

Zeitschrift: Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft
Band: 92 (2015)

Artikel: Die Förderung des Auerhuhns im Waldreservat Amden
Autor: Ehrbar, Rolf / Bollmann, Kurt / Mollet, Pierre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-832634>

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: 17.01.2026

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

Die Förderung des Auerhuhns im Waldreservat Amden

Rolf Ehrbar, Kurt Bollmann und Pierre Mollet

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	54
1 Waldreservate als Instrument der Biodiversitätsförderung	54
2 Das Auerhuhn, dessen Bedeutung als Schirmart und seine Gefährdung	55
3 Nationaler Aktionsplan zur Förderung des Auerhuhns	56
4 Ziele im Waldreservat Amden und Reservatsvertrag	57
5 Das Waldreservat Amden als Lebensraum für das Auerhuhn	57
5.1 Lage und Grösse	57
5.2 Klima	58
5.3 Waldvegetation	59
5.4 Die Weisstanne	63
5.5 Holzvorrat und Zuwachs	64
5.6 Lebensraumeignung des Waldes für das Auerhuhn	64
6 Management	67
6.1 Ziel	67
6.2 Priorisierung der waldbaulichen Massnahmen für das Auerhuhn	67
6.3 Anforderungsprofil und Weiserflächen zur Herleitung der waldbaulichen Massnahmen	67
6.4 Bisherige Massnahmen	70
6.5 Reduktion von Störungen	70
7 Controlling: Erfolgs- und Vollzugskontrolle	70
8 Totholz als ökologische Nische	73
8.1 Ökologische Minimalwerte für Totholz	73
8.2 Totholzinventar	73
8.3 Interpretation und Folgerungen für die Bewirtschaftung	75
Literaturverzeichnis	76

Kurzfassung

In den Wäldern von Amden lebt die grösste Auerhuhnpopulation der Nordostschweiz. Um diese gefährdete Brutvogelart zu schützen und zu fördern wurde ein grosses Waldreservat eingerichtet. Bei Projektbeginn nutzte das Auerhuhn erst einen Drittelpart der Waldfläche, während die übrigen Waldbestände mehrheitlich noch zu dicht und zu dunkel waren und deshalb aufgelichtet werden müssen. Eine Untersuchung zeigt, dass solche Aufwertungsmassnahmen den erwarteten Erfolg bringen. Auch die ökologische Bedeutung des Totholzes wird bei der Behandlung dieses Waldreservates berücksichtigt. Von den Lebensraumverbesserungen profitieren weitere Arten wie Waldschneepfe, Sperlingskauz, Dreizehenspecht sowie Insekten und Pflanzen des strukturreichen Bergwaldes. Im Reservatsprojekt wurden fachliche Standards für die waldbaulichen Massnahmen und das Vorgehen zu deren Priorisierung sowie für die Erfolgskontrolle festgelegt.

1 Waldreservate als Instrument der Biodiversitätsförderung

Waldreservate sind wichtige Instrumente zur Förderung der Biodiversität, was sich u. a. darin zeigt, dass Bund und Kantone dafür ein Flächenziel definieren. Waldreservate unterscheiden sich von anderen Naturschutzinstrumenten wie beispielsweise Altholzinseln oder Biotopbäumen dadurch, dass sie eine grosse Fläche umfassen und langfristig mit Verträgen gesichert sind. In Waldreservaten haben Naturschutzziele Vorrang vor anderen Waldfunktionen und Ansprüchen. Für langfristig zu fördernde Arten wie das Auerhuhn, dessen Siedlungsdichte gering ist und welches grossflächige Habitate benötigt, sind Waldreservate ein optimales Schutzinstrument.

Je grösser und besser vernetzt ein Auerhuhnlebensraum ist, desto wahrscheinlicher ist er von einer Lokalpopulation besiedelt (BOLLMANN et al. 2011). Zusätzlich ist auch die

Lebensraumqualität eines Gebietes wichtig, denn die Bestandesdichte des Auerhuhns nimmt mit der Qualität des Lebensraums bzw. dem Anteil an geeigneten Waldbeständen zu (STORCH 2002, 2003). Im Streifgebiet einer Lokalpopulation sollen mindestens zwei Drittel der Waldfläche für das Auerhuhn geeignet sein (STORCH 1999). Der Aufwand, der geleistet werden muss, um dieses Ziel zu erreichen, wird massgeblich durch die Wuchsgröße der Wälder und ihre aktuelle Eignung als Auerhuhnlebensraum bestimmt (BOLLMANN et al. 2008). So braucht es auf schlechtwüchsigen Standorten wie in Moorrand-Fichten- und Torfmoos-Bergföhrenwäldern oder im Bereich der oberen Waldgrenze keine oder nur begleitende Massnahmen. Naturwaldreservate ohne Bewirtschaftung sind für den Auerhuhnschutz nur auf solchen Standorten zweckmässig (BOLLMANN et al. 2008). Häufiger besiedeln Auerhühner Wälder auf produktiveren Standorten, welche dank bisheriger Bewirtschaftung gute Lebensbedingungen bieten, diese jedoch ohne fortgesetzte forstliche Eingriffe verlieren und deshalb mit der Zeit zu dicht und zu dunkel würden (MOLLET et al. 2008). In diesen Fällen sind Sonderwaldreservate, in denen Massnahmen zugunsten eines vertraglich festgelegten Naturschutzzieles möglich sind, das richtige Instrument (BOLLMANN et al. 2008, EHRBAR et al. 2011). Das Waldreservat Amden ist ein Sonderwaldreservat. Dieses Waldreservat ist gut begründet: Erstens lebt in ihm der grösste Bestand von Auerhühnern im Kanton St. Gallen (DEBRUNNER et al. 2005, KORMANN et al. 2012). Zweitens liegt es im Zentrum des überregionalen Populationsverbundes am östlichen Alpennordrand (BOLLMANN 2006, KORMANN et al. 2012). Drittens weist es ein gutes landschaftsökologisches Potenzial mit einem hohen Anteil an Flach- und Hochmooren auf, die mit den Waldflächen mozaikartig verzahnt sind (GRAF et al. 2006, GRAF et al. 2007).

2 Das Auerhuhn, dessen Bedeutung als Schirmart und seine Gefährdung

Das Auerhuhn (*Tetrao urogallus*) ist die grösste Art innerhalb der Familie der Raufusshühner (*Tetraonidae*). Der Hahn ist etwa so gross wie eine Gans und kann bis zu 5 kg schwer werden (Abbildung 1). Die kleinere Henne (Abbildung 2) ist mit maximal etwas über 2 kg deutlich leichter (KLAUS et al. 2008). Wie die anderen einheimischen Raufusshuhn-

arten ist das Auerhuhn hinsichtlich Körperbau und Ernährung sehr gut an das Leben in kalten, schneereichen Lebensräumen angepasst. Ein auffälliges Merkmal sind die seitlichen Hornstifte an den Zehen, welche die Auflagefläche der Zehen markant vergrössern und dadurch das Gehen im Schnee erleichtern (GLUTZ VON BLOTZHEIM et al. 1973).

Das Auerhuhn ernährt sich vorwiegend vegetarisch. Zwischen Frühjahr und Herbst



Abbildung 1:
Auerhahn mit fächerartig
aufgerichtetem Schwanz.
Dessen Federn haben eine
individuelle Zeichnung.
Foto C. Morerod.



Abbildung 2:
Die Auerhenne ist mit
ihrem gebänderten,
rotbraunen Gefieder gut
getarnt. Foto C. Morerod.

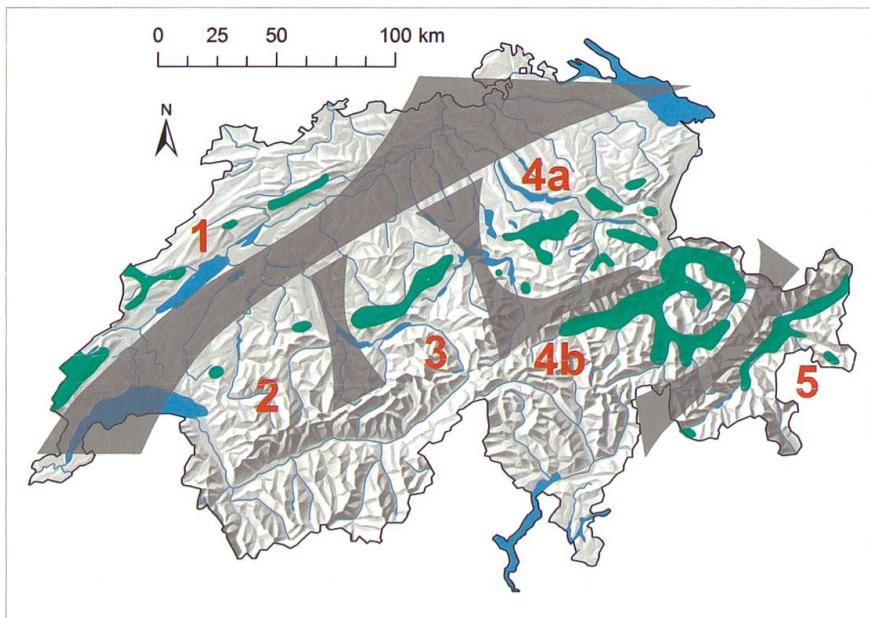


Abbildung 3:
Aktuelle Verbreitung des
Auerhuhns in der Schweiz.
Die fünf einzelnen Popu-
lationen (Nr. 1 bis 5) sind
voneinander isoliert.

frisst es Triebe, Blätter, Samen und Beeren der Kraut- und Zergstrauchschicht. Im Winter weicht es auf Koniferen aus und lebt während Wochen oder sogar Monaten ausschliesslich von deren Nadeln. Die Küken fressen in den ersten Lebenswochen vor allem Gliederfüssler wie Insekten und Spinnen. Erst nach drei bis vier Wochen stellen sie auf Pflanzennahrung um. Diese Ernährungsweise ist nur in abwechlungsreich strukturierten Wäldern möglich. Gute Auerhuhn-Lebensräume bieten auf kleinem Raum Nahrung, Schutz und Deckung. Wegen der vielfältigen Ansprüche an den Lebensraum und der grossen Streifgebiete gilt das Auerhuhn als ‹Schirmart› im Bergwald (SUTER et al. 2002, PAKKALA et al. 2003). Ökologen bezeichnen jene Arten als Schirmart, deren Förderung eine positive Wirkung auf andere typische Arten ihres Lebensraums hat. Im Falle des Auerhuhns sind dies vor allem seltene Brutvögel wie Waldschneepfe, Sperlingskauz oder Dreizehenspecht sowie Insekten und Pflanzen des offenen, strukturreichen Bergwaldes.

Das Hauptverbreitungsgebiet des Auerhuhns liegt im nördlichen Eurasien von Norwegen bis nach Sibirien (KLAUS et al. 2008).

