). Im Falle des Sonderwaldreservats Amden ist dies sehr erfreulich, weil die Mehrzahl der behandelten Flächen vor dem Eingriff im Jahr 2006 als «ungeeignet» oder «wenig geeignet» klassiert waren. Schliesst man eine falsche Klassierung aus, so scheint es möglich zu sein, die Habitatqualität mit einem einzigen forstlichen Eingriff zu verbessern. Allerdings kann mit einer einmaligen Datenerhebung, wie sie dieser Studie zugrunde liegt, die Nachhaltigkeit der Lebensraumaufwertungen nicht abschliessend beurteilt werden.

Methodendiskussion

Die systematische Suche nach Mauserfedern ist ein geeignetes Vorgehen, um Hinweise zur kleinräumigen Lebensraumnutzung des Auerhuhns im Spätsommer mit nicht invasiven Methoden zu bekommen. Die Wahrscheinlichkeit ist gross, dass auf Flächen, die das Auerhuhn regelmässig aufsucht, Spuren wie Mauserfedern zu finden sind, weil diese oft in der oberen Krautschicht hängen bleiben. Das gezielte Anlaufen und Absuchen von bevorzugten Deckungselementen und Nahrungspflanzen erhöhen

die Antreffwahrscheinlichkeit. Eine falsche Klassierung der Präsenzflächen kann deswegen mit grosser Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Eher ist davon auszugehen, dass einzelne Federn in Absenzflächen nicht gefunden worden sind. Ist dies der Fall, dann sind die Unterschiede der Vergleichswerte zwischen Präsenz- und Absenzflächen schwächer ausgefallen, als sie tatsächlich sind. Entsprechend können die Ergebnisse als relativ konservativ eingestuft werden. Dies alleine dürfte aber die Differenz zwischen den genutzten (12) und ungenutzten Eingriffsflächen (21) nicht erklären. Der wesentliche Grund dafür mag in der Auswahl der Waldbestände für Eingriffe liegen, welche ausschliesslich aufgrund der Lebensraumeignung nach Schroth (1994) vorgenommen worden war. Ungeeignete und wenig geeignete Flächen waren in Tannen-Buchenwäldern deutlich zahlreicher vertreten als in Tannen-Fichtenwäldern und wurden folglich mit höherer Wahrscheinlichkeit für Aufwertungsmassnahmen ausgewählt. Behandelte Tannen-Buchenwälder wurden aber nur beschränkt durch das Auerhuhn genutzt, wie obige Diskussion zeigt. Zudem war die ehemalige forstliche Nutzung dieser Flächen unterschiedlich, und die Standortbedingungen variierten je nach Exposition, Höhenlage und Bodentyp. Entsprechend dürfte die Entwicklungsdynamik in den verschiedenen Eingriffsflächen unterschiedlich ablaufen, obwohl mit den forstlichen Massnahmen die gleichen strukturellen Zielwerte und Vegetationszusammensetzungen angestrebt werden.

Die Stichprobengrösse war mit 33 Eingriffsflächen relativ klein. Allerdings deckten diese einen Drittel der Fläche der bis Ende 2009 aufgewerteten Waldbestände ab, und sie sind deshalb repräsentativ für das gesamte Sonderwaldreservat. Eine Validierung der Modelle konnte nicht vorgenommen werden, da vergleichbare Daten aus anderen Förderungsgebieten des Auerhuhns fehlten. Eine gewisse Vorsicht bei der Interpretation und Verallgemeine-

rung der Resultate ist deshalb angebracht. Aufgrund der Wichtigkeit der Heidelbeere als Qualitätsmerkmal in Eingriffsflächen scheinen aber die Resultate mindestens auf weite Teile der nördlichen Voralpen anwendbar zu sein, die dem klimatischen und standortkundlichen Charakter des Sonderwaldreservats Amden entsprechen – also Gebiete, die relativ niederschlagsreich sind und deren Böden sich durch eine gehemmte Wasserdurchlässigkeit beziehungsweise einen gehemmten Abbau des organischen Materials auszeichnen.

Folgerungen

Aus diesen Untersuchungen ziehen wir die folgenden zentralen Schlüsse:

Lichtungsschläge bewähren sich als waldbauliche Massnahme zur Habitataufwertung zugunsten des Auerhuhns. Aufgewertete Waldbestände mit vormals schlechter Habitateignung werden innert kurzer Zeit als Lebensraum angenommen. Auerhühner bevorzugen aufgewertete Waldbestände in Nadelwäldern mit mittlerem Baumdeckungsgrad und sich möglichst gut entwickelnder Heidelbeerschicht. Die Holzerei begünstigt die Entwicklung der Bodenvegetation durch das verbesserte Lichtangebot in der Krautschicht. Ausserdem werden vermehrt Fluchträume für das Auerhuhn geschaffen und vermutlich auch mikroklimatisch gute Biotope für die Nahrungssuche von Hennen mit Küken.

