



---

# Auswahlkriterien für Altholzinseln

## Empfehlungen für das Ausscheiden und die Beurteilung von Altholzinseln

---

Thibault Lachat\*, Markus Müller\* und Rita Bütler\*\*

\* Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft  
WSL, Birmensdorf

\*\* Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft  
WSL, Lausanne

Januar 2010

Eine Forschungszusammenarbeit zwischen dem  
Bundesamt für Umwelt (BAFU) und der WSL

Eid. Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
Tel. ++41 44 739 21 11 Fax. ++41 44 739 22 15  
Thibault.Lachat@wsl.ch, Rita.Buetler@wsl.ch



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>4</b>
2.1	Ausgangslage und Zielsetzung.....	4
<b>3</b>	<b>Stand der Kenntnisse in der Schweiz.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Methode und Datenerhebung.....</b>	<b>12</b>
4.1	Standorte: Untersuchungsgebiet und Waldtypen.....	12
4.2	Stichprobenerhebung.....	12
4.3	Methodik.....	16
4.3.1	Bestimmung der Produktivität.....	16
4.3.2	Aufgenommene Strukturen/Standorteigenschaften.....	16
4.3.3	Datenanalyse.....	17
<b>5</b>	<b>Resultate und Interpretation.....</b>	<b>18</b>
5.1	Produktivität des Standortes: Unterschiede aber wenig Einfluss.....	18
5.2	Unterschiede Laub-, Misch- und Nadelwälder.....	20
5.3	Stümpfe als Indikator für die Bewirtschaftung.....	22
5.4	Vergleich von nicht mehr bewirtschafteten und bewirtschafteten Wäldern.....	23
5.4.1	Alt-und Totholzparameter im Auenwald.....	24
5.4.2	Alt-und Totholzparameter im Buchenwald.....	26
5.4.3	Alt-und Totholzparameter im Tannen-Buchenwald.....	28
5.4.4	Alt-und Totholzparameter im Tannen-Fichtenwald.....	30
5.5	Ausscheidungskriterien für Altholzinseln.....	32
5.5.1	Totholz als quantitatives Ausscheidungskriterium.....	32
5.5.2	Habitatstrukturen als quantitatives Ausscheidungskriterium.....	35
5.5.3	Grosse lebende Bäume als Qualitätskriterium.....	40
5.5.4	Weitere qualitative Ausscheidungskriterien.....	41
5.6	Mindestfläche einer Altholzinsel.....	43
5.6.1	Methodik.....	45
5.6.2	Definition der Schwellenwerte (SW).....	45
5.6.3	Methodik des Bootstrapping.....	46
5.6.4	Überprüfung des Modells und Interpretation der Daten.....	49
5.6.5	Resultate der Simulation.....	50
5.6.6	Synthese der Resultate.....	62
5.7	Wie viele Altholzinseln braucht der Wald?.....	63

<b>6</b>	<b>Synthese</b> .....	<b>65</b>
6.1	Leitfaden zur Ausscheidung von Altholzinseln .....	65
6.1.1	Voraussetzungen für potentielle Altholzinseln .....	66
6.1.2	Qualitätskriterien für die Ausscheidung von Altholzinseln.....	67
6.1.3	Qualitätssteigernde Parameter von Altholzinseln .....	69
6.1.4	Verteilung der Stichproben.....	71
6.2	Leitfaden zur Qualitätskontrolle von Altholzinseln .....	72
<b>7</b>	<b>Danksagung</b> .....	<b>75</b>
<b>8</b>	<b>Referenzen</b> .....	<b>76</b>
<b>9</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>77</b>

## 1 Zusammenfassung

Das Waldprogramm Schweiz (WAP-CH) definiert als eines von fünf prioritären Zielen den Erhalt der Biodiversität im Wald, unter anderem durch Zulassen der natürlichen Entwicklung auf ausgewählten Flächen. Mit Altholzinseln sollen im Wald Flächen geschaffen werden, in denen die im Wirtschaftswald meist fehlenden späten Phasen des Entwicklungszyklus dominieren. Rund 20% der waldbewohnenden Arten sind auf Totholz angewiesen. Dieser Umstand verdeutlicht, wie wichtig diese späten Phasen für die Erhaltung der Biodiversität sind.

Wie eine Umfrage gezeigt hat, ist das Interesse zur Ausscheidung von Altholzinseln in vielen Kantonen vorhanden. Aufgrund bisher fehlender einheitlicher Grundlagen sind die Kriterien für Ausscheidung und finanzielle Abgeltung von Altholzinseln kantonal sehr unterschiedlich. Bezüglich der minimalen Fläche für solche Altholzinseln besteht ebenso eine Unsicherheit wie über die Qualität geeigneter Flächen.

Um Grundlagen für das Ausscheiden von Altholzinseln zu erarbeiten, wurden Erhebungen in vier verschiedenen Waldtypen (Auenwald, Buchenwald, Tannen-Buchenwald und Tannen-Fichtenwald) durchgeführt. Auf diesen Flächen wurden unter anderem das liegende und das stehende Totholz gemessen sowie verschiedene alt- und totholzspezifische Mikrohabitate und weitere Parameter zur näheren Charakterisierung des Waldbestandes. Anhand dieser Felderhebungen wurden Qualitätskriterien für Altholzinseln erarbeitet. Dazu wurden kürzlich bewirtschaftete Flächen mit solchen verglichen, die seit mindestens 30 Jahren nicht mehr bewirtschaftet wurden.

Die Auswertungen der Ergebnisse zeigen, dass nach einem 30-jährigen Nutzungsverzicht signifikant mehr alt- und totholzspezifische Habitatstrukturen vorhanden sind als in vergleichbaren Wäldern mit kürzlicher Bewirtschaftung. Zudem gibt diese Studie Aufschluss darüber, wie viel Totholz sich nach einem 30-jährigen Nutzungsverzicht im Mittel in solchen Wäldern befindet. Anhand der gewonnenen Daten wurde zudem für jeden der untersuchten Waldtypen eine Mindestfläche für eine Altholzinsel durch Modellierung bestimmt. Diese Mindestfläche stellt sicher, dass in den Altholzinseln die verschiedenen Elemente (Habitatstrukturen / Totholz) in einer Dichte vorkommen, die dem Mittelwert der untersuchten Objekte entspricht.

Der vorliegende Leitfaden zeigt auf, wie Altholzinseln ausgeschieden werden können, damit sie einen grossen ökologischen Wert haben, gleichzeitig aber auch möglichst wenige Nutzungskonflikte erzeugen.

## 2 Einleitung

### 2.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Altholzinseln sind ein wichtiges Element in der Politik des Bundes für die Förderung der Waldbiodiversität. Mit diesen Flächen sollen die späten Entwicklungsphasen des Waldes, welche im heute vorherrschenden Wirtschaftswald kaum noch vorkommen, gefördert werden. Das Ziel ist es, auf diesen Flächen eine möglichst natürliche Waldentwicklung zu gewährleisten. Die Bäume sollen weit über die Optimalphase bestehen bleiben und über längere Zeitabschnitte absterben und zerfallen.

Altholzinseln dienen saproxylichen Organismen (auch Xylobionte genannt) in vielfältiger Art und Weise. Sie sind ökologische Trittsteine zwischen den grösseren Naturwaldreservaten und einzelnen Habitatbäumen, liefern Brutplätze für verschiedenste Arten und bilden Habitate für Organismen, welche im Wirtschaftswald keine geeigneten Lebensräume mehr finden. Diese Funktionen sind gewährleistet, solange alte Bäume und Totholz vorhanden sind. Richtig ausgewählt leisten die Altholzinseln einen Beitrag zur langfristigen Erhaltung dieser Arten. In Anbetracht der Tatsache, dass mindestens 20% der Waldarten auf Totholz angewiesen sind (Bütler et al., 2006) ist es angezeigt, diesem selten gewordenen Lebensraum in unseren Wäldern wieder mehr Platz zu verschaffen.