In der Schweiz besiedelt die Art ober- und hochmontane sowie subalpine Wälder des Juras, der nördlichen Voralpen und der östlichen Zentralalpen (MOLLET et al. 2003). Wie in allen Regionen Zentraleuropas ist das Verbreitungsgebiet des Auerhuhns auch in der Schweiz in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts deutlich geschrumpft (Abbildung 3), und der Bestand hat stark abgenommen. Seit Beginn der 1970er Jahre bis 2001 verminderte sich der Frühjahresbestand von mindestens 1'100 auf 450–500 Hähne (MARTI 1986, MOLLET et al. 2003). Diese Entwicklung wird zu einem grossen Teil auf die Verschlechterung der Lebensbedingungen im Wald zurückgeführt. Seit 1971 ist das Auerhuhn in der Schweiz eine geschützte Art gemäss Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz freilebender Säugetiere und Vögel (JSG).

3 Nationaler Aktionsplan zur Förderung des Auerhuhns

Das Auerhuhn wird auf der Roten Liste der gefährdeten Brutvogelarten der Schweiz als stark gefährdete Art geführt (KELLER et al. 2010). Deshalb wird ein beachtlicher Teil der

Ressourcen der Artenförderung im Bergwald für Lebensraumverbesserungen zu Gunsten dieser Art eingesetzt. Die organisatorischen, fachlichen und finanziellen Rahmenbedingungen sowie die Zusammenarbeit zwischen Ämtern, Forstdiensten und Experten wurden in einem nationalen Aktionsplan festgelegt (MOLLET et al. 2008). Ziel des Aktionsplans ist, in einer ersten Phase den negativen Bestandstrend zu stoppen und längerfristig die Weiterausbreitung der Art zu ermöglichen.

Um die Ressourcen möglichst effektiv einzusetzen, beschränkt man sich bei den Förderungsmassnahmen auf Wälder mit überdurchschnittlichem Potenzial als Auerhuhn-Lebensraum. Mit einem Habitatmodell wurden diese Wälder identifiziert (GRAF et al. 2005, GRAF et al. 2006). Für jedes der nach den Koordinaten der Landesvermessung ausgerichteten Hektarquadrate Wald berechnet das Modell die Eignung als Lebensraum für das Auerhuhn mit einem Wert zwischen 0 (keine Eignung) und 1 (optimale Eignung). Lebensraum-Potenzialgebiete sind durch eine hohe Dichte an Rasterzellen mit Habitatemignung zwischen 0.5 und 1.0 charakterisiert. Sind solche Potenzialgebiete vom Auerhuhn permanent besiedelt, werden sie als Förderungsgebiete erster Bedeutung bezeichnet. Massnahmen werden mit erster Priorität in diesen Gebieten umgesetzt. Ehemals besiedelte Potenzialgebiete oder solche mit einer Trittsteinfunktion im Regionalverbund sind Förderungsgebiete zweiter Bedeutung (GRAF et al. 2004, BOLLMANN & GRAF 2008, MOLLET et al. 2008). Der Raum, in welchem das Sonderwaldreservat Amden liegt, ist ein Auerhuhn-Förderungsgebiet erster Bedeutung.

4 Ziele im Waldreservat Amden und Reservatsvertrag

Entsprechend dem nationalen Aktionsplan sollen im Gebiet Amden die lokale Auerhuhn-Population langfristig erhalten sowie der Verbund mit benachbarten Populationen

sichergestellt werden (BOLLMANN et al. 2011). Dass dieser Verbund aktuell besteht, haben KORMANN et al. (2012) gezeigt. Mit genetischen Methoden haben die Forscher nachgewiesen, dass der Austausch von Individuen zwischen Amden und Rickenpass sowie über das Thurtal hinweg zu den Populationen im Raum Schwägalp stattfindet. Zudem hat sich in derselben Untersuchung gezeigt, dass die Abwanderung von Individuen aus Amden grösser ist als die Zuwanderung. Das bedeutet, dass dieser Raum für die Förderung des Auerhuhns eine überregionale Bedeutung hat. Die Ortsgemeinde Amden als Waldeigentümerin und der Kanton St.Gallen schlossen deshalb im Jahr 2006 einen Waldreservatsvertrag ab mit Gültigkeit bis 2055. Er definiert den Perimeter, die Ziele und Massnahmen des Reservates und regelt die Förderbeiträge. Gemäss Vertragstext bezweckt das Reservat primär die Förderung der Biodiversität, doch dient es auch der Umweltbildung und Öffentlichkeitsarbeit (EHRBAR 2011) sowie zusätzlich der Forschung.

Zur Erhaltung der lokalen Auerhuhn-Population ist es von zentraler Bedeutung, die Lebensraumkapazität möglichst flächendeckend zu optimieren. Die Lebensraumkapazität wird durch das landschaftsökologische Potenzial (GRAF et al. 2005, GRAF et al. 2006), die Flächengrösse und Lebensraumqualität des Waldes sowie die Störungen durch Menschen bestimmt. Die ersten beiden Kriterien waren der Grund dafür, das gesamte Förderungsgebiet erster Bedeutung im Raum Amden in den Reservatsperimeter zu integrieren.

5 Das Waldreservat Amden als Lebensraum für das Auerhuhn

5.1 Lage und Grösse

Das Gebiet der Gemeinde Amden liegt zwischen dem westlichen Walenseebecken und dem Toggenburg und ist zu 46% bewaldet. Das Waldreservat befindet sich im Nordos-

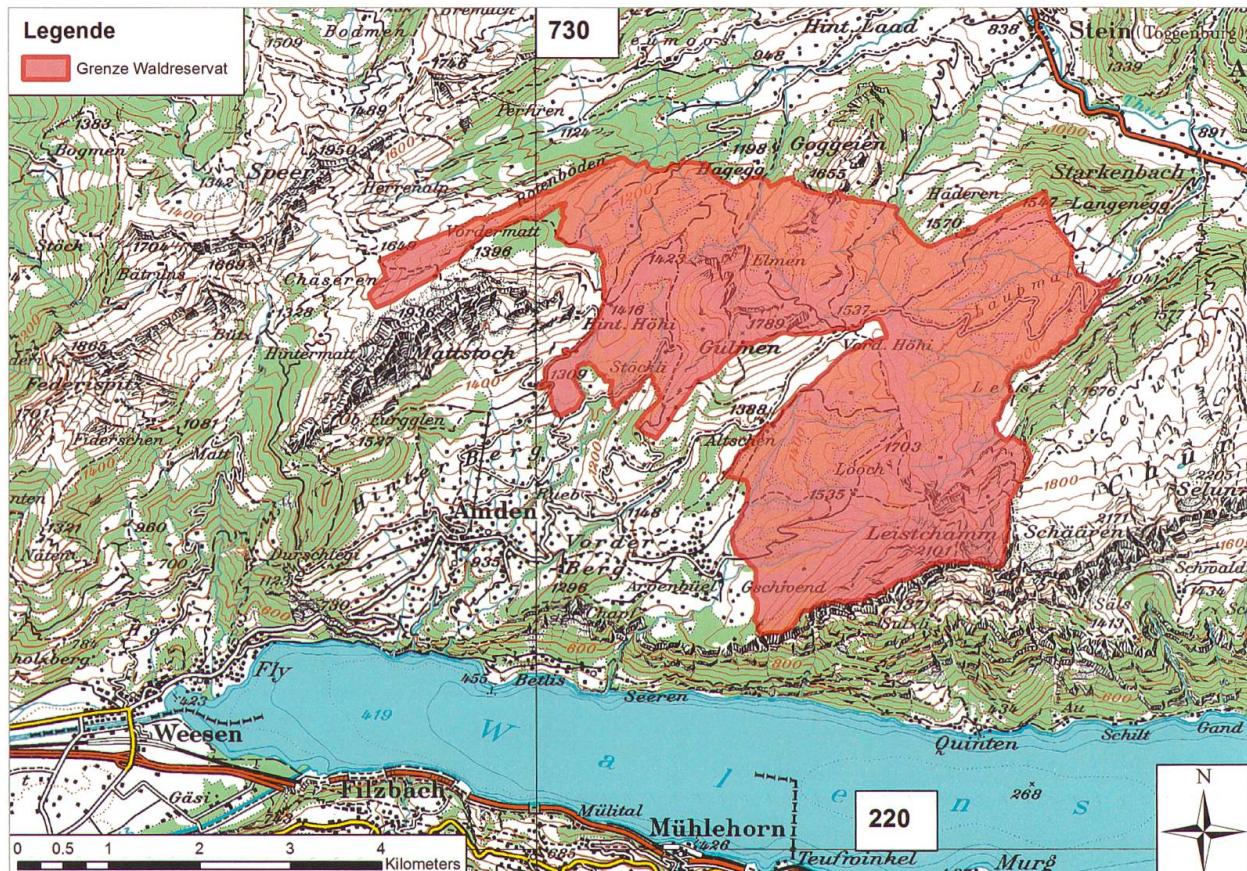


Abbildung 4:
Perimeter des Waldreservates Amden

ten der Gemeinde beidseits der Wasserscheide zwischen den Flüssen Linth und Thur (Abbildung 4). Die Mittelpunktkoordinaten lauten $9^{\circ}13'E$, $47^{\circ}10'N$. Der Bereich zwischen dem tiefstgelegenen Punkt auf 1'040 m ü. M. und dem Gipfel des Leistchamms auf 2'101 m ü. M. umfasst die vegetationskundlichen Höhenstufen obermontan bis alpin. Drei Viertel des Waldes haben eine Hangneigung von weniger als 30° . Die Gesamtfläche des Waldreservates beträgt 1772 ha. Davon entfielen gemäss Bestandeskartierung aus dem Jahr 2000 975 ha oder 55% auf Wald. Die neue Bestandeskartierung aus dem Jahr 2012 ergibt eine Waldfläche von 1014 ha. Die übrigen Flächen sind Moore (BRÜLISAUER 2006), Alpweiden, alpine Rasen und Felsgebiete.

5.2 Klima

Die durchschnittliche Jahres-Niederschlagssumme im Waldreservat beträgt 1'955 mm und die maximale Schneehöhe 5 m. Beide Werte basieren auf Daten der Jahre 1998 bis 2013 der automatischen Schneemessstation ‹Bärenfall› am Rande des Waldreservates auf 1610 m ü. M. (SLF 2014). Die Jahres-Durchschnittstemperatur wird für die Höhenlage von 1400 m ü. M. auf $4.6^{\circ}C$, die mittlere Monatstemperatur im Februar auf $-3.0^{\circ}C$ und im Juli auf $13^{\circ}C$ geschätzt (VANONI 2012). Die Vegetationsperiode dauert 100 bis 150 Tage (Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement und Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement 1977). Die Schneedecke kann auf offener Fläche bis zu zwei Mal hö-



Abbildung 5:
Der Schnee ist in Amden
ein limitierender Faktor für
die Waldverjüngung.

