

Vegetationsstrukturen in den Habitaten des Auerhuhns *Tetrao urogallus* im Fichtelgebirge

Andreas von [REDACTED] und Carl [REDACTED]

Summary

Vegetation structures in the habitats of capercaillie *Tetrao urogallus* in the Fichtelgebirge

Within the palaeartic-boreal range of the capercaillie, many Central European populations are considered to be very endangered. In the Fichtelgebirge (Northeastern Bavaria), the native population declined during the past years and is considered to be very endangered currently. Despite the critical status, there is little knowledge about habitat structures and habitat use in the Fichtelgebirge.

In this study, we analysed the forest and vegetation structures within the remaining range of the capercaillie in the Fichtelgebirge, which was determined by some 170 direct and indirect evidences within the past years.

The results, however, render only a temporary assessment of the habitat use which obviously varies within a season.

Forest stands appeared to be most attractive with more than 50 % pines (*Pinus sylvestris*). By contrast, there were only few records from locations consisting of more than 20 % deciduous trees. The majority of the pine stands is growing on soils originating from phyllites which are abundant in quartz. On this soil type, blueberry (*Vaccinium myrtillus*) is obviously not replaced by grass species. This dwarf shrub is an important habitat structure for the capercaillie. In the Fichtelgebirge, the birds prefer areas where blueberry covers more than 60 % of the field layer, and where the shrub grows higher than 35 cm. There is a positive correlation between blueberry abundance and light intensity in the forest stand. Therefore, the density of forest edges with higher trees is one main factor for blueberry abundance. There were significantly more capercaillie records in areas with a density of tall tree edges exceeding 1 km/ha. The density of edges is correlated with the quantity of tree trunks per area and the age of the trees. Both factors are influenced considerably by forest-management. The density of edges has also an impact on the competitiveness of the grasses: especially *Calamagrostis villosa* is able to restrain the blueberry massively. Also, the quantity of dead wood (covering the ground, standing dead wood) was assessed. A ground cover of dead wood exceeding 50 fm/ha reduced the abundance of the blueberry. In some forest stands, the total stock of dead wood reached up to 20 % of the total wood biomass.

Besides an analysis of the spatial dimension (vegetation structure), the investigation focused also on the temporal dimension (forest succession). For the latter, we used the statistical distribution of the stem diameters of dead and living trees. Old and large (in diameter) trees were completely absent. The anthropogenic influence on succession cannot be overlooked. Since these criteria currently do not apply to the Fichtelgebirge, the capercaillies are driven off into areas with younger successional stages which represent a minor habitat quality. These suboptimal habitats sometimes showed a high abundance of blueberry, but the density of edges was too low in most of the studied areas. Our proposals for an improvement of the habitat structures and habitat quality aim at the rescue of the capercaillie population by short-term habitat improvements.

1. Einleitung

Waldhühner sind in Mitteleuropa stark an bestimmte Sukzessionsphasen angepasste Waldbewohner. Das Auerhuhn ist ein typischer Bewohner der borealen Nadelwälder Eurasiens und meidet reinen Laubwald sowie alle dicht geschlossenen Wälder. Dementsprechend bevorzugt es die großflächigen, lichten, reich strukturierten und von der Heidelbeere *Vaccinium myrtillus* geprägten Waldgesellschaften im subkontinentalen Klimabereich. In den Wirtschaftswäldern Mitteleuropas ist es überwiegend auf die nadelbaumreichen Althölzer angewiesen, da erst diese entsprechend licht gestellt sind (KLAUS 1986). In Folge der starken Walddevastierungen vom Mittelalter bis ins 19. Jh., verursacht durch rücksichtslose Holzplünderungen, Waldweide, Streuentzug oder Abtragung der Humusschicht, wurden große Teile der mitteleuropäischen Wälder so stark lückig, dass deren Strukturen taigaähnlichen Charakter aufwiesen (MANTEL 1990). Dadurch wanderten die Auerhühner aus ihren Primärhabitaten in viele Gebiete ein und bildeten z.T. große und über viele Jahrzehnte stabile Populationen. Durch die Einführung einer geregelten nachhal-

tigen Forstwirtschaft und die zunehmende Schließung und Verdunkelung der Wälder, aber auch durch die zunehmende Waldfragmentierung wurde das Auerhuhn in die Hochlagen der Mittelgebirge und in die Alpen zurückgedrängt (SCHRÖDER 1982; KLAUS 1986; GUBITZ & PFEIFER 1993). Die bis heute übrig gebliebenen Vorkommen in den Mittelgebirgen (Abb. 1) wie z.B. im Schwarzwald, im Thüringer Wald, im Bayerischen Wald oder im Fichtelgebirge sind voneinander getrennt. In Bayern ist das Auerhuhn in seinem Bestand stark gefährdet (SCHRÖDER 1982; JEDICKE 1997). Die Population im Fichtelgebirge ist autochthon und die einzige ausseralpine in Mitteleuropa, die noch nicht durch Aussetzungen unterstützt wurde. Die Situation der Auerhühner im Fichtelgebirge ist als sehr kritisch einzuordnen. Genaue Bestandszahlen zu erhalten, ist äußerst schwierig. Somit kommt der Verbesserung der Lebensräume eine enorm große Rolle für eine zukünftige Erholung dieser Teilpopulation zu. Ein weiteres Absinken hätte als Konsequenz ein endgültiges Verschwinden der Auerhühner aus dem Fichtelgebirge.

2. Ziel der Untersuchungen

Bisherige Untersuchungen zur Biologie, Ökologie und zum Schutz dieser Vogelart im mitteleuropäischen Raum fanden hauptsächlich in den Alpen, im Schwarzwald, im Bayerischen Wald und im Thüringer Wald statt. Ob die dort gewonnenen Erkenntnisse für die autochthone Population im Fichtelgebirge gelten, ist offen. Hier fehlten bisher vor allem Angaben zur Populationsgröße, deren Dynamik und Abundanz und die Nutzung der

verschiedenen räumlichen Strukturen innerhalb der Auerhuhnhabitate. Die Anforderungen an die Beschaffenheit eines geeigneten Auerhuhnbiotops sind hinlänglich bekannt (KLAUS 1986; STORCH 1994). Um zu einer quantitativen und qualitativen Aussage über die Habitatstrukturen im Fichtelgebirge zu gelangen, müssen u.a. die Vegetationsstrukturen in den noch bewohnten Habitaten dieses Gebietes analysiert werden. Das sind in erster Linie die

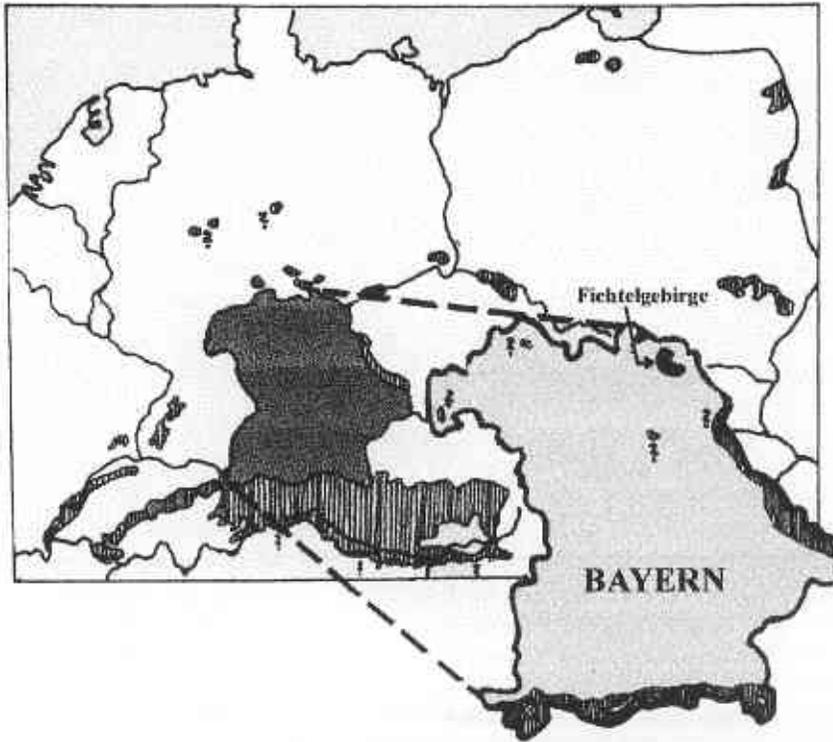


Abb. 1: Situation des Auerhuhns in Mitteleuropa und in Bayern. Mit '?' sind fragliche oder unsichere Teilpopulationen oder Einbürgerungsversuche dargestellt. – *The situation of the capercaillie in Central Europe and in Bavaria. '?' indicates areas with doubtful or uncertain populations or attempts of reintroduction.*

vertikalen und horizontalen Strukturen, die durch die Dreidimensionalität des Waldes bedingt sind (OTTO 1994). Dane-

ben besitzt ein Wald auch Strukturen in der zeitlichen Dimension, wie die zyklischen Phasen der Sukzession.