Die Festlegung von Aufwertungsmassnahmen für einen einzelnen Bestand alleine aufgrund der Lebensraumeignung nach Schroth ist nicht hinreichend. Die Lebensraumqualität der benachbarten Waldbestände muss in die Beurteilung mit einbezogen werden, denn ein hoher Anteil an geeigneten Waldbeständen in der Umgebung verbessert die Nutzung der ehemals ungeeigneten Eingriffsflächen durch das Auerhuhn. Zudem wird gleichzeitig der Anteil an geeignetem und zusammenhängendem Lebensraum im Förderungsgebiet erweitert.

Die Effektivität der Aufwertungsmassnahmen lässt sich verbessern, wenn zukünftig auch der Behandlungstyp bei der Planung berücksichtigt wird. Denn die Wirkung der forstlichen Massnahmen hält in hochmontanen Tannen-Fichtenwäldern länger an als in den obermontanen Tannen-Buchenwäldern. In Letzteren sind wiederholte Eingriffe notwendig, um eine flächige Buchenverjüngung zu verhindern und den Anteil an Heidelbeere in der Bodenvegetation signifikant zu erhöhen. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis von Massnahmen ist also in Tannen-Fichtenwaldbeständen besser. Folglich sollten Aufwertungsmassnahmen im Sonderwaldreservat Amden mehrheitlich in der hochmontanen Höhenstufe erfolgen, wenn es darum geht, die Aufzuchthabitate zu fördern. ■

Eingereicht: 19. Dezember 2013, akzeptiert (mit Review): 4. März 2014

Literatur

- AKAIKE H (1974) New look at statistical-model identification. *IEEE T Automat Contr* 19: 716–723.
- BOLLMANN K, WEIBEL P, GRAF RF (2005) An analysis of central Alpine capercaillie spring habitat at the forest stand scale. *For Ecol Manage* 215: 307–318.
- BOLLMANN K (2006) Das Auerhuhn: imposant und gefährdet. In: Ehrbar R, editor. *Veränderungen als Chance für den Wald: Ortsgemeinde Amden*. Basel: Sophie Karl Binding Stiftung. pp. 200–221.
- BOLLMANN K, FRIEDRICH A, FRITSCH B, GRAF RF, IMHOF S ET AL (2008A) Kleinräumige Habitatnutzung des Auerhuhns im Alpenraum. *Ornithol Beob* 105: 53–61.
- BOLLMANN K, GRAF RF, JACOB G, THIEL D (2008B) Von der Forschung zur Auerhuhnförderung: eine Projektsynthese. *Ornithol Beob* 105: 107–116.
- BOLLMANN K (2011) Naturnaher Waldbau und Förderung der biologischen Vielfalt im Wald. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch. anstalt WSL, Forum Wissen. pp. 27–36.
- BOLLMANN K, MOLLET P, EHRBAR R (2013) Das Auerhuhn *Tetrao urogallus* im alpinen Lebensraum: Verbreitung, Bestand, Lebensraumansprüche und Förderung. *Vogelwelt* 134: 1–9.
- BRÜLISAUER A (2006) Die Moore von Amden. In: Ehrbar R, editor. *Veränderungen als Chance für den Wald: Ortsgemeinde Amden*. Basel: Sophie Karl Binding Stiftung. pp. 76–87.
- BÜRGI M (1998) Habitat alterations caused by long-term changes in forest use in northeastern Switzerland. In: Kirby KJ, Watkins C, editors. *Ecological history of European forests*. Wallingford: Cabi. pp. 203–211.
- EHRBAR R, BOLLMANN K, MOLLET P (2011) Ein Sonderwaldreservat für das Auerhuhn – das Beispiel Amden (Kanton St. Gallen). *Schweiz Z Forstwes* 162: 11–21. doi: 10.3188/szf.2011.0021
- FIELDING AH, HAWORTH PF (1995) Testing the generality of bird-habitat models. *Conserv Biol* 9: 1466–1481.
- FOWLER J, COHEN L (1990) *Practical statistics for field biology*. Milton Keynes: Open Univ Press. 227 p.
- FREHNER M, WASSER B, SCHWITTER R (2005) Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. *Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion*. Bern: Bundesamt Umwelt Wald Landschaft. 564 p.
- FÜRER D (2001) Wie weit kann die Auerhuhn-Lebensraumkartierung durch die Analyse der bestandes- und pflanzensoziologischen Karte ersetzt werden? Fallbeispiel Amden (SG). Zürich: ETH Zürich, Diplomarbeit. 38 p.
- GOTELLI NJ, ELLISON AM (2004) *A primer of ecological statistics*. Sunderland MA: Sinauer. 510 p.
- GRAF RF, BOLLMANN K, BUGMANN H, SUTER W (2007) Forest and landscape structure as predictors of capercaillie occurrence. *J Wildl Manage* 71: 356–365.
- GREY-WILSON C (2006) *Wildpflanzen*. Starnberg: Dorling Kindersley. 320 p.
- GUISAN A, ZIMMERMANN NE (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol Model* 135: 147–186.
- IMHOF S (2007) *Verbreitung und Habitatnutzung des Auerhuhns im Waldreservat Amden*. Zürich: Univ Zürich, Master thesis. 49 p.
- KELLER M, EDITOR (2005) *Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004–2007*. Birmensdorf: Eidgenöss Forsch. anstalt WSL. 393 p.
- KELLER V, GERBER A, SCHMID H, VOLET B, ZBINDEN N (2010) *Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010*. Bern: Bundesamt Umwelt. 53 p.
- KLAUS S, ANDREEV AV, BERGMANN HH, MÜLLER F, PORKERT J ET AL (1989) *Die Auerhühner*. Wittenberg Lutherstadt: Ziemsen. 280 p.
- KORMANN U, GUGERLI F, RAY N, EXCOFFIER L, BOLLMANN K (2012) Parsimony-based pedigree analysis and individual-based landscape genetics suggest topography to restrict dispersal and connectivity in the endangered capercaillie. *Biol Conserv* 152: 241–252.