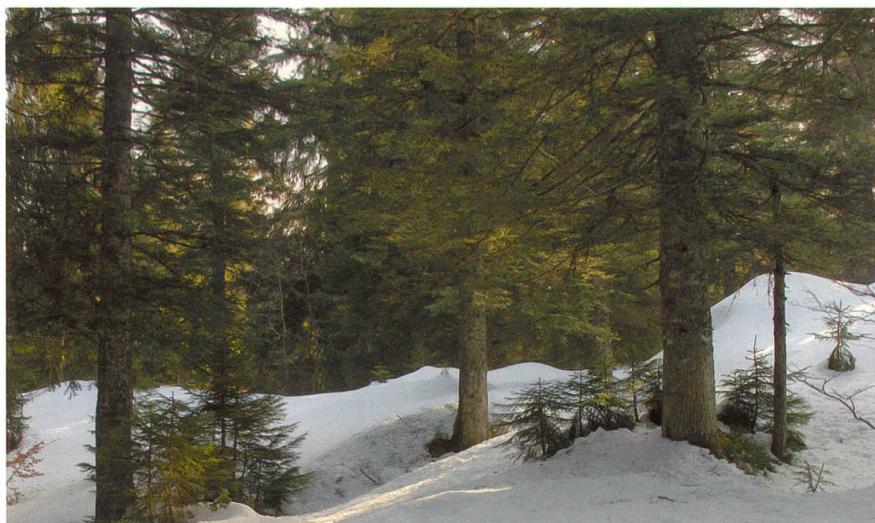


Abbildung 6:
Diese Verjüngung siedelt
sich im Schutz alter Weiss-
tannen an.

her sein als im Waldbestand (SCHNEIDER 2008). Schnee ist in Amden ein ökologisch entscheidender und waldbaulich limitierender Faktor, welcher die zulässige Grösse von Öffnungen im Waldbestand begrenzt (Abbildungen 5 und 6, EHRBAR 2006).

Die Witterungsverhältnisse können von Jahr zu Jahr stark variieren. So liegt das bisherige Maximum des Jahresniederschlags 60% über dem Minimum. Die Monatswerte streuen noch stärker. Die Lufttemperatur kann im Winter während mehrerer Tage auf über Null Grad klettern, aber auch unter -20°C fallen.

5.3 Waldvegetation

Standorttypische Kombinationen von Pflanzen in den Wäldern bilden die so genannten Waldgesellschaften, welche kartografisch dargestellt werden können. Die flächengrössten Waldgesellschaften des Waldreservates Amden sind Tannen-Fichten- und Tannen-Buchenwälder (Abbildungen 7 und 8). Erstere umfassen 43%, letztere 39% der Waldfläche und sind mosaikartig miteinander verzahnt. Weitere Waldgesellschaften sind Fichtenwälder (Abbildung 9) auf 7% und Laubwälder



Abbildung 7:

Der Heidelbeer-Tannen-Fichtenwald ist von den namengebenden Nadelbäumen, der Heidelbeere und Moosen geprägt, häufig sind auch Farne vorhanden (Zeichnung: Andrea Klaiber, www.doppel-kopf.ch).

auf rund 3% der Fläche sowie die seltenen und schützenswerten Moorrand-Fichten- und Torfmoos-Bergföhrenwälder. Die Haupt-Waldgesellschaften sind in EHRBAR et al. (2011) aufgelistet, und FREHNER (2006) hat die einzelnen Gesellschaften sowie deren Standorte detailliert beschrieben.

Die häufigste Baumart im Waldreservat ist die Fichte (Rottanne, *Picea abies*). Ihr Kronen-Deckungsgrad beträgt 68%. Die Waldföhre (*Pinus sylvestris*), in anderen Gebieten ein wichtiger Äsungsbaum des Auerhuhns, kommt im Waldreservat aus standörtlichen Gründen nur selten vor. Die Bergföhre (*Pinus mugo*) ist häufiger, v. a. dank der Hochmoore. Der Laubholzanteil liegt bei 22%. Etwa 18% der Waldfläche wurden als ungleichaltrig, plenterartig kartiert. Die

ältesten bisher bekannten Bäume sind fast 300-jährig.

In der Kraut- und Strauchschicht interessiert besonders die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*, Abbildung 10), da sie eine wichtige Nahrungspflanze des Auerhuhns ist (Abbildung 11, KLAUS et al. 2008, STORCH 1993). Potenziell reich an Heidelbeere sind auf Grund der Typusaufnahmen der St. Galler Waldgesellschaften (FREY 1995) 30% der Waldfläche des Reservates, nämlich der Heidelbeer-, Blockschutt-, Schachtelhalm- und Labkraut-Tannen-Fichtenwald, der Moorrund- und Alpenlattich-Fichtenwald sowie der Torfmoos-Bergföhrenwald. In den Tannen-Buchenwäldern mit Waldsimse ist die Heidelbeere gut vertreten, allerdings nur in geringer Mächtigkeit und oft in kümmerlicher



Abbildung 8:
Der Tannen-Buchenwald enthält neben Weißtannen und Fichten auch Laubbäume, vor allem Buchen, und oft eine gut entwickelte Krautschicht, aber nur wenig Heidelbeere (Zeichnung: Andrea Klaiber, www.doppel-kopf.ch).

Form. Diese Standortseinheit nimmt 9% der Waldfläche bzw. ca. einen Viertel aller Tannen-Buchenwaldstandorte ein. Die Böden aller dieser Waldgesellschaften sind durch eine organische Auflage gekennzeichnet. Die tatsächlichen Verhältnisse auf einem bestimmten Standort weichen oft von den Typusaufnahmen ab. Die Beziehung zwischen Deckungsgrad der Heidelbeere und Waldstandort wurde von FÜRER (2001) analysiert. Demnach erklärt der Waldstandort im statistischen Modell der logistischen Regression 26% der Varianz des Deckungsgrades der Heidelbeere ($P < 0.001$). Die Heidelbeer- und Schachtelhalm-Tannen-Fichtenwälder (*Myrtillo-Abieti-Piceetum typicum* und *sphagnetosum*, *Equiseto-Abieti-Piceetum*) enthalten mit signifikant gröserer Wahrscheinlichkeit

gute Heidelbeer-Deckungswerte von >20% als die Waldsimsen- und Hochstauden-Tannen-Buchenwälder (*Luzulo silvaticae-Abieti-Fagetum* sowie *Adenostylo alliariae-Abieti-Fagetum typicum* und *kitaibelietosum*; Chi-Quadrat-Test, $\alpha < 0.001$). In den Tannen-Fichten- und subalpinen Fichtenwäldern variiert der Deckungsgrad der Heidelbeere allerdings in einem weiten Bereich, so dass dieser Wert nicht aus der Standortskarte abgeleitet werden kann, sondern im Waldbestand bestimmt werden muss. Offenbar ist die Heidelbeere auf diesen Waldstandorten waldbaulich beeinflussbar. Im Waldsimsen-Tannen-Buchenwald war der Deckungsgrad der Heidelbeere auf 90% der Fläche schlecht bis sehr schlecht. Ob auf diesen Standorten ein Aufwertungspotenzial besteht, muss durch



Abbildung 9:
Der Subalpine Fichtenwald ist oft stufig aufgebaut und enthält Lücken. Die Weisstanne fehlt weitgehend. Die Bodenvegetation ist durch Heidelbeere und Moose geprägt. Gräser, Hainsimsen und Farne sind ebenfalls typisch (Zeichnung: Andrea Klaiber, www.doppel-kopf.ch).



Abbildung 10:
Die Heidelbeere ist eine
wichtige Nahrungspflanze
für das Auerhuhn. Gefressen
werden sowohl Triebspitzen
als auch Knospen, Blätter
und Beeren.



Abbildung 11:
Die Trieb spitzen dieser
Heidelbeerstauden im
Waldreservat wurden
anfangs November vom
Auerhuhn gefressen.

versuchsweise Eingriffe abgeklärt werden und ist Gegenstand der waldbaulichen Erfolgskontrolle (siehe Kapitel 7). Die Sommerverbreitung des Auerhuhns nach IMHOFF (2007) entsprach zu Projektbeginn dem Muster des Heidelbeerpotenziales: 73% der Nachweise erfolgten in den Tannen-Fichtenwäldern und nur 5% im Waldsimsen-Tannen-Buchenwald, welcher allerdings auch eine schlechtere Struktur für das Auerhuhn aufwies.

Neben der Heidelbeere nutzt das Auerhuhn andere Nahrungspflanzen (KLAUS et al. 2008, STADER et al. 2013). Dank der vielfältigen Biotope und Waldstandorte existiert im Waldreservat ein breites Nahrungsangebot.

5.4 Die Weisstanne

Die Weisstanne (*Tanne, Abies alba*) ist im ganzen Reservat verbreitet. Ihr Mischungsanteil von nur 9%, gemessen am Deckungsgrad der Kronen, bedeutet aber, dass die Stammzahl niedrig ist. Auf 98% der Waldfläche liegt der Weisstannen-Anteil unter 25% und auf beinahe zwei Dritteln unter 5%.

Im Winter ernährt sich das Auerhuhn von Koniferennadeln (siehe Kapitel 2). Nach LANZ (2006) ist die Weisstanne im Waldreservat mit 76% Anteil der beliebteste Nah-

rungsbäume. Die viel häufigere Fichte wird mit 24% deutlich unterproportional genutzt. Weder der Mischungsanteil der Tanne noch der Kronenschlussgrad in der Bestandeskarre erklären die Nutzung eines Waldbestandes durch das Auerhuhn im Winter. Massgebend sind nach der erwähnten Studie vielmehr baumspezifische Eigenschaften wie Fluchtmöglichkeiten dank kleinen Schneisen in der unmittelbaren Umgebung. Weil immer wieder die gleichen Bäume bevorzugt werden, könnte auch die stoffliche Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Nadeln wichtig sein.