#### **Altholzinsel:**

Aus der Nutzung genommene Waldfläche, auf der sämtliche Bäume ihren ganzen natürlichen Lebenszyklus durchlaufen bis und mit Zerfall und folgender Zersetzung. Ein Bestand, der als Altholzinsel in Frage kommt, weist standortsgerechte, einheimische Baumarten, bereits alte Bäume und relativ viel Totholz auf.

Im Rahmen der Programmvereinbarung NFA-Waldbiodiversität 2008 -11 sehen 13 Kantone die Einrichtung von insgesamt 1'035 ha Altholzinseln vor. Die Bundesbeiträge an die Altholzinseln sind gleich hoch wie jene für Naturwaldreservate. Pro Kanton schwankt die Gesamtfläche neuer Altholzinseln zwischen 5 und 300 Hektaren. Es ist absehbar, dass die Ausweisung von Altholzinseln angesichts des zu erwartenden zunehmenden Nutzungsdruckes auf den Wald für die Erhaltung der Biodiversität noch weiter an Bedeutung gewinnen wird.

Aus diesen Gründen scheint es gerechtfertigt, an Altholzinseln bestimmte Anforderungen zu stellen. Im Projekt „Gestion des vieux arbres et du bois mort“ (Lachat & Bütler, 2007) wurden bereits für zwei Pilotkantone (VD und NE) Qualitätskriterien aus Feldbeobachtungen abgeleitet. Dazu wurden Wälder des Juras und des Mittellands untersucht. Die im Rahmen der NFA-Programmvereinbarung geplanten Altholzinseln befinden sich ausser diesen Regionen auch in den Voralpen und Alpen. Im vorliegenden Projekt sollen nun Kriterien entwickelt werden, die die Unterschiede der Waldtypen dieser vier biogeografischen Regionen berücksichtigen und somit auch in allen 13 Kantonen angewendet werden können.

Klar definierte Auswahl- und Kontrollkriterien werden für die Planung von ökologisch nachhaltigen Altholzinseln durch die Forstdienste eine wertvolle Hilfe sein und sind unentbehrlich für eine objektive Leistungskontrolle des BAFU.

Dieses Projekt verfolgt die zweckmässige Ausscheidung und die Leistungskontrolle im Bereich Altholzinseln. Dafür brauchen die Kantone einfache und effiziente Kriterien. Seinerseits braucht das BAFU eine Methode der Leistungskontrolle, um zu bestimmen, ob die Ziele der Altholzinsel-Projekte erreicht worden sind. Ausscheidungskriterien und Leistungskontrolle sollen auf die wichtigsten Waldtypen der Kantone mit Altholzinsel-Projekten zugeschnitten sein.

Habitatstrukturen und Totholz mengen werden häufig als Indikatoren für die saproxyliche Biodiversität verwendet. Habitatstrukturen sind Mikrohabitate, die sich während des Alterungsprozesses der Bäume bilden. Mit der Abnahme der Fitness eines Baums nimmt die Anzahl Habitatstrukturen durch das Zusammenwirken von äusseren Einflüssen wie Pilzen, Insekten, Spechten usw. zu. Habitatstrukturen sind sehr geeignete Indikatoren, um die saproxyliche Biodiversität zu eruieren, da die meisten saproxylichen Organismen auf solche Strukturen angewiesen sind. Zudem widerspiegelt eine hohe Vielfalt an Strukturen auch eine grosse biologische Vielfalt. So ist zum Beispiel die Artenvielfalt der Vögel mit der Anzahl an Baumhöhlen korreliert (Remm et al. 2006). Die Vielfalt der Spechte ist weiter auch mit der Vielfalt anderer Waldvögel hoch korreliert. Dies verdeutlicht, dass auch Spechte ein sehr geeigneter Indikator für die Biodiversitätsbeurteilung von Altholzinseln sind.

Da die Erfassung aller Habitatstrukturen aus zeitlichen Gründen in der Praxis kaum möglich ist, wird in dieser Untersuchung abgeklärt, ob sich auch ausgewählte Habitatstrukturen oder Gruppen von Habitatstrukturen als Indikatoren eignen.

### 3 Stand der Kenntnisse in der Schweiz

Um den aktuellen Stand der Kantone zu eruieren, wurden alle Kantone kontaktiert. Dabei wurde nach Informationen zu folgenden Punkten gefragt:

- Qualitätskriterien einer Altholzinsel (z.B. Bestandesalter, Struktur, Baumarten etc.)
- Vertragsdauer
- Minimalgrösse
- Flächenbeiträge (pro ha und Vertragsdauer)
- evtl. Zusatzkriterien und finanzieller Bonus für Altholzinseln im Netzverbund
- Anzahl und Fläche bestehender / geplanter Altholzinseln
- Sonstiges

In der Tabelle 1 (Seiten 8 - 11) sind die eingegangenen Antworten der Kantone zusammengefasst, die für die Periode 2008 - 2011 Altholzinsel-Projekte eingereicht haben. Folgende Kantone haben für die erwähnte Periode keine Altholzinseln geplant: AI, AR, BL, BS, JU, NE, NW, OW, SO, TI, UR, VS, ZH. In vielen Kantonen wurden respektive werden mit erster Priorität Naturwaldreservate ausgeschieden. In einigen Kantonen ist zudem derzeit die Erarbeitung eines Programms zur Ausscheidung von Altholzinseln im Gang.

Das Bestreben der Kantone in der Ausscheidung von Altholzinseln kann grundsätzlich als positiv bewertet werden. Auch wenn die Anforderungen teilweise grosse Unterschiede aufweisen, wurde in allen Projekten ein sinnvoller Ansatz verfolgt. Ein grosses Defizit besteht bei konkreten Vorgaben für Kriterien zur Ausscheidung von Altholzinseln. Aufgrund bislang fehlender Daten sind die definierten Mindestanforderungen an Altholzinseln sehr unterschiedlich. So schwankt beispielsweise die geforderte Mindestfläche von 0.05 bis 2 ha. Es ist anzustreben, für alle Kantone Richtwerte bezüglich der Minimalfläche und der ökologischen Qualität (z.B. Totholzmenge, Strukturierung usw.) von Altholzinseln zu definieren. So kann sichergestellt werden, dass die Ziele der Altholzinselprojekte langfristig auch erreicht werden.

Von verschiedenen Kantonen wurden auch erwähnt, dass die Ausscheidung von Habitatbäumen ebenfalls als gutes Mittel zur Alt- und Totholzförderung angesehen würde, diesbezüglich aber auch noch viele Informationen fehlten, vor allem bezüglich der anzustrebenden Anzahl Habitatbäumen pro Fläche. Auch bezüglich der vernetzenden Funktion von Altholzinseln besteht eine grosse Unsicherheit, welche durch weitere Untersuchungen geklärt werden sollte.

In den Bereichen Sicherheit / Nutzungskonflikte weisen praktisch alle Kantone ähnliche Reglementierungen auf. Insbesondere das Vermeiden von Konflikten mit anderen Waldfunktionen (Schutzwald) wird stark gewichtet. Auch weitere Punkte wie die Arbeitssi-

cherheit des Forstpersonals, das Risiko für Sachwerte und Menschen usw. sollen bei der Ausscheidung von Altholzinseln in Betracht gezogen werden.

Bezüglich der Entschädigung herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass der Ertragsausfall in anbetracht der Wuchsleistung entschädigt werden soll.

Der Stand der Umsetzung ist von Kanton zu Kanton sehr unterschiedlich. Drei Kantone haben Flächenziele definiert. Der Kanton Aargau beispielsweise hat das Ziel von 2% der gesamten Waldfläche (entspricht 980 ha) praktisch erreicht (950 ha ausgeschieden, Stand Dezember 2009). Thurgau hat sich in Abhängigkeit der Produktivität der Standorte Ziele von 1 - 5% der gesamten Waldfläche gesteckt. Ende Oktober waren rund 35 ha Altholzinseln ausgeschieden (ca. 0.2% der gesamten Waldfläche). Der Kanton Freiburg hat sich zum Ziel gesetzt, im Berggebiet sowie im Mittelland je 5 ha Altholzinseln auszuscheiden. Das Ziel im Mittelland wurde erreicht, im Berggebiet sind momentan 2.8 ha ausgeschieden. Der Kanton Zug hat keine kantonalen Ziele definiert, trotzdem sind momentan gut 18 ha vertraglich gesichert.