3. Untersuchungsmethoden

Im hufeisenförmigen Fichtelgebirge beträgt die derzeitige Waldfläche ca. 20000 ha, etwa ein Fünftel der Gesamtfläche. Die Fläche der potentiellen Auerhuhngebiete beträgt ca. 5000 ha (HERTEL 1997). Die vegetationsstrukturellen Untersuchungen wurden im Sommer und Herbst 1997 in den Teilbereichen durchgeführt, in denen es nach wie vor zu Sichtungen von Auerhühnern oder indirekten Nachweisen

kommt. Alle Untersuchungsflächen liegen im Staatswald. Über die bezeichneten Teilbereiche wurde ein Raster (1 ha) gelegt. Die jeweiligen Untersuchungsflächen von 2000 m² innerhalb des Hektar-Rasters wurden zufällig (durch Würfeln) und gezielt (nur geeignete Flächen) ermittelt. Zur Aufnahme der vertikalen Raumstruktur wurde der Baumbestand in zwei Schichten unterteilt (bis 5 m und über 5 m). Des

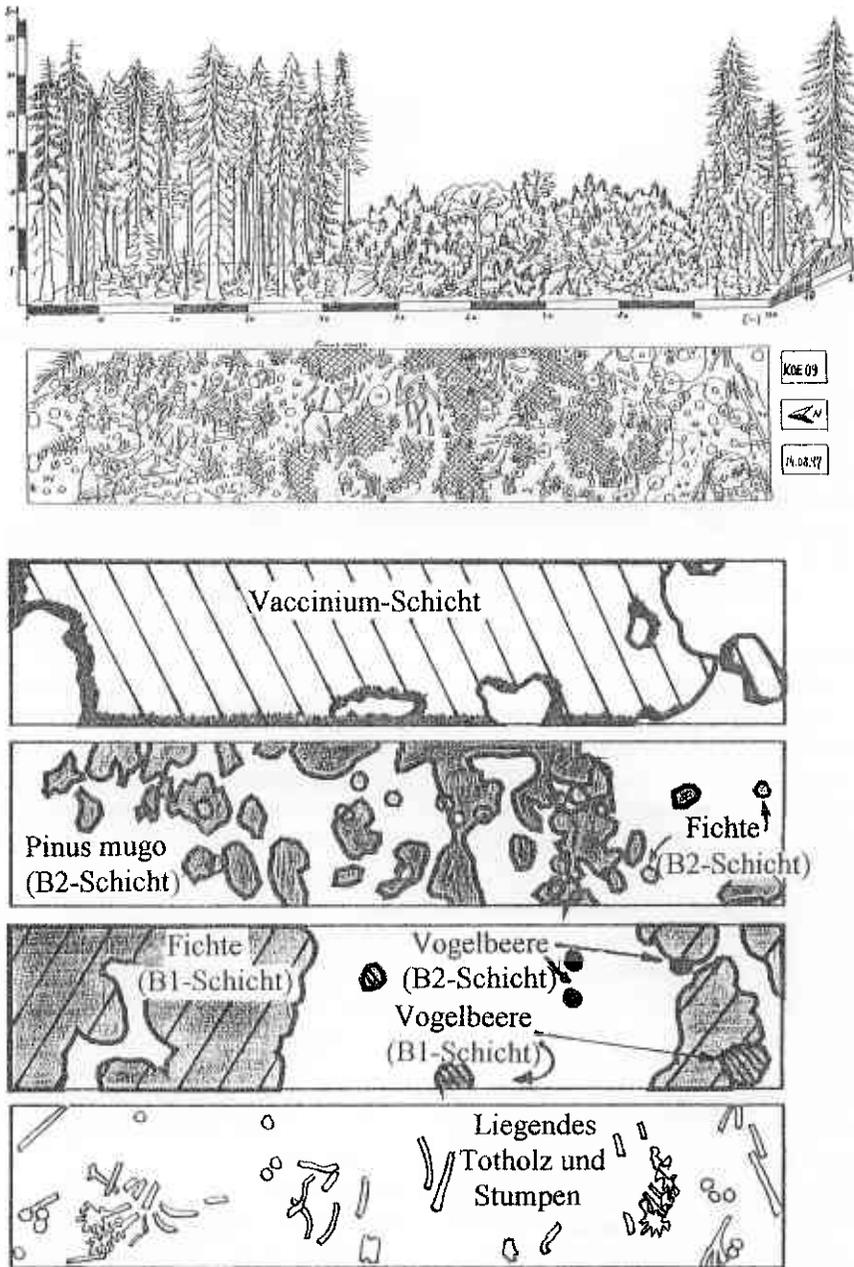


Abb. 2: Ausgewähltes Beispiel eines dreidimensionalen Profildiagrammes und der dazugehörigen Kronenprojektion. Darunter die einzelnen Layer, die die horizontale Verteilung verschiedener Strukturmerkmale der Untersuchungsfläche darstellen und die mit dem Programm AutoCAD bearbeitet wurden. – Selected example of a three-dimensional profile diagramm and of the connected crown projection. Below four examples of layers, which show the horizontal distribution of different structure elements of the investigated plot.

weiteren
bestehend
den Gräs
ausgesch
wurden n
BLANQUET

Für die
tikalen St
nale Profil
schen Ver
kenklasse
vertikale
verglichen

Zur bild
talen Rau
projektor
Zeichnun
beiden Ba
wurden e
lung des V
den und s
stumpen u
Felsen un
Wasserste

Das Aus
Übergang
senen Wa
(OTTO 199
sen Überg
können, w
erfasst. Si
schen ges
fläche inne
landschaft
deutet Lär
Es wurde
sion, sond

4.1 Die

Auf allen
die Fichten
(über 80 %

weiteren wurde noch eine Feldschicht, bestehend aus den krautigen Pflanzen, den Gräsern und den Zwergsträuchern, ausgeschieden. Die Vegetationsaufnahmen wurden nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) durchgeführt.

Für die graphische Darstellung der vertikalen Strukturen wurden dreidimensionale Profildiagramme erstellt. Die graphischen Verteilungsmuster der Stammstärkenklassen wurden mit den vereinfachten vertikalen Grundmustern von Wäldern verglichen (OTTO 1994).

Zur bildlichen Darstellung der horizontalen Raumstrukturen wurden Kronenprojektionen gezeichnet (Abb. 2). In diese Zeichnungen wurden artspezifisch die beiden Baumschichten einbezogen. Diese wurden ergänzt mit der flächigen Verteilung des *Vaccinium*-Bewuchses, des liegenden und stehenden Totholzes, der Baumstumpen und gekippten Wurzelteller, der Felsen und Schuttbereiche, der offenen Wasserstellen, der Wege und Forstzäune.