Zur Beantwortung der Frage, ob im Waldreservat langfristig genügend Weisstannen für die Ernährung des Auerhuhns zur Verfügung stehen, wurden die Nadeln zweier im Winter gesammelter Zweige gezählt und gewogen. Mit diesen Ergebnissen und den Informationen aus der Literatur über den Nahrungs- und Erhaltungsenergiebedarf der Auerhühner, den Energie- und Nährstoffgehalt der Weisstannennadeln und die Nadelzahl pro Baum (KLAUS et al. 2008, LIESER et al. 2006, BURGER 1951) wurde der Bedarf an Weisstannennadeln berechnet. Das Ergebnis ist, dass ein mittelschwerer Hahn täglich einen ganzen Zweig mit mehreren Tausend Nadeln abfressen muss. Der Na-

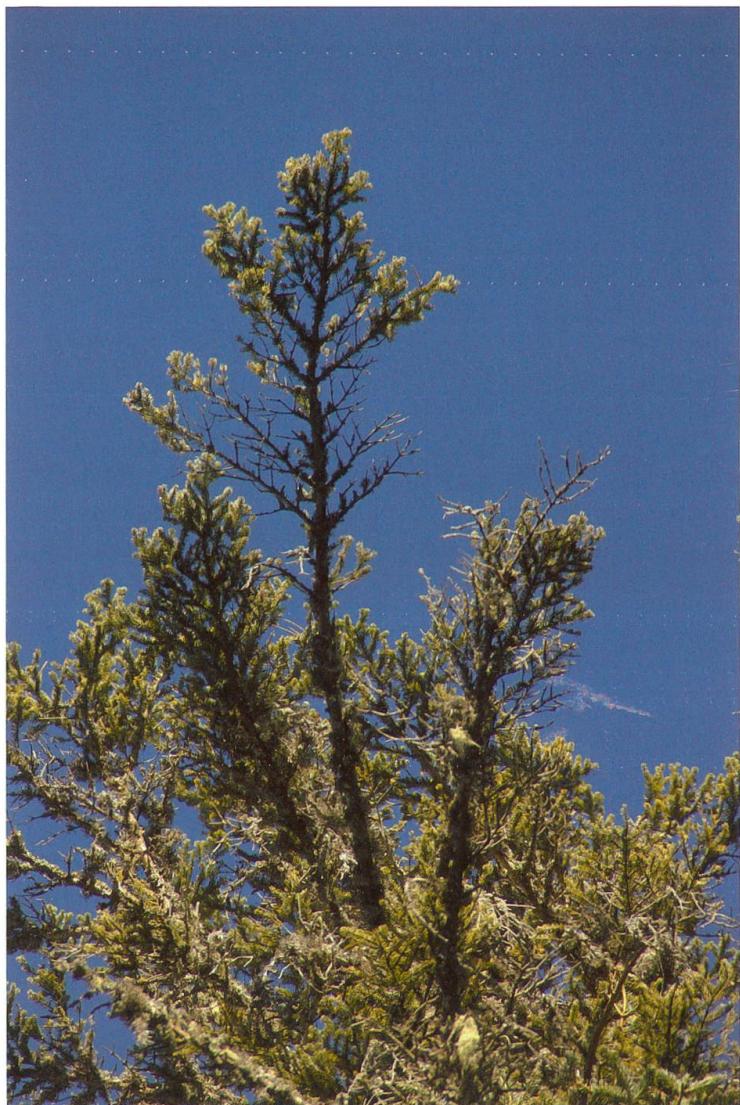


Abbildung 12:
Weisstannenzweig mit deutlichen Frassspuren des
Auerhuhns.

delfrass ist sichtbar (Abbildung 12), für den Baum aber kein existentielles Problem, da nur Teile der Krone und Äste genutzt werden. Über mehrere Jahre beobachtete Nahrungsbäume wirken deshalb nach wie vor gesund und vital. Der Winterbedarf einer gegenüber heute doppelt so grossen Auerhuhnpopulation entspricht der Nadelmasse von 10 bis 20 starken Weisstannen. Diese Menge an Winternahrung steht auf der Fläche des Waldreservates problemlos und langfristig zur Verfügung. Ein Engpass an der bevorzugten

Winternahrung für das Auerhuhn ist deshalb im Waldreservat Amden nicht zu befürchten.

5.5 Holzvorrat und -zuwachs

Die aktuellen Vorrats- und Zuwachswerte wurden mit mathematischen Modellen auf der Basis von Bestandes- und vegetationskundlicher Waldstandortskarten, Luftbildern und Ertragstafeln berechnet. Der durchschnittliche Holzvorrat beträgt $369 \text{ m}^3/\text{ha}$ und der jährliche Holzzuwachs $8,5 \text{ m}^3/\text{ha}$. 1980 ergaben terrestrische Stichprobenerhebungen einen Vorrat von $400 \text{ m}^3/\text{ha}$. Hundert Jahre früher, bei der ersten Vorratsschätzung, lag der Durchschnittswert bei $240 \text{ m}^3/\text{ha}$. Die seither erfolgte grosse Vorratzunahme dürfte für die Lebensraumverschlechterung und die Abnahme der Auerhuhnpopulation verantwortlich sein, denn der Wald wurde zu dicht und zu dunkel. Dieser Entwicklungstrend soll mit Bestandesauflichtungen gestoppt und umgekehrt werden.

5.6 Lebensraumeignung des Waldes für das Auerhuhn

Lebensraum-Aufwertungsmaßnahmen zugunsten des Auerhuhns sind nicht überall notwendig oder gleich dringend. Für das Management eines solchen Sonderwaldreservates braucht es deshalb flächendeckende Informationen über die Lebensraumqualität. Ein erstes Indiz ist der Deckungsgrad der Baumschicht, welcher nicht zu hoch sein soll. Der obere Schwellenwert von maximal 60% (BOLLMANN 2006) wurde bei Projektbeginn auf 61 % der Fläche der Tannen-Fichten- und 89% der Fläche der Tannen-Buchenwälder überschritten (EHRBAR et al. 2011). Der grösste Teil des Waldes war damals also zu dicht. Der für das Auerhuhn ebenso wichtige Deckungsgrad der Bodenvegetation kann nach den Untersuchungen von FÜRER (2001) im Waldreservat Amden nicht aus der Kronendeckung oder den Waldstandorten abgeleitet, sondern muss im Bestand ermittelt werden. Die eigentliche Eig-



Abbildung 13:
Ungeeigneter Auer-
huhn-Lebensraum (Gesamt-
eignungswert 5) mit dicht
stehenden Bäumen und
fehlender Bodenvegetation.



Abbildung 14:
Gut geeigneter Lebensraum
(Gesamteignungswert 2).
Aufgelockerter, ungleich-
altriger Wald, reichliche und
vitale Heidelbeere, grosse
Grenzlinienlänge, tiefbe-
astete Bäume, umgekippter
Wurzelstock.

nungsbeurteilung des Lebensraumes für das Auerhuhn erfolgte deshalb durch eine Kartierung im Wald. Dabei wurde die Klassierungsmethode von SCHROTH (1994) verwendet. Die Bewertungsskala umfasst fünf Stufen und beurteilt die integrale Eignung eines Waldbestands als Sommer- und Winterlebensraum. Beurteilungskriterien sind Nahrungspflanzen sowie Deckungs- und Fluchtmöglichkeiten. Sie sind zu einem gewissen Grad statistisch korreliert. Aus den Einzelwerten dieser drei Beurteilungskriterien wird

ein Gesamteignungswert abgeleitet (FÜRER & BOLLER 2003). Je ca. ein Drittel der Waldfläche im Reservat wurde für das Auerhuhn als ungeeignet (Stufe 5, Abbildung 13), schlecht geeignet (Stufe 4) oder geeignet bis gut geeignet (Stufen 3 und 2, Abbildung 14) klassiert. Optimal geeignet (Stufe 1) waren nur 2% (Abbildung 15, Tabelle 1). Auf zwei Dritteln des Waldreservates bestand somit zu Projektbeginn Aufwertungsbedarf.

Bemerkenswert ist, dass die in der Bestandeskarte als ungleichaltrig, plenterartig

kartierten Bestände sich nicht durch bessere Gesamteignungswerte hervorhoben. Stufigkeit nach den Kriterien der Bestandeskarte genügt den Anforderungen an einen Auerhuhnlebensraum demnach nicht.

Unter der Annahme, die Lebensraumbeurteilung nach SCHROTH liefere ein realistisches Bild der Qualität des Lebensraums

für das Auerhuhn, sollte dessen Raumnutzung dem Muster der Gesamteignungswerte folgen. Dies trifft tatsächlich zu, wie die Überlagerung der Karte der Auerhuhnverbreitung zu Projektbeginn (Kapitel 7) mit der Lebensraumeignungskarte zeigt. Die Wahrscheinlichkeit, bei einer systematischen Suche das Auerhuhn nachzuweisen, ist für Be-

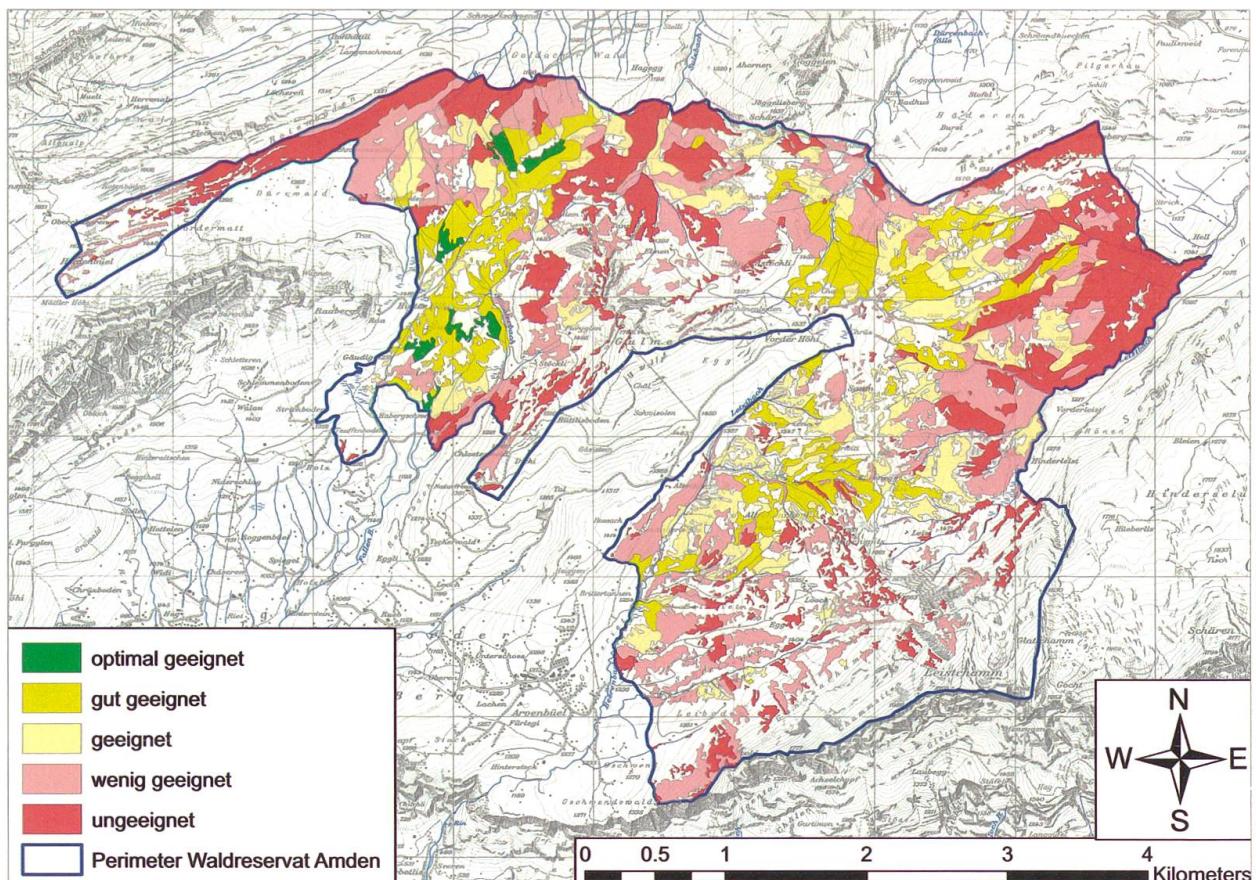


Abbildung 15:
Lebensraumeignungskarte für das Auerhuhn.