Insgesamt wurden uns im Rahmen unserer Umfrage über 1059 ha ausgeschiedene Altholzinseln gemeldet, wovon 950 ha auf den Kanton Aargau entfallen. Bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt wurden die ausgeschiedenen Naturwaldreservate, welche zweifellos auch der Alt- und Totholzförderung dienen, jedoch nicht eigentlich Gegenstand dieses Projektes waren. Auf jeden Fall sollten die Flächenziele der Altholzinsel-Projekte in Zusammenhang mit den Natur- und Sonderwaldreservaten betrachtet werden.

Tabelle 1: Übersicht über die eingegangenen Rückmeldungen der Kantone (Stand 16.12.2009)

Kanton	Mindestfläche pro Altholzinsel	Kriterien für Altholzinsel	Sonstiges	Vertragsdauer	Finanzielle Entschädigung
AG <sup>1</sup>	2 ha (Ausnahmen möglich); innerhalb eines Forstbetriebs muss die Minimalvorgabe von 2% erfüllt sein	<p>"Geeignet für die Ausscheidung als Altholzinseln sind":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• WNI-Objekte (Waldnaturschutzinventar)</li> <li>• Laubholzreiche Flächen</li> <li>• Struktureiche Mischwälder mit höchstens 50% Nadelholz (Ausnahmen auf speziellen Standorten möglich)</li> <li>• Flächen mit 5-10 naturschützerisch wertvollen Einzelbäumen (in 1. Linie Eichen)</li> </ul>	Eine Verteilung auf verschiedenen Waldgesellschaften ist anzustreben	50 Jahre	<p>geringe Ertragsfähigkeit: 650 - 2600 Fr/ha und 50 Jahre,</p> <p>mittlere Ertragsfähigkeit : 650 - 5200 Fr/ha und 50 Jahre</p> <p>hohe Ertragsfähigkeit: 1300 - 11000 Fr. Fr./ha und 50 Jahre</p>
BE <sup>2</sup>	0.5 ha	<p>"Bedingungen zur Entschädigung von Altholzinseln":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindestens 10 Bäume pro Hektare welche in Gruppen stehen</li> <li>• Mindest BHD gemäss Objektblättern</li> <li>• Ausnahmsweise ökologisch besonders wertvolle Einzelbäume</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgängige Planung des Holzerntekonzeptes über den Perimeter</li> <li>• Alt- und Totholzinseln sollen weder die Arbeitssicherheit beeinträchtigen noch die Waldbesucher auf den üblichen Wegen gefährden.</li> <li>• Alt- und Totholzinseln dürfen bei der Holzerei nicht beschädigt werden.</li> </ul>	25 Jahre	Grundbeitrag 300 Fr/ha plus Entschädigung von Ertragsausfall nach Reglement

<sup>1</sup> Naturschutzprogramm Wald, Zwischenbericht 2007: Ziele und Handlungsbedarf dritte Etappe. Departement Bau, Verkehr und Umwelt Aargau

<sup>2</sup> Biodiversität im Wald: Entschädigungen für Naturschutzleistungen im Wald im Kanton Bern. Amt für Wald & Amt für Landwirtschaft und Natur, Bern

Kanton	Mindestfläche pro Altholzinsel	Kriterien für Altholzinsel	Sonstiges	Vertragsdauer	Finanzielle Entschädigung
FR <sup>3</sup>	0.5 ha (bis 20 ha möglich)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standortgerechte Artenzusammensetzung</li> <li>• Mind. 10 Bäume &gt;BHD 50 oder &gt;100 Jahre alt</li> <li>• 1. Priorität: Laub- / Laubmischwälder des Mittellandes</li> <li>• 2. Priorität: Wälder der Voralpen</li> <li>• 3. Priorität: Extremstandorte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei grosser "Nachfrage" Altholzinseln im Radius von 5km von Naturwaldreservaten bevorzugen (Vernetzung)</li> <li>• Samengewinnung möglich, keine phytosanitären Eingriffe</li> <li>• Minimierung des Sicherheitsrisikos</li> <li>• Bei Altholzinseln &lt;2ha Inventarisierung (Habitsstrukturen, Totholzmenge, BHD der Bäume, Baumarten usw.) bei grossen Altholzinseln(&gt;2ha) nur Beschreibung des Bestandes und der Baumarten, fotografische Dokumentation erwünscht</li> <li>• Überwachung alle 5 Jahre</li> </ul>	Mind. 20 Jahre, abhängig vom Waldzustand	Ertragsausfall + Zuschuss wenn Vertrag über 50 Jahre abgeschlossen + 50 Fr / Jahr aus Vogelschutz-Fonds
GE	0.4 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standortgerechte Bestockung</li> <li>• Horizontale und vertikale Strukturierung</li> <li>• Anwesenheit alter Bäume</li> <li>• Totholzmenge grösser als Durchschnitt (14 m<sup>3</sup>/ha)</li> <li>• Grosse Diversität sowie Habitatstrukturen vorhanden</li> <li>• Ideale Vernetzungsdistanz 1 km</li> </ul>		50 Jahre	500.-/ha

<sup>3</sup> Directive 8.3/1 Biodiversité en forêt. Service des forêts et de la faune, Fribourg

Kanton	Mindestfläche pro Altholzinsel	Kriterien für Altholzinsel	Sonstiges	Vertragsdauer	Finanzielle Entschädigung
GL <sup>4</sup>	1 bis 5 ha im Abstand von 300m	<p>!" diese Kriterien sollten erfüllt sein"</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heimische Baumarten</li> <li>• Alter der Hauptbestockung mind. 2/3 des Umtriebsalters</li> <li>• Bestand geschlossen bis locker, Schlussgrad nicht &lt;0.6</li> <li>• Biotopbäume und andere ökologisch bedeutsame Strukturmerkmale müssen in ausreichender Qualität, Zahl und Verteilung vorhanden sein</li> <li>• Kein Risiko aus Gründen des Forstschutzes, der Schutzfunktion oder für Menschen und Sachwerte</li> </ul>	<p>"Besondere Eignung für Altholzinseln":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausrichtung an bereits bestehende Waldreservate</li> <li>• Erschwerte Holzbringung</li> <li>• Erwartete technisch minderwertige Sortimente</li> <li>• Randlagen an Mooren und Gewässern</li> <li>• Insellagen in waldarmen Gebieten</li> <li>• Lange Altholztradition</li> </ul>		Abgeltung nach Ertragsausfall, ausgehend von der Waldgesellschaft unter Berücksichtigung der Erschliessung und der Holzsortimente
GR <sup>5</sup>	0.2 ha (Schwerpunkt bei 1 ha), Mindestbreite 1 Baumlänge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortgeschrittene Waldentwicklung</li> <li>• hoher Totholzanteil oder hoher Anteil alter Bäume</li> <li>• mindestens 15 Jahre ohne forstbauliche Eingriffe</li> <li>• Baumartenzusammensetzung standortgemäss</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altholzinseln dürfen keine Konflikte mit anderen Waldfunktionen (Schutzwald) auslösen</li> <li>• In Ausnahmen auch Ausweisung in beweideten Wäldern möglich</li> <li>• Bei Erreichen einer "nicht erwünschten Entwicklungsphase" (z.B. Jungwald ohne Totholz) kann der Vertrag ohne Rückerstattung beendet werden</li> <li>• Ersatz von Altholzinseln möglichst nahe bei ursprünglicher Altholzinseln</li> </ul>	50 Jahre	analog Naturwaldreservaten, Reduktion an schlecht wüchsigen oder sehr felsigen Standorten
LU	Nicht definiert	Gruppe von ca. 15 Bäumen mit BHD > 56 cm, mitgezählt werden können liegende Bäume, Stümpfe, Dürrständer, Stirzel.	Gefahrensituation ist zu berücksichtigen	25 oder 50 Jahre	Entschädigung per m <sup>3</sup> Derbholz, 30Fr/m <sup>3</sup> für 25 Jahre, 50Fr/m <sup>3</sup> für 50 Jahre