Das Auerhuhn ist eine ökotone Art im Übergangsbereich zwischen dem geschlossenen Wald und dem offenen Gelände (OTTO 1994; SCHERZINGER 1996). Um diesen Übergangsbereich quantifizieren zu können, wurde die Länge der Grenzlinien erfasst. Sie stellt den Randbereich zwischen geschlossenem Wald und einer Freifläche innerhalb einer großräumigen Waldlandschaft dar. Die Grenzliniendichte bedeutet Länge der Grenzlinien pro Hektar. Es wurde nicht nur die räumliche Dimension, sondern auch die Aspekte der zeitli-

chen Dimension der untersuchten Waldbestände erfasst. Dabei wurden die Untersuchungsflächen als eine unechte Zeitreihe in die Sequenzen des natürlichen Sukzessionsschemas mitteleuropäischer montaner Wälder eingegliedert. Die mosaikartige Verteilung der unterschiedlichen Sukzessionsstadien kann ein Parameter für das Auftreten der Auerhühner innerhalb des gesamten Verbreitungsareals des Fichtelgebirges sein. Jede dieser Entwicklungssequenzen ist charakterisiert durch eine bestimmte Totholzmenge, bestimmte Biomasse oder Naturverjüngung.

Vaccinium myrtillus wurde bezüglich der Höhe, des Alters und der Vitalität erfasst. Das gesamte auf den Untersuchungsflächen stehende und liegende Totholz (über 5 cm Durchmesser) wurde vertikal und horizontal quantifiziert.

Alle gewonnenen Daten wurden mit den Programmen Microsoft Excel 5.0 der Verarbeitung zugeführt und mit SigmaPlot 2.0 statistisch und graphisch ausgewertet. Die 45 Kronenprojektionen (Abb. 2) wurden mit dem Programm AutoCAD 12 digitalisiert. Dieses Programm ermöglicht auch eine exakte Ermittlung der Flächen- und Liniengrößen aller eingegebenen Parameter.

Es wurden auf den 45 Untersuchungsflächen insgesamt 172 direkte und indirekte Auerhuhnnachweise erbracht.

Von allen Untersuchungsflächen wurden standortspezifische Charakterisierungen erhoben, wie topographische Höhe, Hangneigung und Exposition.

4. Ergebnisse

4.1 Die Baumschicht

Auf allen Untersuchungsflächen besitzen die Fichtenbestände eine hohe Dominanz (über 80 % Fichte). Laubbaumanteile von

über 20 % sind auf die unteren Höhenlagen von 760 bis 920 m beschränkt. In den höheren Lagen sind keine Bestände mit über 20 % Laubbaumanteil gefunden worden. Die für die Winterernährung wichti-

gen Kiefernbestände befinden sich nur in Lagen unter 850 m und zudem auf quarzreichem Phyllit. Dieser besitzt eine geringe Wasserspeicherkapazität und verhindert so ein zu üppiges Wachstum der Gräser, was wiederum der Heidelbeere zugute kommt. Die Nachweise von Auerhühnern richten sich nach der Baumzusammensetzung. Die meisten Auerhühnernachweise wurden in Beständen mit mehr als 50 % Kiefern erbracht. Auf Flächen mit mehr als 20 % Laubbaumanteil und auf baumfreien Flächen gab es keine Auerhühnernachweise. Mit der Baumartenmischung verändert sich auch die gesamte Artenzusammensetzung in der Feldschicht. Auf den Freiflächen und ab einem Laubbaumanteil über 20 % dominieren hier die Gräser *Calamagrostis villosa* und *Deschampsia flexuosa*. Das geht auf Kosten des Anteils an Vaccinien (Heidel- und Preiselbeere). Die koniferenreichen Bestände besitzen eine hohe Deckung der Vaccinien und eine niedrige Deckung der beiden Grasarten. Beim Vergleich der Artzusammensetzung zwischen B1- und B2-Schicht ist ein eindeutiger Nachweis für das Einwachsen von mehr Laubbäumen in die momentanen Nadelbaumbestände erkennbar. Bei dieser Aussage ist jedoch die inter- und intraspezifische Konkurrenz der Bäume untereinander sowie die lenkende Hand der Forstwirtschaft nicht berücksichtigt. Mit zunehmendem Alter der Bestände und abnehmender Stammzahlen auf den Flächen erhöht sich die Anzahl der Auerhühnernachweise. Die für das Auerhuhn wichtigen lichten Waldstrukturen werden am ehesten mit der Grenzliniendichte charakterisiert. Die Stammdichte ist dafür ein schwacher Parameter. In untersuchten Waldbeständen über einem Alter von 140 Jahren ließen sich die meisten Auerhühnernachweise auffinden. Allerdings ist die Anzahl dieser

Bestände sehr gering, was auf das momentane Erntealter der Hochlagenfichten bei 140 Jahren zurückzuführen ist und daher statistische Probleme bereitet. Rein mathematisch gesehen gibt es zu jeder Grenzliniendichte zwei Deckungsgrade der Baumschicht (Abb. 3). Durch diese Definition ist die Grenzliniendichte bei einem Deckungsgrad von 50 % maximal. Im Bereich von 30 bis 80 % B1-Deckungsgrad finden sich die für das Auerhuhn so wichtigen Deckungsgrade der Heidelbeere von über 40 %. In diesem Bereich liegt die Grenzliniendichte bei durchschnittlich über 1,5 km/ha. Mit zunehmender Grenzliniendichte nimmt die Häufigkeit an Auerhühnernachweisen zu (Abb. 4).

4.2 Die Feldschicht

In der Feldschicht sind alle Grasarten zusammen durchschnittlich mit 27 % Deckung vertreten. Dabei kann allein das Wollige Reitgras *Calamagrostis villosa* bis zu 28 % erreichen. Je geringer der Grasanteil ist, desto größer die Häufigkeit von Auerhühnernachweisen. Bei einem Grasanteil unter 5 % lässt sich stets eine höhere Anzahl von Nachweisen erbringen. Vegetationsfreie Flächen besitzen i.d.R. einen Anteil von unter 5 % 'Deckung'. Alle krautigen Pflanzen gemeinsam (ausser den Gräsern) sind stets mit einem Deckungsgrad unter 10 % vertreten. Die Zahl der Auerhühnernachweise hat keinen erkennbaren Zusammenhang mit der Gesamtdeckung der Feldschicht. Die vegetationsfreien Flächenanteile sind für eine signifikante Aussage zu gering. Bei der Untersuchung der Zwergsträucher wurden die beiden Vaccinienarten *V. myrtillus* und *V. vitis-idaea* zusammengefasst. Die Spannweite der Vaccinium-Deckungsgrade liegt zwischen 10 % und 99 %. Durchschnittlich beträgt dieser Anteil 50 %. Die

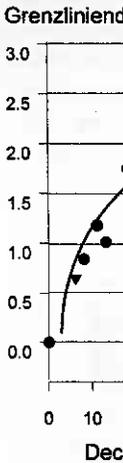


Abb. 3: Zu-
kunft der
Grenzlinien-
Grenzlinien-
stieren kön-
ha waren s
dance of the
It is shown
spond with
Densities of

Heidelbee-
Leben der
höher der
höher lag
hühnernach-
Die gem
Bestände
Habitatbe-
Strukturh
(Schutzfu
sie ein Fak

Abb. 5: D
Deckung d
von Auerh
dance of bl
presence.

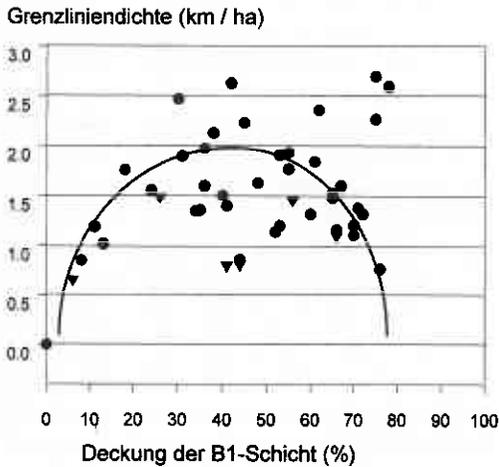


Abb. 3: Zusammenhang zwischen der Deckung der obersten Baumschicht (B1) und der Grenzliniendichte. Man erkennt, dass zu jeder Grenzliniendichte zwei Deckungsgrade existieren können. Grenzliniendichten über 2 km/ha waren selten. – *Correlation between the abundance of the crown-layer (B1) and the edge density. It is shown that each density of edges may correspond with two abundances of the higher tree layer. Densities of edges of more than 2 km/ha were rare.*

Heidelbeere spielt eine zentrale Rolle im Leben der Auerhühner (KLAUS 1986). Je höher deren Deckungsgrade sind, desto höher lagen auch die erbrachten Auerhühnnachweise (Abb. 5).