		Lebensraumeignung				
		1 optimal	2 gut	3 geeignet	4 schlecht	5 ungeeignet
(a) Flächenanteile		2%	16%	19%	33%	30%
Präsenz Auerhuhn	(b) Winter	1%	35%	35%	22%	7%
	(c) Sommer	4%	35%	32%	21%	8%

Tabelle 1:

(a) Flächenanteile der Bestände mit verschiedener Gesamteignung an der ganzen Reservats-Waldfläche. (b und c) für jede Gesamteignungs-Klasse der Anteil der Fläche, der vom Auerhuhn genutzt wurde. Zahlen für (a) nach EHRBAR et al. (2011), für (b) nach IMHOF (2007) und KORMANN (2009), für (c) nach IMHOF (2007).

stände mit guter Gesamteignung rund sieben Mal grösser als für solche mit der schlechtesten Gesamteignung (Tabelle 1). Die Eignungsstufe 1 fällt aus dem Rahmen wegen der kleinen Fläche. Die Nutzungsintensität der Waldbestände durch die Auerhühner nimmt also mit steigender Lebensraumqualität zu. Diese Beziehung ist sehr eng ($R^2 = 0.9$) und erklärt, weshalb bei Projektbeginn zwei Drittel des Reservates noch nicht vom Auerhuhn besiedelt waren. Da der Gesamteignungswert massgeblich vom Deckungsgrad der Heidelbeere abhängt, ist das Verteilungsmuster des Auerhuhns auch ein Hinweis auf die Bedeutung der Heidelbeere als Sommernahrung.

6 Management

6.1 Ziel

Ziel des Managements im Waldreservat Amden ist, für das Auerhuhn die richtigen Massnahmen am richtigen Ort umzusetzen, dabei die Prioritäten richtig zu wählen sowie ein zweckmässiges Controlling zu etablieren. Ergänzende Massnahmen wie die Förderung von Totholz sollen einen zusätzlichen Nutzen für die Artengemeinschaft des Gebirgswaldes erzeugen.

6.2 Priorisierung der waldbaulichen Massnahmen für das Auerhuhn

Die Priorisierung der waldbaulichen Massnahmen ist notwendig, um die Ziele des Waldreservates möglichst rasch und effizient zu erreichen. Wichtigstes Kriterium ist die Lebensraumeignung des Waldes gemäss Kapitel 5.6, da gezeigt werden konnte, dass dieses Merkmal die Lebensraumqualität für das Auerhuhn zuverlässig abbildet. Zuerst werden die Flächen mit schlechten Eignungswerten aufgelichtet, da sie das Auerhuhn gemäss Tabelle 1 am wenigsten nutzt. Der Einfluss der Waldstandorte auf die Lebensraumqualität ist der Grund dafür, dass die Effi-

zienz der Aufwertungsmassnahmen in den Tannen-Fichtenwäldern grösser ist als in den Tannen-Buchenwäldern. Waldgesellschaften, welche von Natur aus eine gute Lebensraumeignung haben wie Torfmoos-Bergföhrenwälder, und solche, die kein Auerhuhnhabitat sind wie Gebüschwälder, benötigen keine Massnahmen. Diese Flächen sind innerhalb des Reservatsperimeters Waldflächen mit natürlicher Dynamik.

6.3 Anforderungsprofil und Weiserflächen zur Herleitung der waldbaulichen Massnahmen

Um die nötigen und wirksamen Massnahmen zu bestimmen und eine Grundlage für die Erfolgskontrolle zu legen, waren zwei methodische Elemente von zentraler Bedeutung: das Anforderungsprofil und die Weiserflächen. Beide Elemente sind aus der Wegleitung Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald (NaiS; FREHNER et al. 2005) adaptiert und wurden an die Erfordernisse eines Waldreservates mit Ziel Auerhuhnförderung angepasst. Das Anforderungsprofil beschreibt den Sollzustand für die Waldbestände als Lebensraum für die zu fördernde Art gemäss den Kriterien der wissenschaftlichen Literatur (BOLLMANN et al 2008a, HUMMEL & GRAF 2014, IMHOF 2007, LANZ & BOLLMANN 2008). Bei der Beurteilung werden der Istzustand des Waldes und sein voraussichtlicher Zustand in zehn beziehungsweise fünfzig Jahren ohne forstliche Eingriffe mit dem Sollzustand gemäss Anforderungsprofil verglichen. Dieser Vergleich zeigt das allenfalls bereits bestehende und das in Zukunft zu erwartende Defizit in der Lebensraumqualität und deckt damit allfälligen Handlungsbedarf auf. Darauf aufbauend werden die nötigen waldbaulichen Massnahmen hergeleitet und, als Basis für die Wirkungskontrolle, die erstmals nach zehn Jahren zu kontrollierenden Etappenziele.

Die oben beschriebene Planung der Massnahmen und die Ermittlung der zu schlagenden Holzmenge wurden auf Weiserflächen



Abbildung 16:
Als Sitzwarte werden verschiedene Baumarten genutzt. Auf diesen Buchen hielten sich Mitte März mehrere Auerhühner auf. In den Kotstücken konnten Reste von Weißtannen- und Fichtennadeln sowie Knospenschuppen der Buche identifiziert werden.

durchgeführt, welche die Verhältnisse auf der ganzen bewaldeten Fläche des Reservats hinsichtlich der wesentlichen Variablen Lebensraumeignung, Waldstandort, Entwicklungsstufe und Deckungsgrad repräsentativ abbilden. Die waldbaulichen Massnahmen, die auf den Weiserflächen erarbeitet wurden, können für alle Bestände mit derselben Variablenkombination übernommen werden. Durch Hochrechnung lassen sich für die gan-



Abbildung 17:
Das Auerhuhn hält sich gerne unter tiefbeasteten Bäumen auf, wie die Kothaufen zeigen. Übergänge zwischen Waldbestand und offenen Flächen wie z. B. Mooren begünstigen solche Strukturen.

ze Reservatsfläche die anfallende Holzmenge und die Kosten für die Eingriffe berechnen. Zusätzlich werden auch ertragskundliche Daten, Waldentwicklungsmodelle und Erfahrungszahlen berücksichtigt. Die vollständige Dokumentation der Eingriffe auf den Weiserflächen dient als Basis für die waldbauliche Wirkungskontrolle.

Es wurden elf Weiserflächen von insgesamt 50 ha ausgewählt. Alle Weiserflächen befinden sich auf den Standorten des Tannen-Fichten- und Tannen-Buchen-Waldes und repräsentieren 83% der Waldfläche mit potentiell Handlungsbedarf. Für Waldstandorte wie Torfmoos-Bergföhren- und Moorrand-Fichtenwälder braucht es keine Weiser-



Abbildung 18:
Sandbadestelle unter umgekipptem Wurzelsteller. Der freigelegte Mineralboden ermöglicht die Gefiederpflege und die Aufnahme von Magensteinchen.

flächen, weil in solchen Beständen keine Massnahmen zu Gunsten des Auerhuhns nötig sind. In den wenigen Beständen, in denen keine Massnahmen von den Weiserflächen übernommen werden können, muss der Handlungsbedarf nach dem oben beschriebenen Vorgehen separat hergeleitet werden. Für Details zu diesen Methoden siehe EHRBAR et al. (2011).

Folgende Massnahmen wurden auf den Weiserflächen hergeleitet:

- Auflichten des Waldes bzw. Reduzieren des Deckungsgrades der Kronenschicht zwecks Förderung der Bodenvegetation, insbesondere der Heidelbeere und der Waldverjüngung
- Erhalten und Fördern von Sitz-, Schlaf- und Nahrungsbäumen (Abbildung 16)

- schmale Flugschneisen schaffen
- Grenzlinien schaffen durch Öffnungen, Waldrandpflege
- Bäume mit Ästen bis an den Boden, insbesondere Fichten, erhalten und fördern (Abbildung 17)
- Schonen und Fördern der Weisstanne
- Fördern von stehendem und liegendem Totholz
- Fördern von Sandbadestellen (Abbildung 18)

Beim Auflichten des Kronendaches müssen alle relevanten Randbedingungen beachtet werden. Die Stärke des waldbaulichen Eingriffes ist sowohl nach oben als auch nach unten begrenzt. Greift man zu stark ein, besteht gemäss Kapitel 5.2 die Gefahr von grossen Schneemengen, welche die Verjüngung beeinträchtigen können. Andererseits braucht es



Abbildung 19:
Holzschlag zur Verbesserung des Lebensraumes für das Auerhuhn. Hier wurde auf einem schwierig zu behandelnden Standort eine schmale Schneise geöffnet, welche die Befliegbarkeit des Bestandes verbessert und genügend Licht und Wärme für die Entwicklung der Verjüngungsansätze und Heidelbeere auf den Boden bringt. Ein Teil der gefällten Stämme blieb liegen.

ein Minimum an Eingriffsstärke, weil sonst zu wenig Licht und Wärme für das Aufwachsen der jungen Bäume und zur guten Entwicklung der Heidelbeere zur Verfügung steht. Außerdem muss dem Entwicklungspotenzial derjenigen Vegetation, welche die Verjüngung und die Heidelbeere konkurrieren kann, Rechnung getragen werden.

6.4 Bisherige Massnahmen

Seit Gründung des Waldreservates im Jahr 2006 wurden bis Ende 2013 in 79 Holzschlägen auf 188 ha Fläche 18'900 m³ Holz genutzt (Abbildung 19). Die Eingriffsstärke auf den Holzschlagflächen betrug im Mittel 100 m³/ha, das mittlere Volumen der Holzschläge 240 m³. Aus dem Wald abtransportiert wurden 79% der Nutzung. Durchschnittlich blieben also rund 20 m³/ha oder total etwa 4'000 m³ liegen.

6.5 Reduktion von Störungen

Auerhühner sind auf störungssame Wintereinstände und Aufzuchtgebiete angewiesen, denn Störung durch Menschen kann sich negativ auf die Energiebilanz und die Fortpflanzung der Vögel auswirken (THIEL et al. 2008, THIEL et al. 2011). Massnahmen wie zeitlich beschränkte Wegegebote und Betretverbote in Kerngebieten der Winterverbreitung sollen dafür sorgen, dass Störungen durch Menschen begrenzt werden (BOLLMANN 2006). In der kommunalen Schutzverordnung von Amden sind solche Regelungen verankert.

7 Controlling: Erfolgs- und Vollzugskontrolle

Das Controlling ist für jedes Waldreservatsprojekt unverzichtbar, denn es muss Rechenschaft darüber abgelegt werden, ob die gesteckten Ziele erreicht wurden und die ausgeführten Massnahmen wirksam waren. Die Resultate der Erfolgskontrolle müssen dokumentiert werden und helfen mit, die waldbaulichen Massnahmen in Zukunft zu verbessern. Das Controlling im Waldreservat Amden besteht aus drei Elementen: Erfolgskontrolle auf Stufe Auerhuhn, Erfolgskontrolle auf Stufe Lebensraum (waldbauliche Erfolgskontrolle) sowie Vollzugskontrolle.