<sup>4</sup> Bericht „Biodiversität im Wald“ Altholzinseln und Totholz. Departement für Bau und Umwelt, Abteilung Wald, Glarus

<sup>5</sup> Projekthandbuch Biodiversität: Richtlinie zum Einrichten von Altholzinseln und Schonen von Biotopbäumen. Amt für Wald Graubünden

Kanton	Mindestfläche pro Altholzinsel	Kriterien für Altholzinsel	Sonstiges	Vertragsdauer	Finanzielle Entschädigung
TG <sup>6</sup>	0.5 ha Zielsetzung: 1-5% der Waldfläche als Altholzinseln ausgeschieden (abgestuft nach Wuchsleistung)	BHD der dominierenden Bäume (DDOM) 52 cm und mehr; auf extrem mageren Standorten ist der Wert tiefer anzusetzen (bei 36 cm)	Altholzinseln sollen in einem Netz von ca. 1 km Abstand ausgeschieden werden (unter Einbezug der Waldreservatsflächen)	20 Jahre, danach verlängerbar um jeweils 10 Jahre	900 - 1400 pro ha und 10 Jahre, abgestuft nach Wuchsleistung
VD	500 m <sup>2</sup> pro Altholzinsel resp. 2000 m <sup>2</sup> pro Vertrag	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90% für die Waldgesellschaft typische Bäume</li> <li>• alte Hochwälder, welche mehrere Bäume mit BHD &gt;50cm aufweisen</li> </ul>	Nutzungskonflikte mit Schutzwald müssen vermieden werden	50 Jahre	Grundbetrag 200 Fr/500 m <sup>2</sup> plus Entschädigung von Ertragsausfall nach Reglement
ZG <sup>7</sup>	0.3 bis 3 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überschreiten des Wirtschaftsalters (oder kurz davor)</li> <li>• Standortsheimische Bäume vorhanden</li> <li>• Grosse Priorität von Baumarten, die sehr alt werden können</li> <li>• Eingriffe erlaubt, um Einzelbäume zu fördern (z.B. Befreien von Kroneneinwuchs)</li> </ul>	Altholzinseln sind ein Teil des Programms "Altholzförderung".	30 Jahre	Abgeltung des potentiellen Zuwachses mit 20 Fr/m <sup>3</sup> pro ha und Jahr.

<sup>6</sup> Empfehlung: Totholz und Altholz im Thurgauer Wald. Forstamt Thurgau

<sup>7</sup> Altholz, Anfrage von Rita Bütler im Auftrag des BAFU. Kantonsforstamt Zug

## 4 Methode und Datenerhebung

### 4.1 Standorte: Untersuchungsgebiet und Waldtypen

Die Standorte der 24 untersuchten Waldbestände befinden sich in Jura, Mittelland, Vor-alpen und Alpen in neun verschiedenen Kantonen (AG, BE, GR, OW, SG, SH, SZ, TG, ZH). Da in der französischen Schweiz (Kantone Waadt und Neuenburg) bereits ein Vorprojekt lief (Lachat & Bütler, 2007), wurden dort keine neuen Aufnahmen gemacht. Die Auswahl der Standorte erfolgte in Absprache mit den verantwortlichen Forstbehörden. Wichtige Kriterien waren die Entwicklungsphase (reife Hochwälder, d.h. > 120 Jahre alt), das Vorhandensein von Beständen, die seit 30 Jahren oder länger nicht mehr bewirtschaftet wurden sowie deren Erreichbarkeit ohne zu lange Anmarschzeit. Damit ein Waldbestand für diese Untersuchung in Frage kam, musste er eine Minimalfläche von mindestens einer Hektare aufweisen. Um den grössten Teil der in den Kantonen vorkommenden Wälder abzudecken, wurden vier verschiedene Waldtypen in diese Untersuchung einbezogen:

- Erlen-Eschenwälder / Auenwälder (AUE; Waldgesellschaften 26–32 nach Ellenberg & Klötzli 1972)
- Buchenwälder (BU; Waldgesellschaften 1–17 nach Ellenberg & Klötzli 1972)
- Tannen-Buchenwälder (TA-BU; Waldgesellschaften 18–21 nach Ellenberg & Klötzli 1972)
- Tannen-Fichten und Fichtenwälder (TA-FI; Waldgesellschaften 46–60 nach Ellenberg & Klötzli 1972).

### 4.2 Stichprobenerhebung

Um differenzierte Kriterien zu erarbeiten, wurden die vier Waldtypen je als eigenständige Gruppe definiert, innerhalb derer ein gepaartes Stichprobendesign mit zwei Variablen ausgearbeitet wurde. Einerseits wurde nach der Bewirtschaftung (kürzlich bewirtschaftet, d.h. letzte Eingriffe vor ca. 5 -10 Jahren / seit mindestens 30 Jahren unbewirtschaftet) differenziert, andererseits nach der Produktivität des Standortes (hoch / niedrig). Die Produktivität hat einen Einfluss auf die Biomasseproduktion und das Wachstum der Bäume. Um abzuklären ob und falls ja inwiefern dies einen Einfluss auf die Qualität einer Altholzinsel hat, wurden Standorte unterschiedlicher Produktivität miteinander verglichen. Bei den Auenwäldern wurde die Aufteilung in produktive und nicht produktive Wälder nicht gemacht, da Auenwälder per Definition produktive Wälder sind. Nicht oder wenig produktive Auenwälder existieren nicht. Somit ergaben sich für die Buchen-, Tannen-Buchen-, und Tannen-Fichtenwälder je vier und für die Auenwälder zwei Zustände. Die Flächen, welche lange nicht bewirtschaftet wurden, zeichneten sich dadurch aus, dass sich eine gewisse natürliche Dynamik etablieren konnte. Dies äussert sich durch

das Vorhandensein von liegendem und/oder stehendem Totholz und/oder grossen lebenden Bäumen. Die a priori-Unterteilung nach der Produktivität wurde anhand optischer Kriterien vorgenommen. Während den Feldaufnahmen wurden zudem verschiedene produktivitätsrelevante Parameter gemessen. So konnte die a priori Unterteilung durch Felddaten bestätigt werden.

Dieses gepaarte Design erlaubt einen Vergleich der Qualität zwischen den nicht bewirtschafteten und den bewirtschafteten Flächen. Die Unterscheidung der Standorte nach ihrer Produktivität dient dazu, zu eruieren, ob diese Variable einen Einfluss auf die Qualität der Altholzinseln hat.

In den Waldtypen mit vier Zuständen wurde jeder Zustand mit 12 - 16 Stichproben erfasst, in den Auenwäldern jeder Zustand 20-mal. Tabelle 2 stellt dieses Stichprobendesign dar. Wie ersichtlich, wurden total 192 Probeflächen untersucht, die auf vier Waldtypen verteilt waren. Pro Waldtyp wurden somit zwischen 40 und 56 Stichproben erhoben.

Tabelle 2: Stichprobendesign mit der Anzahl Stichproben, die pro Zustand in den einzelnen Waldtypen erhoben wurden.

	seit mindestens 30 Jahren nicht bewirtschaftet		kürzlich bewirtschaftet	
	Produktivität		Produktivität	
	hoch	niedrig	hoch	niedrig
Auen- und Quellwälder Total 40 Stichproben	20	-	20	-
Buchenwälder Total 48 Stichproben	12	12	12	12
Tannen-Buchenwälder Total 48 Stichproben	12	12	12	12
Tannen-Fichten- und Fichtenwälder Total 56 Stichproben	16	12	16	12
Total	60	36	60	36

Jeder Waldstandort wurde so gewählt, dass jeweils vier Probekreise mit den Ausprägungen „seit mindestens 30 Jahren nicht bewirtschaftet“ (im Folgenden als "nicht bewirtschaftet" beziehungsweise „Wälder ohne Bewirtschaftung" bezeichnet) und „kürzlich bewirtschaftet“ (im Folgenden als "bewirtschaftet" beziehungsweise "Wälder mit Bewirtschaftung" bezeichnet) eingerichtet werden konnten.