Die gemessenen Höhen der Vaccinien-Bestände sind nicht unwesentlich bei der Habitatbewertung. Neben der vertikalen Strukturheterogenität am Waldboden (Schutzfunktion für die Auerhühner) ist sie ein Faktor für die Vitalitäts-Bewertung

Abb. 5: Der Zusammenhang zwischen der Deckung der Vaccinien und dem Nachweis von Auerhühnern. – *Correlation between abundance of blueberry and evidence of capercaillie presence.*

Nachweise von Auerhühnern

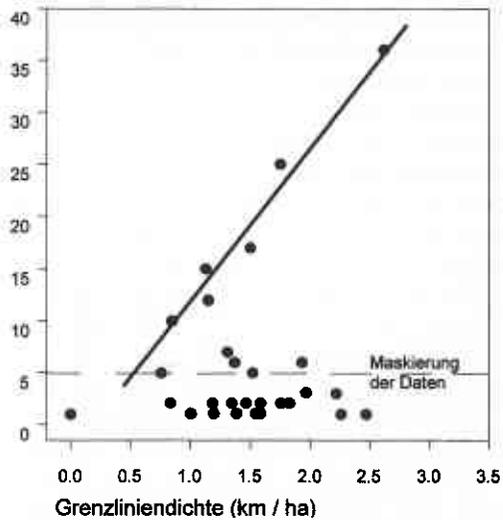
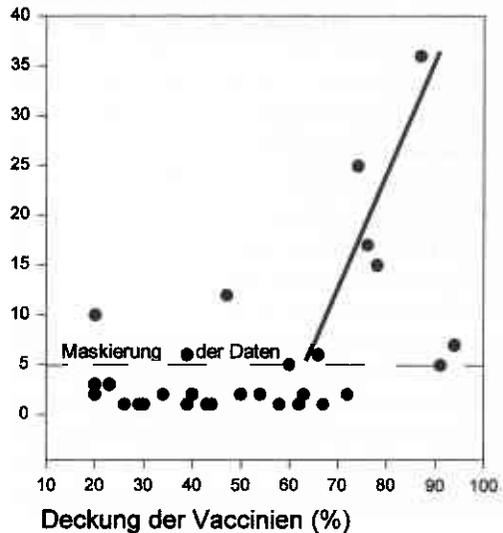


Abb. 4: Zusammenhang zwischen der Grenzliniendichte und den erbrachten Nachweisen von Auerhühnern. Die unteren Datensätze wurden maskiert, da man in den aufgesuchten Gebieten mit einer Grundwahrscheinlichkeit an Hinweisen rechnen muss. – *Correlation between the density of edges and evidence of capercaillie presence. The data in the lower figure are masked due to a certain probability of capercaillie presence in the study sites.*

Nachweise von Auerhühnern



der Heidelbeere. Die maximalen Höhen von 90 cm und darüber wurden stets dort gemessen, wo auch viele Auerhuhn nachweise erbracht wurden. Beim Vergleich zwischen der Vitalität der Heidelbeere (errechnet aus den Faktoren Höhe, Stammdurchmesser, Alter, Fruktifizierung, Verbiss, Schneedruck und Vermoosung) und den Nachweisen von Auerhühnern ist kaum eine Tendenz erkennbar. Das Problem ist die Quantifizierbarkeit der genannten Faktoren.

4.3 Totholz

Es konnte kein Zusammenhang zwischen dem liegendem und stehendem Totholz und den erbrachten Auerhuhn nachweisen gefunden werden. Allerdings nimmt die Deckung der Vaccinienschicht infolge hohen Anteils an liegendem Totholz stark ab. Liegt mehr als 50 Efm/ha, so beträgt die Deckung der *Vaccinium*-Schicht weniger als 40 %. Auf einigen Untersuchungsflächen wurden recht hohe Anteile an Totholz (ca. 20 % der gesamten Holzmasse) gefunden. Diese sind vor allem in den edaphisch und klimatisch für den Wald ungünstigen Kammlagen zu finden.

4.4 Zeitliche Dimension

Die strukturelle Vielfalt in mitteleuropäischen Waldökosystemen entlang einer Zeitachse ist immer variabel. Dieses ist eine Folge des Wachstums der Bäume und der (daraus resultierenden) Nutzung durch den Menschen. Die Einteilung der

jeweiligen Untersuchungsflächen in die verschiedenen Sequenzen der Waldsukzession erfolgte mit Hilfe des Vergleiches der Verteilung der Brusthöhendurchmesser (BHD) von lebenden und von toten Bäumen der B1-Schicht. Die Analyse über den BHD beinhaltet gleichzeitig die Faktoren Bestandsverjüngung, Stammzahl und Biomasse. Betrachtet man alle Untersuchungsflächen zusammen, so erkennt man die symmetrische Verteilung aller lebenden Bäume und die starke linkssteile Kurve für die Dürrlinge (Abb. 6). Das entspricht der Schlusswald-, eventuell auch schon der Optimalphase. Betrachtet man speziell die Flächen, auf denen 10 Auerhuhn nachweise oder mehr erbracht wurden, so fällt auf, dass die Verteilung der lebenden Bäume nicht mehr symmetrisch ist, sondern eher linkssteil, also in Richtung der jungen oder schwachen Bäume verschoben ist (Abb. 7). Beim Vergleich dieser beiden Abbildungen mit den Mustern der natürlichen Sukzessionsfolge eines mitteleuropäischen Bergmischwaldes fällt auf, dass das nicht dem entspricht, was man aus der Literatur (SCHERZINGER 1996; KLAUS 1986) über die Präferenzen dieser Vögel kennt. Im Fichtelgebirge wird aufgrund forstwirtschaftlicher Endnutzung starker Bäume die Sukzessionsphase des Plenterwaldes nur auf wenigen Flächen erreicht (Abb. 8). Aber erst die Phasen darüber hinaus (Klimax und Zerfall) sind die für das Auerhuhn optimalen Sequenzen der zeitlichen Dimension eines Waldes (SCHERZINGER 1996).

5. Diskussion

Die Problematik der geringen Auerhuhndichte im Fichtelgebirge führt unweigerlich zu der Frage, ob die ausgewählten Untersuchungsflächen repräsentativ für

die bewohnten Habitate dieser Vogelart sind. Es muss eventuell davon ausgegangen werden, dass mit den abgegrenzten Gebieten nicht der gesamte von Auerhüh-

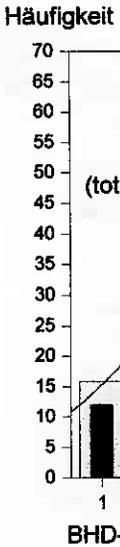


Abb. 6: Verteilung der Brusthöhendurchmesser (10 cm) von allen Bäumen (tot und lebend) in den untersuchten Plots.

nern gemessen wurden. Die Untersuchungen wurden durch nur wenige Teilnehmer durchgeführt. Schwierigkeiten traten wegen der geringen Anzahl an Auerhühnern auf. Die weitere Phase der Auswertung und der Größe der Stichprobe ist, dass die Ergebnisse eingehend zu prüfen sind und die Ergebnisse bezogen auf die Auerhuhndichte und die bedingten Untersuchungsflächen abgegrenzt werden. Daneben

Häufigkeit (%)