Als Referenzzustand für die Erfolgskontrolle auf Stufe Auerhuhn wurden vor Beginn der Lebensraumaufwertung sowohl die



Abbildung 20:
Fusspur eines Auerhuhns
im Schnee.



Abbildung 21:
Kot des Auerhuhns liefert
Gewebefragmente für die
genetische Analyse, welche
die individuelle Identifikati-
on der Auerhühner ermög-
licht.

räumliche Verbreitung des Auerhuhns ermittelt als auch die Populationsgrösse geschätzt. Die scheuen Tiere können nicht durch Direktbeobachtungen erfasst werden. Deshalb wurde im Frühjahr 2006 die ganze Reservatsfläche bei vollständiger Schneedeckung auf indirekte Hinweise des Auerhuhns, nämlich Kot, Fußspuren (Abbildung 20) und Federn, abgesucht. Im Sommer 2006 folgte eine flächendeckende Suche nach Mauserfedern (IMHOFF 2007). So konnte die Lebensraumnutzung des Auerhuhns sowohl im Winter als

auch im Sommer dokumentiert werden. Die Populationsgrösse wurde anhand des genetischen Fingerabdrucks der Tiere bestimmt, (Abbildung 21, GUGERLI et al. 2008). So wurde für das Jahr 2008 ein Minimalbestand von 29 Auerhühnern ermittelt (KORMANN et al. 2012). DEBRUNNER et al. (2005) hatten im Jahr 2003 15 Tiere identifiziert und den Gesamtbestand mit Fang-Wiederfang-Modellen auf 20–30 Individuen geschätzt. Der mit der selben Methode ermittelte Wert für das Jahr 2008 lag bei 40–50 Auerhühnern

(KORMANN 2009). Auch wenn diese Fang-Wiederfang-Schätzungen aufgrund der verwendeten Methode und der kleinräumigen Verhältnisse im Studiengebiet zu optimistisch sein dürften, weisen die Veränderungen beim Minimalbestand zwischen 2003 und 2008 auf eine positive Bestandsentwicklung hin. Die Auerhühner besiedelten 2006 nur rund einen Drittelpart der Reservatsfläche. Es ist geplant, zehn Jahre nach Beginn der Aufwertungsmassnahmen die räumliche Nutzung und Populationsgrösse erneut aufzunehmen und die Veränderungen zu analysieren. Die Erwartung ist, dass das Auerhuhn dannzumal einen grösseren Teil des Reservats als Lebensraum nutzt als zu Projektbeginn.

An der Schnittstelle zwischen der Erfolgskontrolle auf Stufe Auerhuhn und der waldbaulichen Erfolgskontrolle wurde an Hand von Mauserfedern bereits im Sommer 2009 untersucht, ob die aufgewerteten Flächen im Sommer tatsächlich vom Auerhuhn genutzt werden. Ein Drittel der 59 bis zu diesem Zeitpunkt aufgelichteten und zu Projektbeginn als ungeeignet klassierten Flächen wurde beurteilt. Auf wiederum einem Drittel dieser untersuchten Flächen konnten Auerhühner nachgewiesen werden. Diese Flächen unterschieden sich von den ungenutzten durch einen signifikant höheren Anteil an Heidelbeeren in der Krautschicht, einen höheren Anteil an Nadelbäumen sowie einen tiefen Baumdeckungsgrad. Massgebend war ausserdem der Anteil an geeignetem Auerhuhnlebensraum in direkter Nachbarschaft zur Eingriffsfläche. Die Studie zeigte, dass die Lichtungsschläge erfolgreich sind. Wirkung und Effizienz der forstlichen Eingriffe waren im Tannen-Fichtenwald besser als im Tannen-Buchenwald, zumindest was die Eignung als Sommerlebensraum betrifft (BIRCHER 2011, BIRCHER et al. 2014).

Die waldbauliche Erfolgskontrolle bezieht sich auf die Wirkung von Förderungsmassnahmen auf den Lebensraum zu messen. Einerseits wird auf den Weiserflächen regelmässig kontrolliert, ob die Etappenziele (Kapitel 6.3) erreicht wurden. Andererseits



Abbildung 22:
Diese geringelte Weisstanne kann ein Hinweis auf die Anwesenheit des Dreizehenspechtes sein.

ist geplant, die Lebensraumbeurteilung nach SCHROTH längerfristig auf der gesamten bewaldeten Reservatsfläche erneut durchzuführen.

Mit der Vollzugskontrolle wird detailliert Buch geführt über sämtliche ausgeführten Massnahmen: Wann auf welcher Fläche welcher Eingriff durchgeführt wurde inkl. sämtlicher Kennzahlen zum gefällten und aus dem Wald entfernten Holz sowie welche Massnahmen zum Schutz gegen zu viel Störung umgesetzt wurden. Bei der gegenwärtigen Nutzungsintensität dauert es zwei Jahrzehnte, bis die gesamte zu behandelnde Waldfläche aufgewertet ist. Die Vollzugskontrolle muss deshalb gut organisiert sein.

8 Totholz als ökologische Nische

8.1 Ökologische Minimalwerte für Totholz

Totholz ist in allen Wäldern ein wichtiges Substrat und Lebensraumelement, auch im Waldreservat Amden. In der Schweiz dürften etwa 1700 Insekten- und 2700 Pilzarten von Totholz leben (BÜTLER 2003, LACHAT et al. 2014). Stehendes und liegendes Totholz bildet unterschiedliche ökologische Nischen. Ein ausreichendes Angebot ist für die Biodiversität unerlässlich. Die Forschung hat dazu erforderliche Minimalwerte ermittelt. In den Grundanforderungen des Bundesamtes für Umwelt an den naturnahen Waldbau (KAUFMANN et al. 2010) wird ein Minimalwert von $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ an stehendem und liegendem Totholz mit Brusthöhendurchmesser $>12 \text{ cm}$ verlangt. Je nach Referenz-Waldzustand, Zielart und Organismengruppe werden von der Forschung teilweise deutlich höhere Minimalwerte vorgeschlagen (LACHAT et al. 2013), weshalb in der Vollzugshilfe zur Biodiversitätsstrategie Schweiz (Bundesamt für Umwelt 2015) für die Voralpen ein minimaler Wert von $25 \text{ m}^3/\text{ha}$ anvisiert wird. Der Minimalwert für stehendes Totholz kann im Waldreservat Amden auf die Bedürfnisse des Dreizehenspechtes (*Picoides tridactylus alpinus*, Abbildung 22) abgestützt werden. Das Waldreservat ist ein typischer Lebensraum für diese Vogelart. Wichtige Nahrung des Dreizehenspechtes sind Larven und Adulttiere des Fichtenborkenkäfers (*Ips typographus*), auch Buchdrucker genannt. Diese Käferart verbringt einen grossen Teil ihres Lebenszyklus unter der Rinde geschwächter Fichten und kann bei starkem Befall die Wirtsbäume abtöten. Der Dreizehenspecht ist deshalb eine Indikatorart für alt- und totholzreiche Bergnadelwälder und eine Schirmart für saproxylische Arten. BÜTLER (2003, 2006) ermittelte für die Bedürfnisse des Dreizehenspechtes Schwellenwerte von 18 m^3 an stehendem Totholz bzw. 14 sterbende oder tote Fichten mit mehr als 20 cm Brusthöhendurch-

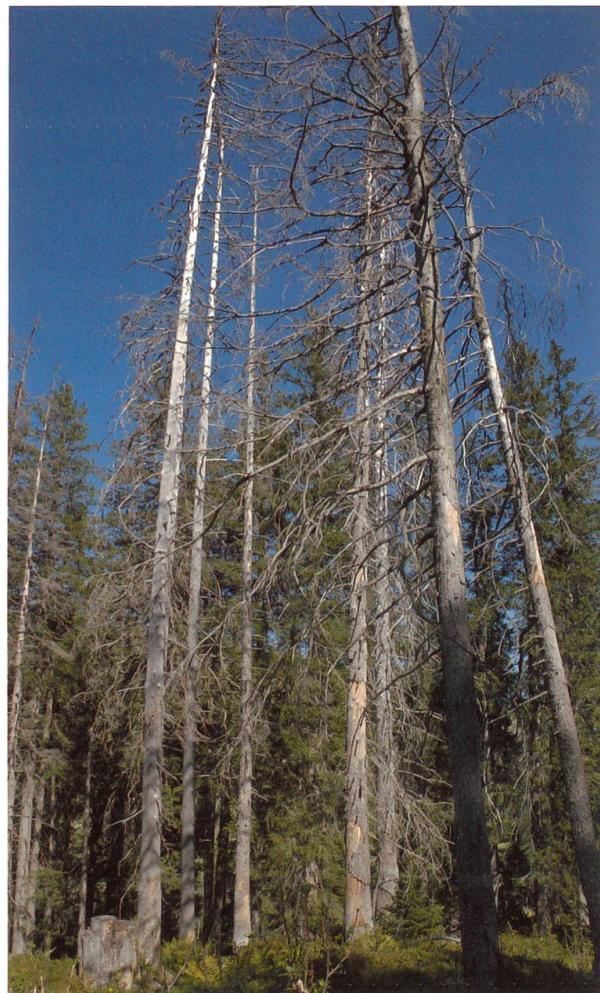


Abbildung 23:
Stehendes Fichtentotholz als Folge von Borkenkäferbefall.

messer (BHD) pro Hektare, und dies auf mindestens 1 km^2 Waldfläche. DEPLAZES (2012) empfiehlt unterschiedlich dicke bzw. hohe tote Bäume, nämlich mindestens 14 kleine pro Hektare mit $12\text{--}25 \text{ cm}$ BHD und 10 grosse mit $>25 \text{ cm}$ BHD.