Als erstes wurden die vier Probekreise der Ausprägung „nicht bewirtschaftet“ eingerichtet. Diese Stichproben wurden gezielt in Bereiche gelegt, wo eine natürliche Dynamik

festgestellt werden konnte. Diese so ausgewählten Flächen entsprechen den Zielvorstellungen, die eine Altholzinsel mindestens erfüllen sollte. Ob diese Flächen vertraglich bereits als Naturwaldreservate oder Altholzinseln ausgeschieden waren, spielte bei der Auswahl keine Rolle.

Die räumliche Anordnung dieser vier Probekreise richtete sich nach der Form des Bestandes. Entweder wurden sie in einem Quadrat oder in einer Reihe angeordnet (siehe Abbildung 27, Seite 71). Der Mindestabstand zwischen zwei Probekreismittelpunkten betrug 35 m.

Die Stichproben der Ausprägung „bewirtschaftet“, wurden im nächstmöglichen bewirtschafteten Hochwald durchgeführt, der ähnliche Standortfaktoren (klimatisch, pedologisch, Relief usw.) aufwies. Diese Flächen entsprechen „normal“ genutzten, reifen Hochwäldern, wie sie im Wirtschaftswald häufig vorkommen. Tabelle 3 gibt eine Übersicht der einzelnen Standorte, des untersuchten Waldtyps sowie der Gemeinde resp. des Kantons, in dem der Standort liegt und Abbildung 1 zeigt deren geografische Lage auf.

Bis auf drei Standorte konnten die Stichproben "bewirtschaftet" im Umkreis von 1000m von derjenigen der nicht mehr bewirtschafteten Flächen installiert werden. In drei Fällen waren sie weiter von den nicht bewirtschafteten Flächen entfernt, wiesen aber dennoch ähnliche Standortfaktoren auf, wodurch die Vergleichbarkeit gewährleistet blieb.

Tabelle 3: Standorte der Stichproben

Nummer	Waldtyp	Standort	Gemeinde	Kanton
1	AUE	Hau-Aeuli	Frauenfeld	TG
2	AUE	Rensch	Trun	GR
3	AUE	Risi Reussinsel	Mellingen	AG
4	AUE	Rheinhölzli	Flaach	ZH
5	AUE	Umikerschachen	Brugg	AG
6	BU	Adenberg	Rafz	SH
7	BU	Striehen	Densbüren	AG
8	BU	Tutschgenhalde	Kyburg	ZH
9	BU	Sattel	Valzeina	GR
10	BU	Burgistein	Burgistein	BE
11	BU	Egliboden	Sihlwald	ZH
12	TA-BU	Tanzboden	Sihlwald	ZH
13	TA-BU	Krummelinde	Mellikon	AG
14	TA-BU	Lägeren	Wettingen	AG
15	TA-BU	Fischenloch	Degersheim	SG
16	TA-BU	Hattenschwiler Wald	Fischingen	TG
17	TA-BU	Egg	Eggersriet	TG
18	TA-FI	Salzbrunnen	Oberiberg	SZ
19	TA-FI	Hundschotten	Mäderen	SZ
20	TA-FI	Leihubelwald	Giswil	OW
21	TA-FI	Toniswald	Abtwil	SG
22	TA-FI	Lachnerstock	Lachen	SZ
23	TA-FI	Scatle	Brigels	GR
24	TA-FI	Grauholz	Ittigen	BE

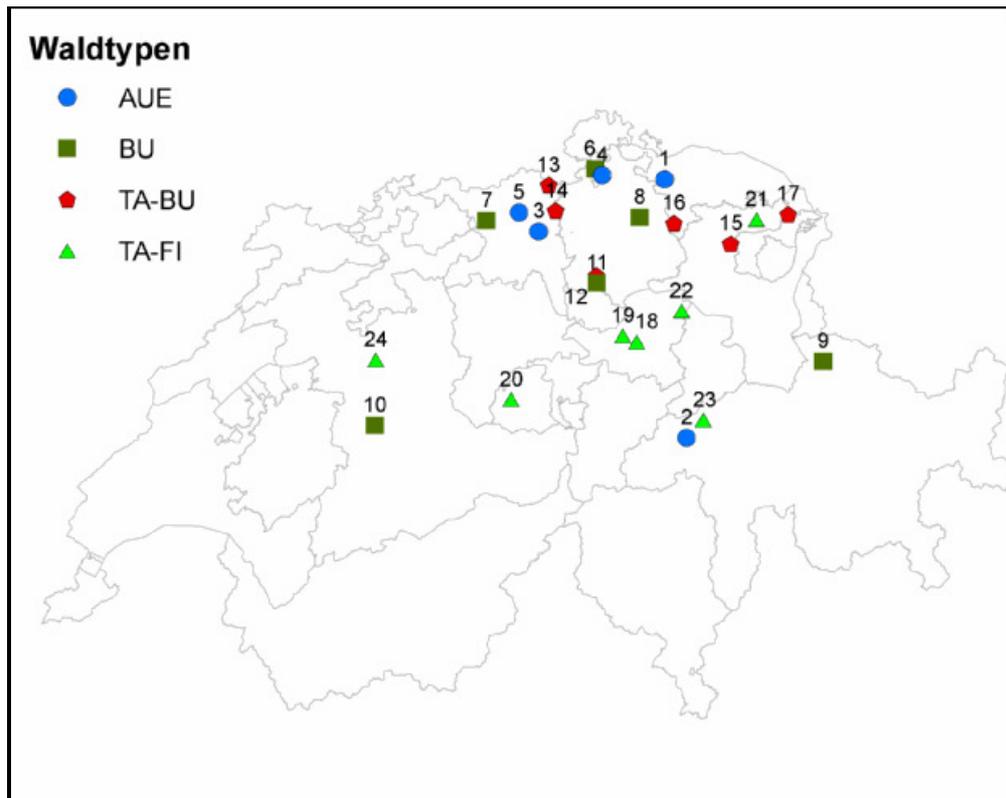


Abbildung 1: Verteilung der Standorte in der Schweiz nach Waldtypen

## 4.3 Methodik

### 4.3.1 Bestimmung der Produktivität

Die Produktivität der Probeflächen wurde durch Bodenuntersuchungen im Zentrum des Probekreises bestimmt. Die Position in der Landschaft, Gründigkeit des Bodens, pH-Wert, Hydromorphiemerkmale, Feinerdkörnung und Bodenskelett wurden im Feld aufgenommen. Jeder Faktor wurde von -1 (unproduktiv) bis +1 (produktiv) gewichtet. Die Summe ergibt einen Produktivitätsindex, der rein rechnerisch zwischen -10 (sehr unproduktiv) und +10 (sehr produktiv) schwanken könnte.

### 4.3.2 Aufgenommene Strukturen/Standorteigenschaften

Die Erhebung der Habitatstrukturen und der Standorteigenschaften wurde auf einer Fläche von 500m<sup>2</sup> (Kreis von 12.62 m Radius, Horizontalfläche) durchgeführt. Untersucht wurden alle stehenden Bäume ab einem Brusthöhendurchmesser (BHD) von 10 cm. Liegendes Totholz wurde in Anlehnung an das LFI3 ab einem Durchmesser von 7 cm aufgenommen und sein Volumen mit einer Transekt-Methode geschätzt (für Details siehe Böhl & Brändli, 2007). Das lebende Schaftholzvolumen und das Volumen des stehenden Totholzes wurden mit der Formel von Kaufmann (2000) hergeleitet. Habitatstrukturen wurden mit Hilfe eines Feldstechers auf stehenden Bäumen aufgenommen. Eine

Habitatstruktur wurde als morphologische Besonderheit eines Baums definiert, die für eine oder mehrere Alt- und Totholzarten ein bevorzugtes Habitat darstellt, also z.B. eine Höhle, eine Spalte oder ein toter Ast (Liste und Definitionen aller aufgenommenen Habitatstrukturen vgl. Anhang 1 Seite 77). Nadel- und Laubbäume wurden prinzipiell identisch behandelt. Lediglich die gebrochenen und toten Äste wurden bei Nadelbäumen nicht aufgenommen. Da Nadelbäume meist sehr viele kleinere Totäste aufweisen, wäre deren Aufnahme wenig sinnvoll gewesen.