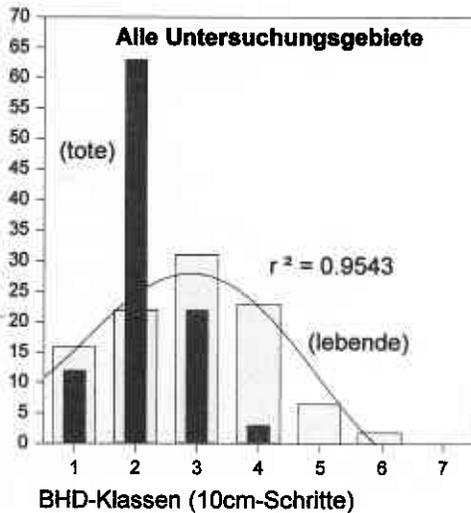


Abb. 6: Verteilungskurve für die BHD-Klassen (10cm-Schritte) der lebenden (breite Balken) und der toten Bäume (schmale Balken) von allen Untersuchungsflächen. – *BHD-classes distribution (10cm-steps) of living (wide column) and dead (small column) trees of all investigated plots.*

Häufigkeit (%)

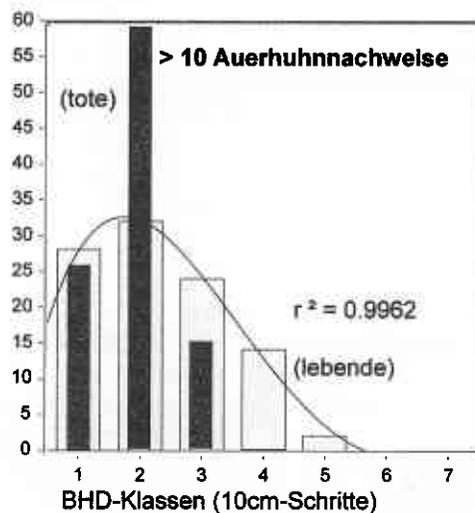


Abb. 7: Verteilungskurve für die BHD-Klassen (10cm-Schritte) der lebenden (breite Balken) und der toten (schmale Balken) Bäume auf Untersuchungsflächen mit mehr als 10 Auerhuhnnachweisen. – *BHD-class distribution (10cm-steps) of living (wide column) and dead (small column) trees of investigated plots with more than 10 determined evidences of capercaillies.*

nern genutzte Raum im Fichtelgebirge untersucht wurde. Vielmehr werden dadurch nur die bekannten Kerngebiete dieser Teilpopulation deutlich. Neben den Schwierigkeiten einer fundierten Statistik wegen der beschriebenen Problematik der kleinen Auerhuhnpopulation, liegen auch weitere Probleme bezüglich der weiteren Auswertung vor. Die Anzahl, Verteilung und Größe der Flächen müsste so gestaltet sein, dass mehr Datensätze in die Statistik eingehen. Die hier vorgestellten Ergebnisse und Werte können daher nur Tendenzen bezüglich der Habitatpräferenzen der Auerhühner im Fichtelgebirge aufzeigen und bedürfen genauerer wissenschaftlicher Untersuchungen, um zu fundierten und abgesicherten Ergebnissen zu gelangen. Daneben repräsentieren die Untersu-

chungen nur die Präferenzen im Sommer- und Herbsthabitat. Die Lebensraumansprüche der Auerhühner sind jedoch zu dieser Zeit am höchsten (Kükenaufzucht). Die Auswirkungen der Artzusammensetzung der oberen Baumschicht auf die für die Auerhühner wichtige Feldschicht sind deutlich erkennbar. In koniferenreichen Beständen (unter 20 % Laubbaumanteil) sind die Vaccinien mit durchschnittlich über 80 % Deckung zu finden. In kiefern- und lärchenreichen Beständen lassen selbst hohe Deckungsgrade der Baumschicht noch genug Licht durch die Kronen, so dass in der Feldschicht die halbschattentolerierende Heidelbeere optimale Bedingungen findet. Dagegen sind die Vaccinien in den Laubbaumbeständen (über 20 % Laubbäume) wegen des intensiven und

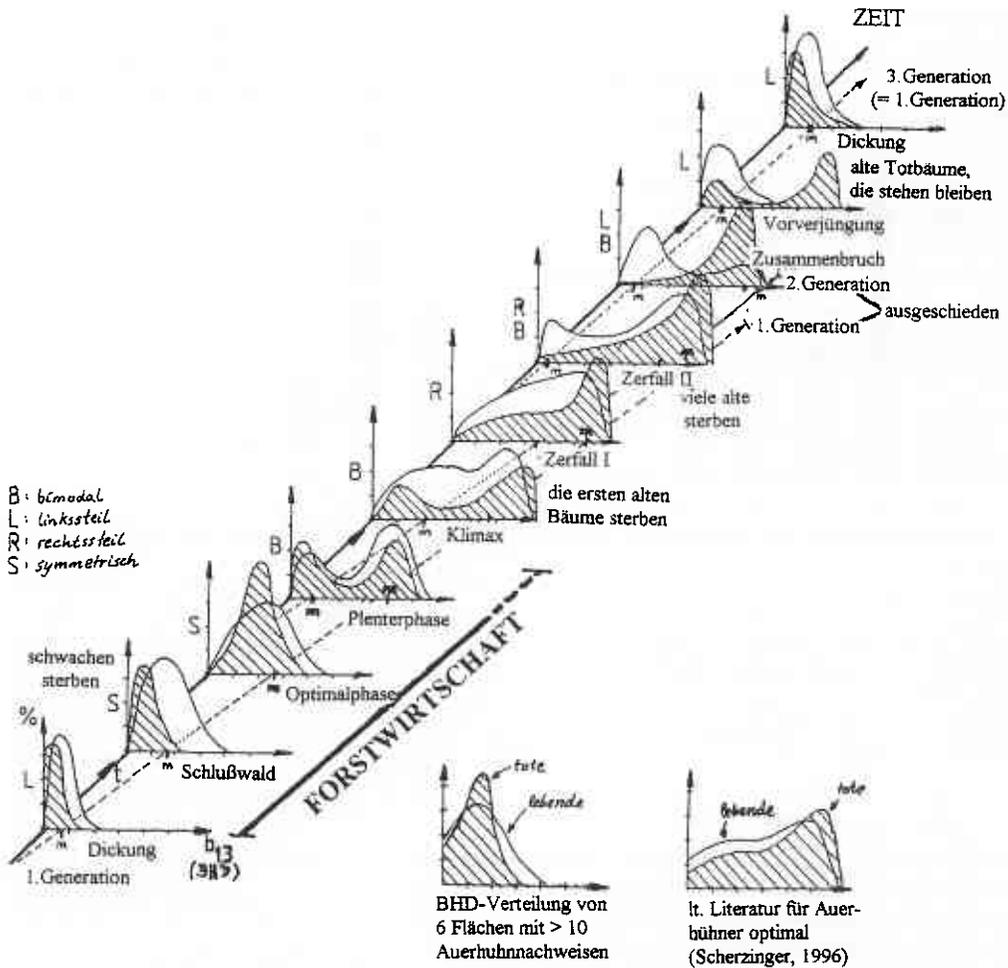


Abb. 8: Die BHD-Verteilungsmuster von lebenden und toten (schraffiert) Bäumen auf der zeitlichen Achse der natürlichen Waldsukzession. Der Vergleich mit den Untersuchungsflächen zeigt den starken Einfluss der Forstwirtschaft: Größere Anteile starker Bäume oder eine rechtssteile Verteilungskurve sind kaum vorhanden. – *The BHD-distribution of living and (hatching) trees on the time axis of a natural forest succession. The correlation with the study sites demonstrates the strong influence of forestry: large areas with older trees are absent.*

konkurrenzstärkeren Wachstums der Gräser sehr zurückgedrängt (unter 40 % Deckung). Vor allem *Calamagrostis* unterwandert die *Vaccinium*-Bestände und schattet sie ab, so dass sie kümmerln, nicht mehr fruktifizieren und absterben (KOPPISCH 1994, BETZ 1998). Die Tatsache, dass die Auerhühner sowohl Flächen mit Stamm-

zahlen unter 300/ha als auch Flächen mit über 800/ha frequentieren, entspricht nicht den Vorstellungen, die man aus der Literatur kennt (KLAUS 1986; SCHROTH 1994). Es wird stets nur von stammzahlarmen Beständen gesprochen. Analysiert man die Datensätze genauer, so erkennt man, dass die Flächen mit hohen Stammzahlen und

häufigen A
reichen Be
tester Bon
de sind d
gen (z.B. S
sig, dass
und niedr
sich ein s
der Auerh
somit in il
me Bestän
sich um se
alterte Ki
wiederum
nen posit
kungsgrad
Flächenan
z.T. über