8.2 Totholzinventar

Um die aktuelle Menge an Totholz zu ermitteln, wurden die stehend toten Fichten (Abbildung 23 & 24) auf Infrarot-Luftbildern des Waldreservates aus dem Jahr 2009 gezählt und deren Baumhöhen gemessen. So konnten 4057 stehende tote Bäume (Dürrständer)

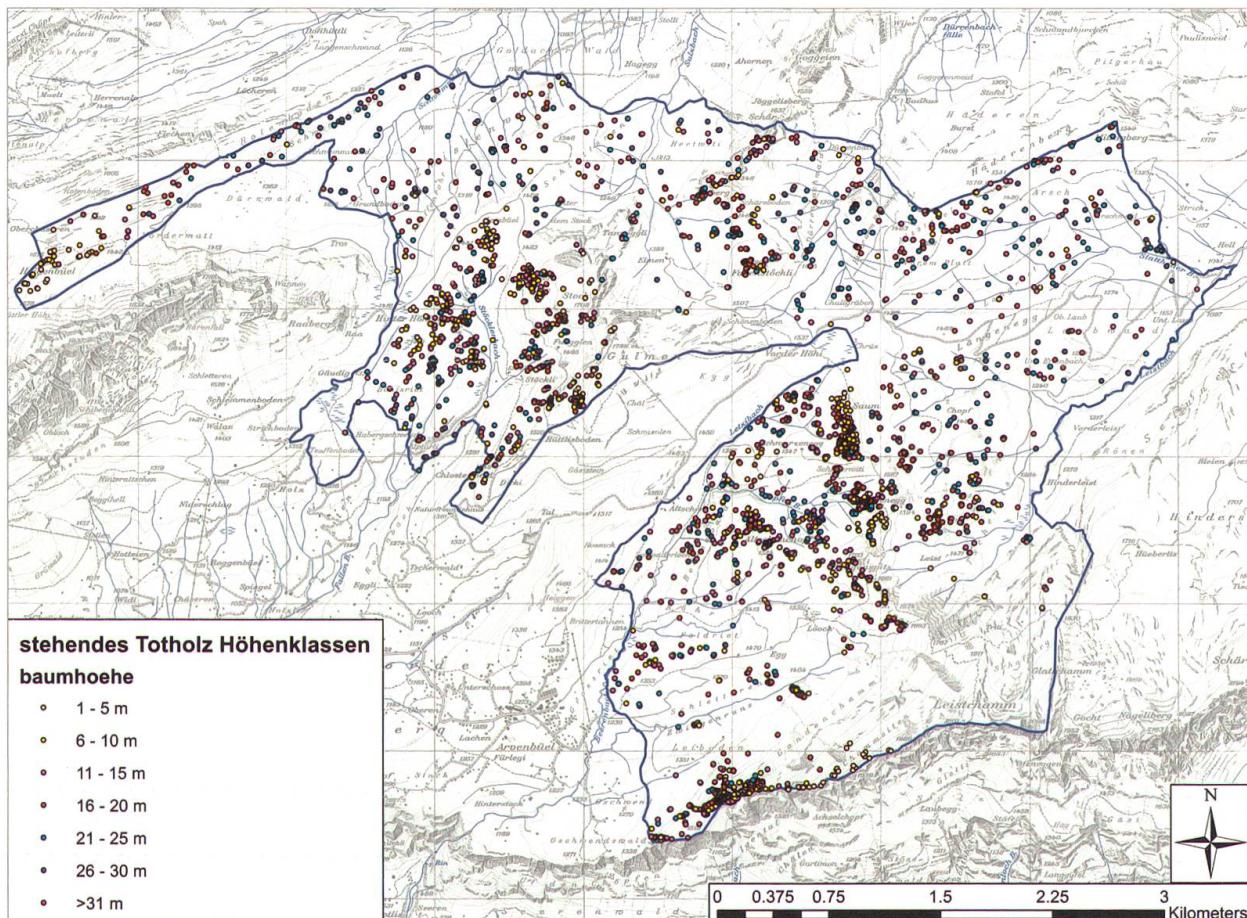


Abbildung 24:
Räumliche Verteilung der Fichten-Dürrständer im Waldreservat Amden im Jahr 2009.

Teilgebiet	Waldfläche	Standortseinheit	Dürrständer		
			Anzahl	Dichte	mittlerer Abstand
Beeriwald Abteilungen Nr. 34, 38, 39	115.10 ha	hochmontane Tannen- Fichtenwälder, subalpine Fichtenwälder	1163	10 Stück/ha	31 m
Laubwald Abteilungen Nr. 29, 30, 31	112.32 ha	obermontane Tannen- Buchenwälder, hochmontane Tannen- Fichtenwälder, subalpine Fichtenwälder	55	0.5 Stück/ha	143 m

Tabelle 2:
Vergleich der Dichte von Dürrständern in zwei Teilgebieten des Waldreservates.

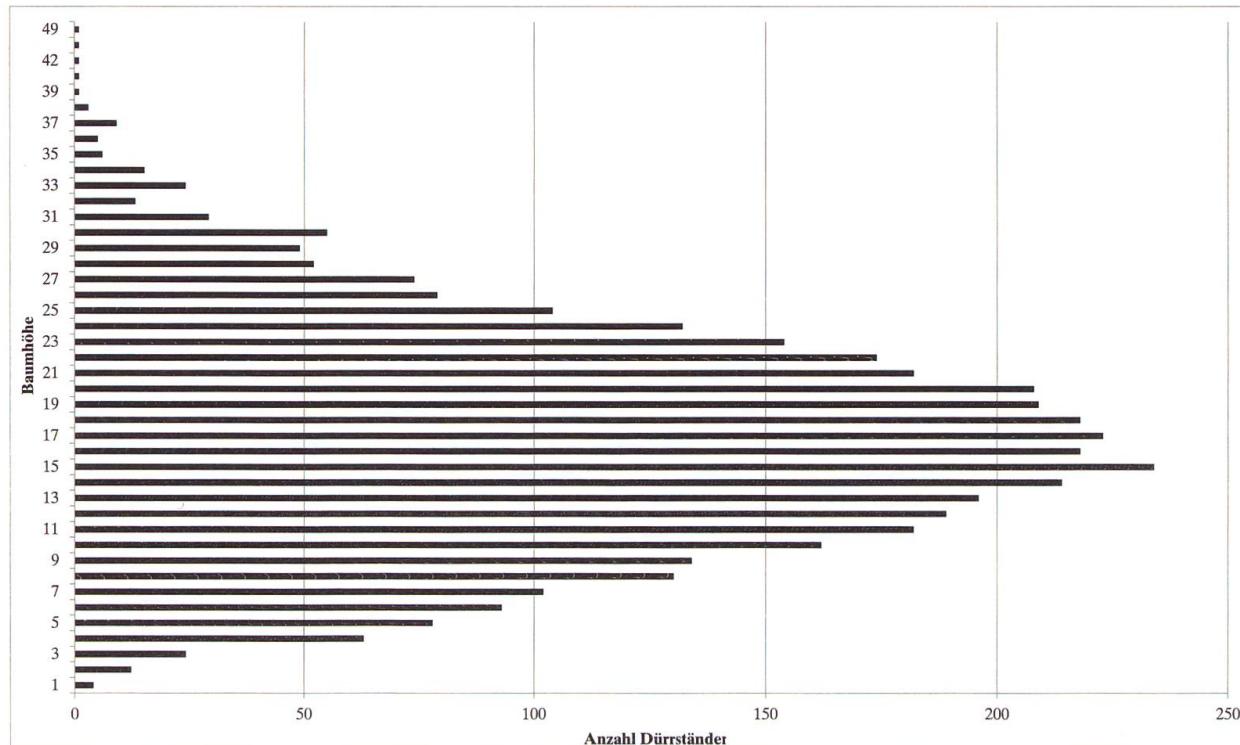
erfasst werden (SCHERRER 2013). Die Dichte der Dürrständer beträgt im Mittel vier Stück pro ha, wobei die tatsächliche räumliche Verteilung nicht gleichmässig ist. Diese räumlich geklumpte Verteilung ist statistisch signifikant ($P<0.01$). Testgrösse ist die mittlere Distanz eines Dürrständers zum nächsten Nachbarn, berechnet mit dem Tool räumliche Statistik ArcGIS 10.1. In der Tabelle 2 sind die Daten zweier Teilgebiete des Waldreservates dargestellt, welche die erforderliche Bezugsfläche für die Überprüfung der Minimalwerte erreichen und die sich in der Dichte der Dürrständer stark unterscheiden.

8.3 Interpretation und Folgerungen für die Bewirtschaftung

Die Dichte stehend toter Fichten liegt im Durchschnitt deutlich unter den geforderten Minimalwerten, ist aber durch die stark geklumpte Verteilung lokal sehr hoch. Die Forderung, dass Totholzbäume unterschiedlich dick bzw. hoch sein sollen, dürfte auf Grund

der Baumhöhenverteilung (Abbildung 25) erfüllt sein.

Ziel des Totholzmanagements muss die Vergrösserung der Totholzmenge sein. Im Waldreservat wird dazu der Prozess des natürlichen Absterbens von Bäumen ausgenutzt, v. a. infolge Borkenkäferbefalls. Ungefähr die Hälfte der ‹Käferbäume› wird derzeit im Bestand belassen. Allerdings kann der Prozess der Totholzbildung damit nur bedingt beeinflusst werden. Der Befall der Fichten durch den Buchdrucker hängt von vielen Faktoren ab und schwankt von Jahr zu Jahr stark. Die bisher grösste bekannte Kalamität folgte auf den Orkan ‹Vivian› 1990. Das Volumen der jährlich vom Borkenkäfer neu befallenen Fichten variierte im Waldreservat in den letzten 30 Jahren zwischen 5 m³ und etwa 1000 m³, die Zahl der neuen Käfernester mit mehr als 10 Bäumen zwischen 0 und ca. 20 (Waldschutz Schweiz 2014). Das bei den Holzschlägen gezielt liegen gelassene Holz (Kapitel 6.4) ergänzt das Totholzangebot.



Literaturverzeichnis

- BIRCHER, N. (2011): Silvicultural measures for the conservation of the capercaillie in the special forest reserve of Amden. A first assessment of effectiveness. – Master Thesis Department of Environmental Sciences, ETH Zürich, 47 pp.
- BIRCHER, N., BUGMANN, H. & BOLLMANN, K. (2014): Waldbauliche Massnahmen für das Auerhuhn im Sonderwaldreservat Amden: Ein erstes Fazit. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 165: 87–96.
- BOLLMANN, K. (2006): Das Auerhuhn: imposant und gefährdet. In: EHRBAR, R. (Hrsg.): Veränderungen als Chance für den Wald, 200–221. – Sophie und Karl Binding Stiftung, Basel (auch online).
- BOLLMANN, K. & GRAF, R.F. (2008): Wie beeinflussen Lebensraumangebot und -fragmentierung die Verbreitung von Lokalpopulationen beim Auerhuhn? – Der Ornithologische Beobachter, 105: 45–52.
- BOLLMANN, K., GRAF, R.F., JACOB, G. & THIEL, D. (2008): Von der Forschung zur Auerhunfförderung: eine Projektsynthese. – Der Ornithologische Beobachter, 105: 107–116.
- BOLLMANN, K., GRAF, R.F. & SUTER, W. (2011): Quantitative predictions for patch occupancy of capercaillie in fragmented habitats. – Ecography, 34: 276–286.
- BRÜLISAUER, A. (2006): Die Moore von Amden. – In: EHRBAR, R. (Hrsg.): Veränderungen als Chance für den Wald, 76–87. Sophie und Karl Binding Stiftung, Basel (auch online).
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (2015): Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bern, 186 pp.
- BURGER, H. (1951): Holz, Blattmenge und Zuwachs. XI. Mitteilung Die Tanne. – Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Zürich, Band XXVII: 247–286.
- BÜTLER, R. (2003): Dead Wood in Managed Forests: How much and how much is enough? Development of a Snag Quantification Method by Remote Sensing & GIS and Snag Targets Based on Tree-toed Woodpecker's Habitat Requirements. – Thèse Nr. 2761 École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, 184 pp.
- BÜTLER, R. (2006): Dreizehenspechte in Amdens Wäldern – ein Zeichen naturnaher Waldbewirtschaftung. – In: EHRBAR, R. (Hrsg.): Veränderungen als Chance für den Wald, 222–235. Sophie und Karl Binding Stiftung, Basel (auch online).
- DEBRUNNER, R., JACOB, G. & BOLLMANN, K. (2005): Bestandsschätzung des Auerhuhns im Kanton St.Gallen mit genetischen Methoden. Projektchlussbericht. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL Birmensdorf, 25 pp.
- DEPLAZES, L. (2012): Key-habitat characteristics of the three-toed woodpecker (*Picoides tridactylus alpinus*) – An indicator species of biodiversity in mountain forests. Masterthesis Universität Zürich und Forschungsanstalt WSL Birmensdorf, Zürich, 62 pp.
- EHRBAR, R. (2006): Naturgefahren und Naturgefahrenmanagement in Amden am Beispiel der Lawinen. – In: EHRBAR, R. (Hrsg.): Veränderungen als Chance für den Wald, 116–160. Sophie und Karl Binding Stiftung, Basel (auch online).
- EHRBAR, R., BOLLMANN, K. & MOLLET, P. (2011): Ein Sonderwaldreservat für das Auerhuhn – das Beispiel Amden (Kanton St.Gallen). – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 162: 11–21.
- EHRBAR, R. (2011): Sonderwaldreservat Amden. – Informationsbroschüre, Rieden (auch online), 36 pp.
- Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement und Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement (1977): Klimaeignungskarten für die Landwirtschaft in der Schweiz. – Grundlagen für die Raumplanung, Bern.
- FREHNER, M., WASSER, B. & SCHWITTER, R. (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. – Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 564 pp.
- FREHNER, M. (2006): Die Waldstandorte. – In: EHRBAR, R. (Hrsg.): Veränderungen als Chance für den Wald, 58–75. Sophie und Karl Binding Stiftung, Basel (auch online).
- FREY, H.U. (1995): Waldgesellschaften und Waldstandorte im St.Galler Berggebiet. – Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Stiftung Rübel, Heft 126a, 280 pp.