Aufgrund schwieriger Sichtbarkeitsverhältnisse von Bäumen in belaubtem Zustand können sich bei der Aufnahme zufällige Fehler ergeben. Deshalb erhoben wir sämtliche Daten innerhalb eines kurzen Zeitraums (Juni bis August 2008), jeweils innerhalb einer Woche pro Standort. Wir erfassten ebenfalls Baumstümpfe, da sie ein guter Indikator für die Bewirtschaftungsgeschichte in den letzten Jahrzehnten sind. Ein Stumpf ist das Überbleibsel eines Baumes, das nach der Fällung am Hiebsort verbleibt. Es wurde die prozentuale Rindenbedeckung und der Abbaugrad in fünf Klassen (1: frisch bis 5: stark abgebaut) gemäss der LFI3-Methode (Keller 2005) aufgenommen.

### **4.3.3 Datenanalyse**

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Statistikprogramm SPSS, die Modellierung der Minimalfläche mit der Software "R". Nebst verschiedenen grafischen Auswertungsverfahren wurden folgende Tests zur statistischen Datenanalyse angewendet:

- Mann-Whitney U-Test
- Chi-Quadrat Test
- Rangkorrelationstest nach Spearman
- ANOVA mit Posthoc Tukey HSD-Test

Um Aussagen bezüglich der Vielfalt der Habitatstrukturen zu machen, wurde zudem der Shannon-Index über alle erhobenen Strukturen berechnet. Dieser Index berücksichtigt sowohl die Anzahl der unterschiedlichen Habitatstrukturen als auch deren Abundanz (Häufigkeit).

## 5 Resultate und Interpretation

### 5.1 Produktivität des Standortes: Unterschiede aber wenig Einfluss

Höhere Produktivität bedeutet grundsätzlich eher höhere Biomasseproduktion und somit grössere Totholz mengen. Dadurch besteht die Gefahr, dass Unterschiede bezüglich des Totholz volumens (und anderen Parametern) durch allfällige Produktivitätsunterschiede der Standorte verursacht wurden, und nicht durch unterschiedliche Managementformen (bewirtschaftet / nicht bewirtschaftet).

Der in dieser Untersuchung verwendete Produktivitätsindex stützt sich auf die im Feld erhobenen Bodeneigenschaften (siehe Kapitel 4.3.1, Seite 16). Die Werte der Stichproben schwankten zwischen -5 und +4, obwohl sich die Skala theoretisch von -10 bis +10 erstreckt. Alle gefundenen Werte liegen somit im mittleren Bereich, Werte an den Enden der Skala wurden keine gefunden. Obwohl es nicht gewiss ist, ob Standorte im äussersten Bereich der Produktivitätsskala in der Schweiz tatsächlich existieren, kann man doch zumindest annehmen, dass keine extremen Standorte (äusserst produktive oder äusserst unproduktive) in unserer Untersuchung betrachtet wurden.

In einem ersten Schritt wurde in den nicht bewirtschafteten Flächen der Waldtypen Buchenwald, Tannen-Buchenwald und Tannen-Fichtenwald getestet, ob ein Zusammenhang zwischen der Produktivität und einzelnen qualitätsrelevanten Parametern besteht. (Da Auenwald per Definition als produktiv eingestuft wird, wurde diese Analyse in diesem Waldtyp nicht durchgeführt.) Mittels dem Rangkorrelationskoeffiziententest nach Spearman wurde für jeden der drei Waldtypen die Produktivität gegen folgende Parameter auf eine Korrelation getestet: Gesamtstrukturzahl, gesamte Menge Totholz und Anzahl Spechtbäume. Tabelle 4 zeigt die gefundenen P-Werte. Es wurde keine signifikante Korrelation ermittelt. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Produktivität keinen erheblichen Einfluss auf diese drei getesteten Parameter hat.

Tabelle 4: Korrelationsanalyse zwischen einzelnen Qualitätsmerkmalen und Produktivität. P-Werte des Rangkorrelationskoeffiziententests nach Spearman

	Buchenwald	Tannen-Buchenwald	Tannen-Fichtenwald
Gesamtstrukturzahl	0.065	0.8	0.381
Totholzmenge	0.471	0.686	0.936
Anzahl Spechtbäume	0.153	0.530	0.464

In einem zweiten Schritt wurden die nicht bewirtschafteten mit den bewirtschafteten Wäldern bezüglich ihrer Produktivität verglichen. In den Buchenwäldern wurde kein signifikanter Unterschied der Produktivität zwischen bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten

Wäldern gefunden (Mann-Whitney U-Test:  $Z=-1.002$ ,  $P=0.316$ ). Kriterien zur Beurteilung der Buchenwälder können folglich ohne Berücksichtigung der Produktivität angewendet werden, solange es sich dabei nicht um Extremstandorte bezüglich der Produktivität handelt.

In den beiden anderen Waldtypen wurde ein signifikanter Unterschied für die Produktivität zwischen nicht bewirtschafteten und bewirtschafteten Probeflächen gefunden (Tannen-Buchenwälder, Mann-Whitney U-Test:  $Z=-2.066$ ,  $P=0.039$ ; Tannen-Fichtenwälder Mann-Whitney U-Test:  $Z=-2.654$ ,  $P=0.008$ ). Bei den Tannen-Buchenwäldern sind die nicht bewirtschafteten Flächen produktiver als die bewirtschafteten und umgekehrt bei den Tannen-Fichtenwäldern. Da die Gesamtstrukturzahl in beiden Fällen aber im nicht bewirtschafteten Teil deutlich grösser ist als im bewirtschafteten (vergleiche Abbildung 6, Seite 36), kann davon ausgegangen werden, dass keine Kausalität zwischen der Produktivität und der Gesamtstrukturzahl besteht. Im Falle einer starken Korrelation zwischen einer hohen Produktivität und der Gesamtzahl Habitatstrukturen, müssten die bewirtschafteten Wälder des Tannen-Buchenwaldes, welche produktiver sind als die nicht bewirtschafteten, höhere Habitatstrukturzahlen aufweisen. Das ist aber nicht der Fall. Trotzdem werden einzelne Merkmale, die bezüglich Produktivität einen signifikanten Unterschied zwischen bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Standorten aufweisen, mit Vorsicht interpretiert. Tabelle 5 listet diese Merkmale auf (Chi-Quadrat Test).

Tabelle 5: Signifikante Merkmale unter Berücksichtigung der Produktivität (Chi-Quadrat Test,  $P<0.05$ )

Waldtyp	Merkmale mit signifikantem Unterschied
Tannen-Buchenwald (nicht bewirtschaftete Standorte produktiver als bewirtschaftete)	Spalten > 10 cm Mittlerer BHD der 5 grössten Bäume Anzahl toter Bäume BHD 10-20 cm Anzahl lebender Bäume BHD 30-40 cm Anzahl lebender Bäume DHB >50 cm Mittlerer BHD der lebenden Bäume Verhältnis mittlerer BHD lebender zu toter Bäume Volumen der lebenden Bäume
Tannen-Fichtenwald (bewirtschaftete Standorte produktiver als nicht bewirtschaftete)	Totholzvolumen der Abbaustufe 1 Anzahl toter Bäume BHD 20-30 cm

Bei der Anzahl Spalten >10 cm ist eine Beeinflussung durch die Produktivität eher unwahrscheinlich. Die restlichen Merkmale können potentiell von der Produktivität beeinflusst werden. Dabei muss jedoch bedacht werden, dass die Unterschiede bezüglich Produktivität gering waren. Der Produktivitätsmittelwert betrug  $1.42 \pm 0.54$  bei den nicht

bewirtschafteten und  $-0.17 \pm 0.5$  bei den bewirtschafteten Standorten. Die Differenz der Mittelwerte von 1.59 ist im Verhältnis zur gesamten Bandbreite der Skala (-10 bis +10) sehr gering. Es ist nicht anzunehmen, dass in einem so komplexen Wirkungsgefüge dieser kleine Unterschied allein verantwortlich ist für die beobachteten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, zumal die aussagekräftigsten Parameter (z.B. Totholzvolumen, Gesamtstrukturzahl) in allen vier Waldtypen sehr signifikante Unterschiede zugunsten der nicht bewirtschafteten Flächen aufweisen.