Die Zahl
bei den e
höher als
Praxis. Für
ren Durch
lichkeit in
wichtig. D
führten U
B1-Schicht
Zahlen de
Beständen
nierenden
von über
werden di
pro Fläche
Daten über
Auerhuhn
die horiz
Baumsch
ser Schicht
den Nach
erbracht. D
mit den s
gen überei
Deckungs
am häufig
sucht (KL

häufigen Auerhuhnnachweisen in kiefernreichen Beständen auf Standorten schlechterster Bonität zu finden sind. Diese Bestände sind durch die früheren Devastierungen (z.B. Streunutzung) so schwachwüchsig, dass sehr viele Kiefern verkrüppelt und niedrig wachsend sind. Hier befindet sich ein sehr wichtiges Rückzugsgebiet der Auerhühner. Die Auerhühner machen somit in ihrer Präferenz für stammzahlarmer Bestände eine Ausnahme: wenn es sich um sehr schwachwüchsige und überalterte Kiefernbestände handelt. Diese wiederum haben auf die Feldschicht einen positiven Effekt: Trotz hoher Deckungsgrade in der Baumschicht sind die Flächenanteile der Heidelbeere sehr hoch, z.T. über 90 %.

Die Zahlen für die Stammdichten sind bei den eigenen Untersuchungen stets höher als die in der forstwirtschaftlichen Praxis. Für das Auerhuhn sind die Faktoren Durchfliegbarkeit und Übersichtlichkeit innerhalb des Baumbestandes wichtig. Daher wurden bei den durchgeführten Untersuchungen alle Bäume der B1-Schicht gezählt und vermessen. Die Zahlen der Forstämter zu den jeweiligen Beständen berücksichtigen nur die dominierenden oberen Bäume und nur Stärken von über 8 cm BHD. Dementsprechend werden die eigenen Daten zu Holzmassen pro Fläche gegenüber den forstlichen Daten überschätzt. Ein weiterer für das Auerhuhn sehr wichtiger Parameter ist die horizontale Struktur der obersten Baumschicht. Je stärker die Deckung dieser Schicht abnimmt, um so häufiger werden Nachweise auf derartigen Flächen erbracht. Die Ergebnisse stimmen sehr gut mit den schon bekannten Untersuchungen überein. Danach werden Bestände mit Deckungsgraden zwischen 50 % und 80 % am häufigsten von Auerhühnern aufgesucht (KLAUS 1986, BOOCK 1988, STORCH

1993, STORCH 1994). Im Fichtelgebirge scheint der Bereich noch bis 40 % nach unten erweitert zu sein. Auf Flächen unter 20 % Kronendeckung ist die Deckung der Vaccinien eindeutig am geringsten. Die Anzahl der Grenzlinien pro Fläche ist für die Auerhühner von sehr großer Bedeutung (KLAUS 1986, BOOCK 1988). Durch die Definition der Grenzlinien und durch die flächen- und liniengenaue Auswertung mit dem Programm AutoCAD 12 werden Grenzliniendichten ermittelt, die ca. 10 mal höher liegen, als die publizierten Werte (KLAUS 1986, OTTO 1994, SCHERZINGER 1996), dafür aber auch sehr exakte quantitative Aussagen ermöglichen. Das Maximum der Grenzliniendichte liegt demnach bei ca. 2,7 km/ha. Ab einer Grenzliniendichte über 1 km/ha nimmt die Häufigkeit der Auerhuhnnachweise zu. Durch geeignete waldbauliche Maßnahmen kann die Grenzliniendichte stark erhöht werden. Das Auerhuhn muss demnach nicht als ein typischer Störungszeiger mitteleuropäischer Wälder gelten. Es ist vielmehr ein Zeiger für eine bestimmte extensive Forstwirtschaft, die alters- und strukturerogene Wälder entwickelt. Ein weiteres Kennzeichen strukturreicher Wälder ist das Totholz. Hier konnte gezeigt werden, dass ein zu hoher Anteil an liegendem Totholz die Vaccinium-Schicht beeinträchtigt, auch wenn dadurch die Grenzliniendichte optimiert wird. Stehendes Totholz bringt durch das allmähliche Absterben und Freistellen immer noch genug Halbschatten, dass sich die Vaccinien durch diesen verzögerten Prozess der Lückenbildung anpassen können und nicht durch *Calamagrostis* gefährdet werden. Abgestorbene Bäume sollten aber nicht nur wegen der Heidelbeere oder des Bodenschutzes möglichst lange stehen bleiben. Für eine ganze Reihe von biozönotischen Konnexen (z.B. Spechte, Eulen,

xylobiontische Insekten oder Pilze), darunter viele Rote-Liste-Arten, ist stehendes Totholz überlebenswichtig (SCHERZINGER 1996).

Den entscheidenden Einfluss auf die Vaccinium-Schicht hat neben dem liegenden Totholz der Flächenanteil der Gräser. Liegt der Deckungsgrad der Gräser höher als 50 %, so findet man keine nennenswerten Nachweise an Auerhühnern. Neben der Konkurrenzstärke von *Calamagrostis* wirken sich die sehr feinen Kieselkurzhaare dieser Grasart nachteilig auf die Auerhühner aus. Nach einem Regen, Nebel oder Tau trocknen diese Blätter langsamer ab. Küken (in den ersten drei Wochen), die bei kalter Witterung mit diesem nassen Gras in längeren Kontakt kommen, kühlen sehr schnell aus, was sehr schnell zum Tod führen kann. Demgegenüber sind Heidelbeer-Bestände mit hohem Wuchs günstig für die Küken. Unter dem schützenden Dach dieser Zwergsträucher herrscht nicht nur für die Auerhühner ein besseres Mikroklima. Hier lassen sich durch die trockeneren und wärmeren Bedingungen höhere Dichten an Insekten finden, der wichtigsten Nahrung der jungen Küken. Berücksichtigt man die Größe der Auerhühner, so ist es verständlich, dass auf Flächen mit einer Heidelbeerschicht unter 35 cm Höhe kaum Nachweise erbracht werden konnten.

6. Maßnahmenkatalog an die Forstwirtschaft im Fichtelgebirge

1. Der Vormarsch der Gräser, vor allem von *Calamagrostis villosa*, muss gestoppt werden. Sowohl die massiven atmosphärischen Stickstoffeinträge als auch die zu raschen Auflichtungen der Baumschicht durch andere Schadstoffe begünstigen die Wuchsbedingungen der Grasschicht. Kalkungen in Auerhuhnhabitaten sollten wegen der schnellen

Das Flussdiagramm (Abb. 9) soll die gewonnenen Erkenntnisse zu den räumlichen Habitatstrukturen der Auerhühner im Fichtelgebirge darstellen. Da Auerhühner auf die untersuchten Strukturen nicht nur im Raum, sondern auch in der Zeit reagieren, spielt die vierte Dimension eine wichtige Rolle, besonders in der flächenübergreifenden gebietsbezogenen Betrachtungsweise (*landscape scale*). Daher spielt diese, neben der untersuchten flächenbezogenen Betrachtung (*forest stand*), eine entscheidende Rolle bei einem zukünftigen Habitatmanagement. Auerhühner sind Bewohner eines in ständiger Dynamik befindlichen Systems und sind gezwungen, innerhalb eines größeren zusammenhängenden Waldgebietes die mosaikartig verteilten und zeitlich begrenzten für sie optimalen Raumstrukturen aufzusuchen. Wenn die Forstwirtschaft nicht für die altersbedingten Strukturen sorgen kann, die das Auerhuhn braucht (Klimax und Zerfall), muss sie zumindest für die mosaikartige Verteilung von möglichst optimalen Flächen sorgen, da ja ständig auch Flächen für diese Tiere schlechter werden (z.B. zuwachsen). Der Schlüssel zu einer optimaleren Gestaltung jener Sukzessionsphasen, die das Auerhuhn natürlicherweise nicht bewohnt, von der Forstwirtschaft aber dorthin verdrängt wurde, ist die Grenzliniendichte.