- FÜRER, D. (2001): Wie weit kann die Auerhuhn-Lebensraumkartierung durch die Analyse der bestandes- und pflanzensoziologischen Karte ersetzt werden? Am Fallbeispiel Amden (SG). – Diplomarbeit Professur für Waldbau ETH Zürich, Zürich, 38 pp.
- FÜRER, D. & BOLLER, R. (2003): Lebensraumkartierung Auerwildreservat Amden. – Bericht zu Handen Kreisforstamt IV See Rieden, 11 pp.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U.N., BAUER, K.M. & BEZZEL, E. (1973): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bd. 5, Galliformes und Gruiformes. – Akademische Verlags-Gesellschaft, Wiesbaden.
- GRAF, R.F., BOLLMANN, K., SUTER, W. & BUGMANN, H. (2004): Using a multi-scale model for identifying priority areas in capercaillie (*Tetrao urogallus*) conservation. In: SMITHERS, R. (editor): Proceedings of the 12th annual IALE(UK) conference ‹Landscape ecology of trees and forests›, Cirencester, 84–90.
- GRAF, R.F., BOLLMANN, K., SUTER, W. & BUGMANN, H. (2005). The importance of spatial scale in habitat models: capercaillie in the Swiss Alps. – *Landscape Ecology*, 20: 703–717.
- GRAF, R.F., BOLLMANN, K., SACHOT, S., SUTER, W. & BUGMANN, H. (2006): On the generality of habitat distribution models: a case study of capercaillie in three Swiss regions. – *Ecography*, 29: 319–328.
- GRAF, R.F., BOLLMANN, K., BUGMANN, H. & SUTER, W. (2007): Forest and landscape structure as predictors of capercaillie occurrence. – *Journal of Wildlife Management*, 71: 356–365.
- GUGERLI, F., JACOB, G. & BOLLMANN, K. (2008): Molekulare Marker erzählen aus dem Geschichtenbuch: Auerhuhn-Populationsgenetik in den Schweizer Alpen. – *Der Ornithologische Beobachter*, 105: 77–84.
- HUMMEL, S. & GRAF, R.F. (2014): Nahrungsangebot für Auerhuhnküken – Phänologie und Verteilung der Lepidopterenlarven. – *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 165: 43–49.
- IMHOFF, S. (2007): Verbreitung und Habitatnutzung des Auerhuhns im Waldreservat Amden. – Diplomarbeit Geografisches Institut Universität Zürich, 49 pp.
- KAUFMANN, G., STAEDELI, M. & WASSER, B. (2010): Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau. – Projektbericht. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, 42 pp.
- KELLER, V., GERBER, A., SCHMID, H., VOLET, B. & ZBINDEN, N. (2010): Rote Liste Brutvögel, Gefährdete Arten Schweiz, Stand 2010. – BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt, Nr. 2010. – Bundesamt für Umwelt, Bern und Schweizerische Vogelwarte, Sempach, 53 pp.
- KLAUS, S., ANDREEV, A.V., BERGMANN, H.-H., MÜLLER, F., PORKERT, J. & WIESER, J. (2008): Die Auerhühner. – Die Neue Brehm-Bücherei, Band 86., 3. Auflage, Hohenwarsleben, 280 pp.
- KORMANN, U. (2009): Landscape genetics in capercaillie (*Tetrao urogallus* L.): Combining direct and indirect methods to quantify dispersal and functional connectivity in a mountain landscape. – Diplomarbeit der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern, 52 pp.
- 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. – *Biological Conservation*, 152: 241–252.
- LACHAT, T., BOUGET, C., BÜTLER, R. & MÜLLER, P. (2013): Deadwood: quantitative and qualitative requirements for the conservation of saproxylic biodiversity. – In: KRAUS, D., KRUMM, F. (editors): Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity, 92–102. – European Forest Institute.
- LACHAT, T., BRANG, P., BOLLIGER, M., BOLLMANN, K., BRÄNDLI, U.-B., BÜTLER, R., HERRMANN, S., SCHNEIDER, O. & WERMELINGER, B. (2014): Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung. – Merkblatt für die Praxis, 52, 12 pp.
- LANZ, M. (2006): Verbreitung und Charakterisierung der Schlaf-, Ruhe und Äsungsbäume des Auerhuhns im Waldreservat Amden. – Semesterarbeit Studienrichtung Umweltingenieurwesen Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil, 29 pp.
- LANZ, M. & BOLLMANN, K. (2008): Eigenschaften der Schlaf-, Ruhe und Äsungsbäume des Auerhuhns *Tetrao urogallus* im Waldreservat Amden. – *Der Ornithologische Beobachter*, 105: 63–75.
- LIESER, M., TÖPFER, T., SCHROTH, K.-E. & BERTHOLD, P. (2006): Energetische Beurteilung von Koniferennadeln als Winternahrung von Auerhühnern *Tetrao urogallus*. – Ökologie der Vögel, Band 28, Heft 1: 1–29.

- MARTI, C. (1986): Verbreitung und Bestand des Auerhuhns *Tetrao urogallus* in der Schweiz. – Der Ornithologische Beobachter, 83: 67–70.
- MOLLET, P., BADILATTI, B., BOLLMANN, K., GRAF, R.F., HESS, R., JENNY, H., MULHAUSER, B., PERRENOUD, A., RUDMANN, F., SACHOT, S. & STUDER, J. (2003): Verbreitung und Bestand des Auerhuhns *Tetrao urogallus* in der Schweiz 2001 und ihre Veränderungen im 19. und 20. Jahrhundert. – Der Ornithologische Beobachter, 100: 67–86.
- MOLLET, P., STADLER B. & BOLLMANN, K. (2008): Aktionsplan Auerhuhn Schweiz. – Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweizerische Vogelwarte Sempach, Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz, Bern, 104 pp.
- PAKKALA, T., PELIKKA, J. & LINDEN, H. (2003): Capercaillie *Tetrao urogallus* – a good candidate for an umbrella species in taiga forests. – Wildlife Biology, 9: 309–316.
- SCHERRER Ingenieurbüro AG (2013): Totholzerfassung im Waldreservat Amden. – Technischer Bericht zu Handen Waldregion 4 Rieden (unveröffentlicht), Nesslau, 10 pp.
- SCHNEIDER, M. (2008): Schneemessungen in der Weiserfläche Hinter dem Brunnen (Amden). Praktikumsbericht z. H. Regionalforstamt 4, Rieden, 7 pp.
- SCHRÖTH, K.-E. (1994): Zum Lebensraum des Auerhuhns (*Tetrao urogallus* L.) im Nordschwarzwald. Eine Analyse der Kaltenbrunner Auerhuhnhabitate und deren Veränderungen seit Beginn der geregelten Forstwirtschaft (1843–1990). – Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden – Württemberg, Abteilung Landespflege Nr. 17, Heft 178, 133 pp.
- SLF (2014): Datenauswertung IMIS-Station Amden. – WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos.
- STADER, P., EBEL, C. & FÖRSCHLER, M.I. (2013): Verhalten und Nahrungswahl eines Auerhahns *Tetrao urogallus* im Nordschwarzwald. – Die Vogelwelt, 134: 75–82.
- STORCH, I. (1993): Habitat selection by Capercaillie in summer and autumn. Is bilberry important? – Oecologia, 95: 257–265.
- STORCH, I. (1999): Auerhuhnschutz – Aber wie? Ein Leitfaden. Wildbiologische Gesellschaft München e.V. Ettal, 43 pp.
- STORCH, I. (2002): On spatial resolution in habitat models: can small-scale forest structure explain Capercaillie numbers? – Conservation Ecology, 6(1): 6 [online] URL: <http://www.consecol.org/vol6/iss1/art6>.
- STORCH, I. (2003): Linking a multiscale habitat concept to species conservation. – In: BISSONETTE J.A. & STORCH I.(eds.): Landscape Ecology and Resource Management: Linking Theory with Practice, 302–320. – Island Press Washington DC.
- SUTER, W., GRAF, R. F. & HESS, R. (2002): Capercaillie (*Tetrao urogallus*) and avian biodiversity: Testing the umbrella-species concept. – Conservation Biology, 16: 778–788.
- THIEL, D., JENNI-EIERMANN, S. & JENNI, L. (2008): Der Einfluss von Freizeitaktivitäten auf das Fluchtverhalten, die Raumnutzung und die Stressphysiologie des Auerhuhns *Tetrao urogallus*. – Der Ornithologische Beobachter, 105: 85–96.
- THIEL, D., JENNI-EIERMANN, S., PALME, R. & JENNI, L. (2011): Winter tourism increases stress hormone levels in the Capercaillie *Tetrao urogallus*. – Ibis, 153: 122–133.
- VANONI, M. (2012): Klimatische Einflüsse auf die Wachstumsvariabilität von Weisstanne und Fichte entlang des Weisstannen-Ausbreitungsgradienten. – Masterarbeit an der Professur für Waldökologie, Departement Umweltsystemwissenschaften D-USYS, ETH Zürich, 121 pp.
- Waldschutz Schweiz, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL: Auswertung zu Handen Regionalforstamt 4 Rieden, 7. Januar 2014.