## 5.2 Unterschiede Laub-, Misch- und Nadelwälder

Wie Abbildung 2 zeigt, weisen reine Mischwälder (Auen- und Buchenwälder) tendenziell mehr Habitatstrukturen auf als Misch- und Nadelwälder (Buchen-Tannenwälder und Tannen-Fichtenwälder). Tote und gebrochene Äste sind nicht einbezogen, da sie auf Nadelbäumen nicht aufgenommen wurden.

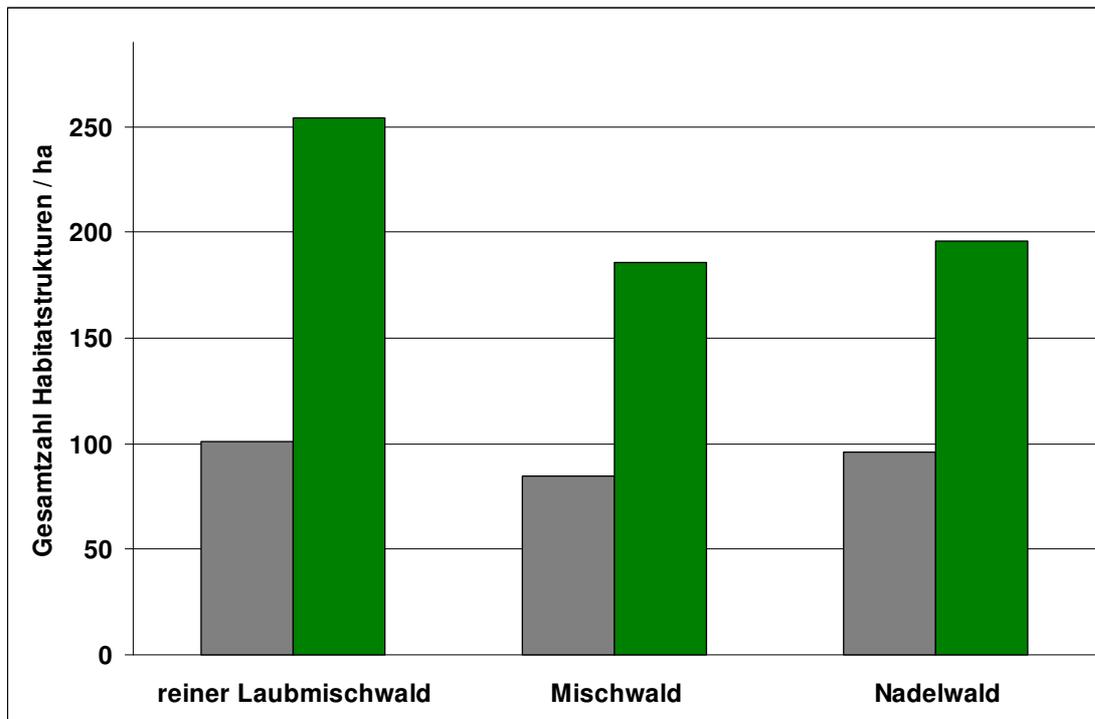


Abbildung 2: Durchschnittliche Gesamtzahl Habitatstrukturen (ohne tote und gebrochene Äste) aufgeteilt nach reinem Laubmischwald (Auen- und Buchenwald), Mischwald (Tannen-Buchenwald) und Nadelwald (Tannen- Fichtenwald). Grau: bewirtschaftete Flächen, grün: nicht bewirtschaftete Flächen.

Die Unterschiede zwischen reinen Mischwäldern, Misch- und Nadelwäldern sind aber für die Gesamtzahl der Habitatstrukturen in nicht bewirtschafteten Wäldern nicht signifikant ( $\text{Chi}^2=5.447$ ,  $\text{df}=2$ ,  $p=0.066$ ). Die meisten Unterschiede zwischen Laub-, Misch- und Nadelwäldern sind auf die unterschiedliche Architektur der Bäume zurückzuführen. Laubbäume bilden eine komplexere Baumkrone mit dicken Ästen. Im Vergleich dazu sind die

Kronen der Nadelbäume (meist Fichten und Tannen) sehr einfach gebaut und die Äste, obwohl zahlreich, haben meistens einen Durchmesser unter 20 cm in Stammnähe und schaffen selten wertvolle Habitatstrukturen beim Abbruch.

Einzelne Parameter weisen signifikante Unterschiede zwischen nicht bewirtschafteten Laub-, Misch- und Nadelwäldern auf (Tabelle 6). Jedoch die wichtigen Biodiversitätskomponenten wie die Gesamtzahl der Habitatstrukturen, die gesamte Menge an Totholz oder einzelne wertvolle seltene Strukturen (z.B. Spechthöhlen, natürliche Höhlen), zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Waldtypen.

Tabelle 6: Parameter mit signifikanten Unterschieden zwischen nicht bewirtschafteten Laub-, Misch- und Nadelwäldern (X: signifikant mehr, getestet mittels Chi-Quadrat Test)

Signifikante Unterschiede zwischen den Waldtypen	Laubwälder	Mischwälder	Nadelwälder
Basalfläche lebender Bäume			X
Volumen lebender Bäume			X
Anzahl lebender Bäume			X
BHD 50-60 und 60-70 cm			
Anzahl Bäume mit BHD>50 cm			X
Liegendes Totholz (Abbauklasse 3 und 2)	X	X	
Anzahl toter Bäume BHD 20-30 cm	X	X	
Mittlerer BHD der 5 grössten Bäume			X
Stammbruch	X		
Zwiesel und abgebrochene Zwiesel	X	X	
Anzahl toter Bäume stehend 70-80 cm BHD	X		
Höhle am Stammfuss			X

Trotz signifikanter Unterschiede für einzelne Parameter scheint es nicht sinnvoll, eine Priorisierung einzelner Waldtypen für die Ausscheidung von Altholzinseln vorzunehmen. Im Sinne der  $\beta$ -Diversität (ergänzende Biodiversität) ist es vorteilhaft, Altholzinseln in verschiedenen Waldtypen einzurichten. Da es sich bei den saproxylichen Arten um eine hoch spezialisierte Gruppe handelt, sind unterschiedliche Artengemeinschaften für bestimmte Waldtypen charakteristisch. Altholzinseln in mehreren Waldtypen ermöglichen es mehr Arten zu erhalten als Altholzinseln ausschliesslich in einem einzigen Waldtypus. Dadurch werden verschiedene Ausprägungen von Altholzinsel-Lebensgemeinschaften gefördert, was grossräumig betrachtet die  $\beta$ -Diversität weiter steigert. Die Auswahl der

Waldtypen soll eher aufgrund des regionaltypischen Charakters und der Verantwortung der Region für bestimmte Waldtypen stattfinden.