- Freisetzung von Nährstoffen im Boden und der damit verbundenen Wuchsrückbildung von *Calamagrostis* unterbleiben.
2. In den Bereichen mit häufigen Auerhuhnvorkommen müssen die Grenzliniendichten im Wald erhöht werden. Dies kann durch eine Erhöhung des Umtriebsalters bei der Fichte auf beispielsweise 160 Jahre mit einer gleich-



Abb. 9: Flussdiagramm zur Darstellung der räumlichen Habitatstrukturen der Auerhühner im Fichtelgebirge. Die vertikale Achse zeigt die zeitliche Dimension (Höhe Vaccin) und die horizontale Achse die flächenbezogene Dimension (Deckung Feldschicht). Die Beschriftungen sind: Baumartensetzung, unter 20 % (mögl. ü), Baumartensetzung, möglich Nadelbäume > 60 %, Deckung Feldschicht, Höhe Vaccin.

3. Auf Standorten mit hoher Grenzliniendichte sollten zeitig sukzessive Stämme entfernt werden, um die Lichtverhältnisse zu verbessern oder zu stabilisieren.

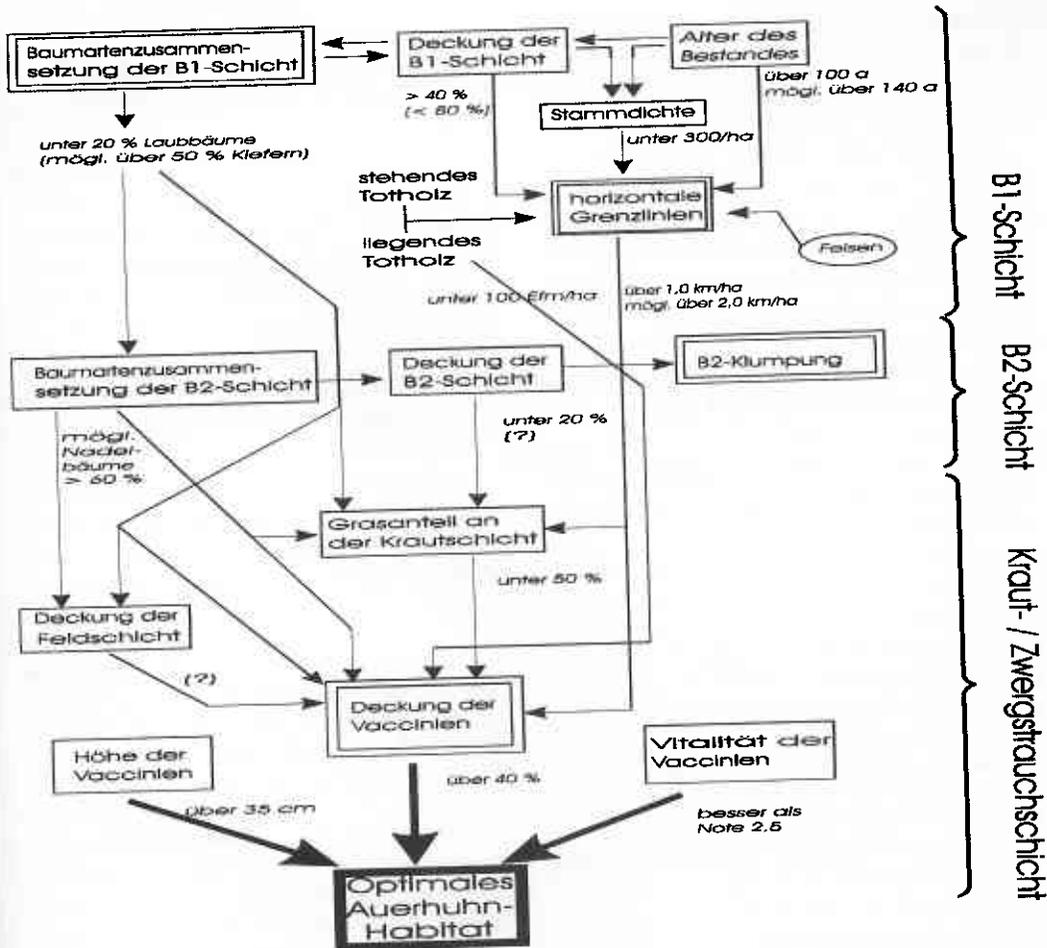


Abb. 9: Flussdiagramm der räumlichen Vegetationsstrukturen, die sich gegenseitig beeinflussen und für das Auerhuhn im Fichtelgebirge von Relevanz für die Habitatwahl sind. Die Zahlenwerte bezeichnen die limitierenden Größen, welche ein Optimalhabitat ausmachen. Die entscheidende Einflussgröße auf die Habitatqualität ist die Grenzliniendichte. – Flowchart of the three-dimensional vegetation structures, which are of importance for a habitat selection of capercaillies in the Fichtelgebirge. The numerical values indicate limiting factors which characterise an optimal habitat. Habitat quality is mainly influenced by the density of edges.

zeitig stattfindenden Reduzierung der Stammzahlen auf unter 300/ha erreicht werden. Insgesamt muss versucht werden, lückige und heterogene Strukturen zu initiieren, die denen der Klimax- oder Zerfallsphase ähnlich sind.

3. Auf Standorten schlechter Bonität sollten ausgewiesene Flächen aus der re-

gulären forstlichen Nutzung genommen werden. Pfliegerische Eingriffe zugunsten der Auerhühner oder zur Beseitigung von mit Borkenkäfern befallenen Bäumen sollten weiterhin möglich sein.

4. Dort, wo *Calamagrostis* nicht zurückgedrängt werden kann, muss der Gras-

anteil mit gezielter Schattierungspflanzung (Kiefer, Vogelbeere) eingedämmt werden. Die Pflanzungen sollten aber nur trupp- oder gruppenweise erfolgen und nicht flächig. Punktuell und bei der späteren Gefahr der zu starken Schließung der Verjüngung, muss auch Mut gefunden werden, den Baumnachwuchs zugunsten der frühzeitigen Förderung der Heidelbeere wieder zurückzunehmen.

5. Eine stärkere Durchmischung des Fichtelgebirges mit Laubbäumen ist im Sinne eines naturnäheren Waldbildes und sollte dem Auerhuhn nicht allzu sehr schaden, solange die räumlichen Struk-

turen passen. Es muss dabei aber beachtet werden, dass der Anteil der Heidelbeere nicht zu gering werden darf. Derartige Habitats können vor allem ausserhalb der Aufzuchtssaison den Ansprüchen dieser Tiere genügen.

6. Bei einem zukünftigen Auerhuhn-Habitatmanagement sollten zu empfindlichen Zeiten (Balz, Brut, Aufzucht) Kernzonen ausgewiesen werden, in denen Wirtschafts- und Wanderwege gesperrt werden. Um einem sogenannten 'Seltenheitstourismus' vorzubeugen, soll auf die Veröffentlichung exakter Beschreibungen von Auerhuhnvorkommen verzichtet werden.