- KUMAR L, SKIDMORE AK, KNOWLES E (1997) Modelling topographic variation in solar radiation in a GIS environment. *Int J Geogr Inf Sci* 11: 475–497.
- LANZ M, BOLLMANN K (2008) Verbreitung und Charakterisierung der Schlaf-, Ruhe- und Äsungsbäume des Auerhuhns im Waldreservat Amden. *Ornithol Beob* 105: 63–75.
- MAZEROLLE MJ (2006) Improving data analysis in herpetology: using Akaike's Information Criterion (AIC) to assess the strength of biological hypotheses. *Amphibia-Reptilia* 27: 169–180.
- MOLLET P, BADILATTI B, BOLLMANN K, GRAF RF, HESS R ET AL (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.
- MOLLET P, STADLER B, BOLLMANN K (2008) Aktionsplan Auerhuhn Schweiz. Bern: Bundesamt Umwelt. 104 p.
- OTT E, FREHNER M, FREY HU, LÜSCHER P (1997) Gebirgsnadelwälder: ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung. Bern: Haupt. 287 p.
- RUDMANN F (2001) 26 Jahre Auerhuhnschutz im Forstkreis Toggenburg, Kanton St. Gallen. *Schweiz Z Forstwes* 152: 305–311. doi: 10.3188/szf.2001.0305
- SCHÄUBLIN S, BOLLMANN K (2011) Winter habitat selection and conservation of Hazel Grouse (*Bonasa bonasia*) in mountain forests. *J Ornithol* 152: 179–192.
- SCHROTH KE (1994) Zum Lebensraum des Auerhuhns (*Tetrao urogallus* L.) im Nordschwarzwald. Eine Analyse der Kaltenbrunner Auerhuhnhabitate und deren Veränderung seit Beginn der geregelten Forstwirtschaft (1843–1990). *Mitt Forstl Vers-Forsch.anstalt Baden-Württ* 178. 133 p.
- STADLER B, SCHNIDRIG R, MOLLET P, SPAAR R, REHSTEINER U ET AL (2008) Der Aktionsplan Auerhuhn Schweiz. Die nationale Strategie zum Schutz und zur Förderung des Auerhuhns *Tetrao urogallus* in der Schweiz. *Ornithol Beob* 105: 117–121.
- STORCH I (1993) Habitat selection by Capercaillie in summer and autumn. Is bilberry important? *Oecologia* 95: 257–265.
- STORCH I (1999) Auerhuhnschutz: Aber wie? München: Wildbiologische Gesellschaft. 43 p.
- STORCH I (2007) Grouse: Status survey and conservation action plan 2006–2010. Gland: IUCN. 114 p.
- WEGGE P, OLSTAD T, GREGERSEN H, HJELJORD O, SIVKOV AV (2005) Capercaillie broods in pristine boreal forest in north-western Russia: the importance of insects and cover in habitat selection. *Can J Zool* 83: 1547–1555.
- ZIMMERMANN NE, KIENAST F (1999) Predictive mapping of alpine grasslands in Switzerland: Species versus community approach. *J Veg Sci* 10: 469–482.
- ZIMMERMANN NE, ROBERTS DW (2001) Final report of the MLP climate and biophysical mapping project. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. 18 p.

Waldbauliche Massnahmen für das Auerhuhn im Sonderwaldreservat Amden: ein erstes Fazit

Als stark gefährdete Brutvogelart des Waldes ist das Auerhuhn (*Tetrao urogallus*) auf Erhaltungsmassnahmen in seinem alpinen Verbreitungsgebiet angewiesen. Im Sonderwaldreservat Amden, Kanton St. Gallen, wurden im Zeitraum von 2006 bis 2009 waldbauliche Massnahmen zur Aufwertung des Lebensraums dieser Art durchgeführt. Dabei wurden ausschliesslich Bestände berücksichtigt, die für das Auerhuhn als wenig geeignet oder ungeeignet klassiert worden waren. Diese Studie zeigt, welche der aufgewerteten Waldbestände (Eingriffsflächen) im Sommer 2010 durch das Auerhuhn genutzt wurden und wie sie sich von ungenutzten Eingriffsflächen unterscheiden. Die Lebensraumnutzung durch das Auerhuhn wurde mit einer Federtaxation erfasst, und in den Eingriffsflächen wurden mit einem Stichprobenverfahren Lebensraumfaktoren aufgenommen. Auf 12 der 33 untersuchten Flächen konnte eine Nutzung durch das Auerhuhn nachgewiesen werden. Genutzte Eingriffsflächen unterschieden sich von ungenutzten durch einen signifikant höheren Anteil an Heidelbeeren in der Krautschicht, einen höheren Anteil an Nadelbäumen sowie einen tieferen Baumdeckungsgrad. Massgebend war ausserdem der Anteil an geeignetem Auerhuhnhabitat in direkter Nachbarschaft zur Eingriffsfläche. Die Resultate dieser Studie zeigen, dass die Holzerei eine Erfolg versprechende Massnahme zur Lebensraumförderung für das Auerhuhn darstellt, und zwar speziell im Tannen-Fichtenwald, in welchem die Wirkung der Eingriffe besser war als im Tannen-Buchenwald. Die zukünftige Festlegung von Aufwertungsmassnahmen in einem einzelnen Bestand sollte nicht nur von seiner Lebensraumeignung abhängig gemacht werden, sondern auch von der Lebensraumqualität der benachbarten Bestände.

Mesures sylvicoles en faveur du grand tétras dans la réserve forestière particulière d'Amden: premières conclusions

En tant qu'oiseau nicheur forestier fortement menacé, la population du grand tétras (*Tetrao urogallus*) dépend des actions de conservation menées dans son aire de distribution alpine. Dans la réserve forestière particulière d'Amden, dans le canton de Saint-Gall, des opérations sylvicoles ont été menées entre 2006 et 2009 pour améliorer l'habitat de cette espèce. Les interventions n'ont eu lieu que dans les peuplements qui avaient été classifiés comme étant peu ou pas viables pour le grand tétras. Dans cette étude, nous avons déterminé lesquels des peuplements traités ont été occupés par l'espèce durant l'été 2010 et en quoi ces parcelles différaient de celles qui n'étaient pas occupées. La présence de l'espèce a été déterminée par une recherche de plumes, et dans les peuplements traités des facteurs relatifs à l'habitat ont été inventoriés par échantillonnage. Des indices d'occupation de l'habitat par l'espèce ont été observés dans 12 des 33 parcelles étudiées. Les parcelles occupées présentent une proportion de myrtilles dans la couche herbacée significativement plus élevée, une plus forte proportion de conifères et une couverture forestière moins dense. De plus, la présence d'habitats viables à proximité immédiate de la parcelle exploitée était également déterminante. Nos résultats confortent le fait que l'exploitation forestière est une méthode prometteuse pour améliorer l'habitat du grand tétras et cela surtout dans les pessières à sapin où l'effet des mesures sylvicoles était meilleur qu'aux hêtraies à sapin. En plus, la sélection future des parcelles à restaurer devrait se baser non seulement sur la viabilité de l'habitat lui-même mais aussi sur celle des parcelles avoisinantes.