Zusammenfassung

Das Auerhuhn *Tetrao urogallus* ist im Fichtelgebirge stark vom Aussterben bedroht. Im Gebiet des Fichtelgebirges gab es bisher weder zu den Habitatstrukturen noch zu den Habitatpräferenzen dieser paläarktisch-boreal verbreiteten Vogelart Untersuchungen. Die vorliegende Arbeit analysiert die Wald- und Vegetationsstrukturen innerhalb der noch besiedelten Lebensräume des Fichtelgebirges und stellt diese in Bezug zu den in den letzten Jahren erbrachten Nachweisen von Auerhühnern. Trotz der geringen Anzahl an noch vorhandenen Individuen gelangen 170 direkte und indirekte Auerhuhnnachweise. Die gewonnenen Ergebnisse geben nur einen zeitlich begrenzten Einblick in die jahreszeitlich unterschiedlichen Habitatpräferenzen. Geschlechterspezifisch wurde nicht analysiert. Die Auerhühner bevorzugen eindeutig nadelbaumreiche Bestände, möglichst mit einem Kiefernanteil über 50 %. Bereiche mit einem Laubbaumanteil von über 20 % werden gemieden. Zum einen wird die Kiefer als Winternahrung genutzt. Der Hauptgrund für diese Präferenz ist im Unterboden zu finden. Die meisten Kiefernbestände stehen auf quarzreichem Phyllit. Dieser benachteiligt wegen der geringen Wasserspeicherkapazität die Gräser zugunsten der

Heidelbeere *Vaccinium myrtillus*. An diesen Zwergstrauch ist das Leben der Auerhühner sehr eng gebunden. Bevorzugt werden Deckungsgrade der Heidelbeere über 60 % und Höhen von über 35 cm. Da die Deckung der Heidelbeere mit dem Lichtregime im Bestand korreliert, ist der entscheidende Faktor die Grenzliniendichte der obersten Baumschicht. Über einer Grenzliniendichte von 1 km/ha sind vermehrt Auerhuhnnachweise erbracht worden. Bestände mit einer maximalen Dichte von 2,5 km/ha zeigen höchste Nachweiszahlen. Die Grenzliniendichte ist mit den Parametern Stammzahl pro Fläche und Bestandesalter verknüpft, beides Faktoren, die stark von der forstwirtschaftlichen Tätigkeit beeinflusst sind. Die Grenzliniendichte beeinflusst aber auch die Konkurrenzstärke der Gräser, vor allem von *Calamagrostis villosa*. Dieses wiederum ist in der Lage, massiv die Heidelbeere zurückzudrängen und bei nasskalter Witterung den Daunenkühen stark zuzusetzen. Das liegende und stehende Totholz wurde sehr genau erfasst. Besonders das liegende Totholz reduziert über 50 Efm/ha die Deckung der Vaccinien so weit, dass die Auerhuhnnachweise merklich nachlassen. Der Totholzanteil am Gesamtvorrat ist auf manchen Flächen über

10 %, auf e
Neben de
tionsstrukt
Aspekte der
dienten die
ken von leb
ren Baums
len. Diese v
nutzt, so da
anthropoge
die die alth
turheteroge
aufgrund d

Bedanken m
Prof. Dr. K.
lichung dies
Dr. P. Gerstl
rigkeiten m
den fachm
Auerhuhn,
Wagner un
intensive Ein
nen und für

BETZ, C. (199
tungsökolo
reuther For
lag BITÖK
BOOCK, G. (1
Vorkomme
tenreihe La
in Thüring
BRAUN-BLANC
gie. Spring
GUBITZ, C. &
Ostoberfran
Naturwisse
reuth, Nr.3
HERTEL, M. (1
hahn? Ergel
einer Teilfl
öffentlich.

10 %, auf einigen sogar bis zu 20 %.

Neben den räumlichen Aspekten der Vegetationsstrukturen wurden auch die zeitlichen Aspekte der Waldsukzession untersucht. Dazu dienten die Verteilungsmuster der Stammstärken von lebenden und toten Bäumen der oberen Baumschicht. Alte und starke Bäume fehlen. Diese wurden forstwirtschaftlich endgenutzt, so dass die Aspekte der Waldsukzession anthropogen überprägt sind. Die Auerhühner, die die altholz- und grenzlinienreichen strukturierten Bestände bevorzugen, sind aufgrund deren Fehlens im Fichtelgebirge in

ungeeignete Bereiche verdrängt worden. Diese sind die Optimal- und die Schlusswaldphase. Dort finden sich zwar noch genügend Bereiche mit hoher Heidelbeerdeckung oder idealer Verteilung der Baumverjüngung; daneben ist aber in vielen Bereichen die Grenzliniendichte für eine hohe Habitatqualität zu gering. Es werden Vorschläge für eine Verbesserung der Habitatstrukturen unterbreitet. Kurzfristig und mittelfristig können in dieser Hinsicht baldige Habitatverbesserungen erreicht werden und die Auerhuhnpopulation im Fichtelgebirge vielleicht retten.

Dank

Bedanken möchte ich (A.v.H.) mich bei Herrn Prof. Dr. K. Müller-Hohenstein für die Ermöglichung dieses Diplomarbeitsthemas, bei Herrn Dr. P. Gerstberger für die Hilfe bei allen Schwierigkeiten mit dem Programm AutoCAD und den fachmännischen Rat bei Fragen rund ums Auerhuhn, bei den Forstbeamten Herrn K. Wagner und Herrn M. Hertel für die sehr intensive Einweisung in die örtlichen Situationen und für das Heranführen an die spezifi-

schon Probleme des Auerhuhns im Fichtelgebirge, bei der Forstdirektion Oberfranken, Bayreuth, besonders bei Herrn Dr. H. Koch für Anregungen zum Thema und die freie Fahrerlaubnis auf allen Forstwegen, bei der Verwaltung des 'Naturpark Fichtelgebirge' für die Unterstützung der Arbeit und bei allen, die mir mit Ratschlägen, Korrekturen oder Computerhilfen zur Seite standen.

Literatur

- BETZ, C. (1998): Untersuchungen zur Ausbreitungsökologie des Wolligen Reitgrases. Bayreuther Forum Ökologie, Vol. 59, Selbstverlag BITÖK, Bayreuth.
- BOOCK, G. (1988): Rauhußhühner – Ökologie, Vorkommen und Schutz in Thüringen. Schriftenreihe Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen, 25. Jg.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Springer, Wien.
- GUBITZ, C. & R. PFEIFER (1993): Die Vogelwelt Ostoberfrankens. Beihefte zu Berichten der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Bayreuth, Nr.3.
- HERTEL, M. (1997): Eine Zukunft für den Auerhahn? Ergebnisse der Habitat-Kartierung auf einer Teilfläche des Fichtelgebirges. Unveröffentlicht.
- JEDICKE, E. (1997): Die Roten Listen. Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotope in Bund und Ländern. Ulmer, Stuttgart.
- KLAUS, S. et al. (1986): Die Auerhühner. A. Ziemsen, Wittenberg Lutherstadt.
- KOPPISCH, D. (1994): Nährstoffhaushalt und Populationsdynamik von *Calamagrostis villosa*, einer Rhizompflanze des Unterwuchses von Fichtenwäldern. Bayreuther Forum Ökologie, Vol. 12, Selbstverlag BITÖK, Bayreuth.
- MANTEL, K. (1990): Wald und Forst in der Geschichte. M. & H. Schaper, Hannover.
- OTTO, H.-J. (1994): Waldökologie, Ulmer, Stuttgart.
- SCHERZINGER, W. (1996): Naturschutz im Wald – Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. Ulmer, Stuttgart.

- SCHRÖDER, W. et al. (1982): Das Auerhuhn in Bayern. Schriftenreihe des Bayerischen Landesamt für Umweltschutz, Heft 49, München.
- SCHROTH, K.-E. (1994): Zum Lebensraum des Auerhuhns im Nordschwarzwald. In: Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 148.
- STORCH, I. (1993): Habitat selection by Capercaillie in summer and autumn – is bilberry important? *Oecologia*, 95: 257-265.
- STORCH, I. (1994): Auerhuhnschutz – Aber wie? Ein Leitfaden. – Broschüre, Wildbiologische Gesellschaft München, Ettal.

Andreas von Heßberg
Lehrstuhl Tierökologie I
Universität Bayreuth
D-95440 Bayreuth

Dr. Carl Beierkuhnlein
Lehrstuhl Biogeographie
Universität Bayreuth
D-95440 Bayreuth