### 5.3 Stümpfe als Indikator für die Bewirtschaftung

In Absprache mit den Forstbehörden suchten wir nach Flächen, die seit mindestens ca. 30 Jahren nicht mehr bewirtschaftet wurden. Da die Bewirtschaftungsgeschichte für kleine Waldbestände (Mindestfläche in unserer Untersuchung 1 ha und Stichprobenfläche 500 m<sup>2</sup>) meistens schwer rekonstruierbar ist, war die genaue Bestimmung des Datums des letzten Eingriffes nicht immer möglich. Wir beschränkten uns deshalb auf die erwähnten zwei Kategorien:

- Seit längerer Zeit nicht mehr bewirtschaftet (mind. 30 Jahre)
- In den letzten 5-10 Jahren bewirtschaftet

Die Anzahl Stümpfe und ihr Abbauzustand wurden als Bestätigung für die a-priori-Einteilung der Stichproben in «nicht mehr bewirtschafteter» / «bewirtschafteter Wald» verwendet. Die Anzahl Stümpfe pro Flächeneinheit gibt Hinweise über die Bewirtschaftungsintensität; ihr Abbauzustand informiert über den ungefähren Zeitpunkt des Eingriffes. Eine Mehrheit von harten Stümpfen (Abbauklassen 1 und 2) deutet auf einen Wald hin, der in den letzten Jahren bewirtschaftet wurde, während eine Mehrheit von stark zersetzten Stümpfen (Abbauklassen 4 und 5) auf eine länger zurückliegende Bewirtschaftung hinweist. Insgesamt wurden in bewirtschafteten Wäldern fast doppelt so viele Stümpfe erfasst wie in nicht mehr bewirtschafteten Wäldern (763 vs. 396, Abbildung 3). Der grösste Unterschied besteht bei der Abbauklasse 2 (Mann-Whitney U-Test,  $Z = -2.8$ ,  $P = 0.005$ ). Für weiche und morsche Stümpfe (Abbauklassen 4 und 5) ergab sich kein Unterschied (vgl. Abbildung 3). Diese Beobachtung lässt vermuten, dass vor einigen Jahrzehnten in beiden Waldkategorien etwa gleich intensiv Holz genutzt wurde. In bewirtschafteten Wäldern war zudem die mittlere Rindenbedeckung der Stümpfe höher als in unbewirtschafteten, und die Stümpfe waren im Mittel weniger stark abgebaut. In Tannen-Fichtenwäldern ist diese Tendenz zwar erkennbar, jedoch statistisch nicht signifikant. Wie postuliert, liegen demnach in unbewirtschafteten Wäldern die letzten Holzschläge weiter zurück.

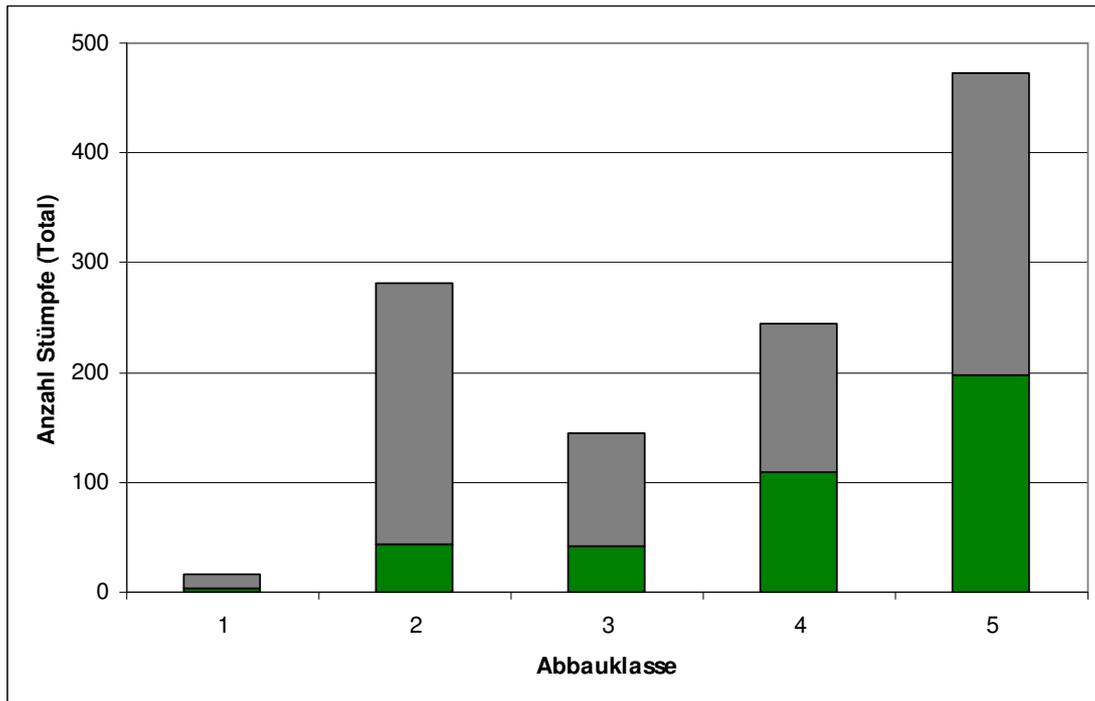


Abbildung 3: Anzahl Stümpfe nach Abbauklasse (1 = frisch, 5 = zersetzt) für alle Waldtypen. Grau: bewirtschaftete Flächen, grün: nicht bewirtschaftete Flächen

#### 5.4 Vergleich von nicht mehr bewirtschafteten und bewirtschafteten Wäldern

Viele der aufgenommenen Parameter zeigen signifikante Unterschiede zwischen bewirtschafteten und nicht mehr bewirtschafteten Wäldern. Von insgesamt 118 im Feld aufgenommenen oder hergeleiteten Parametern sind 23 in allen vier Waldtypen signifikant. Nachfolgend wird anhand einer Auswahl von 32 verschiedenen Parametern der Unterschied zwischen bewirtschafteten und nicht mehr bewirtschafteten Wäldern aufgezeigt. Ausgewählt wurden solche Parameter, die Rückschlüsse auf die ökologische Qualität von Waldflächen zulassen, mit einem Schwerpunkt auf saproxyliche Organismen. Alle wertvollen Komponenten waren zahlreicher in nicht bewirtschafteten als in bewirtschafteten Wäldern. In den folgenden Kapiteln werden diese Parameter nach Waldtypen aufgeschlüsselt vorgestellt und diskutiert.

### 5.4.1 Alt-und Totholzparameter im Auenwald

Tabelle 7: Signifikanztabelle von in Auenwäldern erhobenen Alt- und Totholzparametern, die einen Einfluss auf die ökologische Qualität haben. Die Signifikanzlevel (Mann-Whitney U-Test) wurden wie folgt festgelegt: \*\* = hochsignifikant ( $p < 0.001$ ), \* = signifikant ( $0.05 > p > 0.001$ ), - = nicht signifikant ( $p > 0.05$ )

Parameter	Signifi- kanz	Parameter	Signifi- kanz
1 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 1	*	17 Anzahl Bäume mit Spechthöhlen	*
2 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 2	-	18 Anzahl Bäume mit Höhlen am Stammfuß	-
3 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 3	**	19 Anzahl Bäume mit natürlichen Höhlen am Stamm	-
4 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 4	**	20 Anzahl hohler Stämme	-
5 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 5	*	21 Anzahl hohler Strukturen	-
6 Volumen liegendes Totholz, Abbauklassen 1-5	**	22 Anzahl Rindenverletzungen >25 cm <sup>2</sup>	-
7 Volumen stehender toter Bäume	**	23 Anzahl Bäume mit Spalten länger als 10 cm	*
8 Volumen stehendes + liegendes Totholz	**	24 Anzahl Stammbrüche	**
9 Volumen lebender Bäume	*	25 Anzahl Zwiesel	-
10 Volumenverhältnis toter zu lebender Bäume	**	26 Anzahl gebrochener Zwiesel	*
11 Volumen Wurzelteller	*	27 Anzahl Zwiesel mit Humus	-
12 Mittlerer BHD lebender Bäume	*	28 Anzahl Bäume mit Konsolenpilzen	-
13 Mittlerer BHD toter stehender Bäume	*	29 Anzahl Bäume mit Rindentaschen	-
14 Anzahl lebender Bäume >50cm BHD	*	30 Anzahl Bäume mit Krebs	-
15 Anzahl toter Bäume >50cm BHD	*	31 Total Habitatstrukturen (ohne Äste)	*
16 Anzahl Bäume mit Frassspuren von Spechten	-	32 Shannon Index der Habitatstrukturen ohne Äste	**

Von den aufgelisteten Parametern, für welche ein signifikanter Unterschied berechnet wurde, weisen alle in den nicht bewirtschafteten Flächen einen höheren Wert auf. Das Totholzvolumen ist signifikant grösser in den nicht bewirtschafteten Wäldern, unabhängig davon, ob das liegende (6), das stehende (7) oder das gesamte Totholzvolumen (8) betrachtet wird. Beim liegenden Totholz sind bis auf die Abbauklasse 2 (2) auch alle Abbaustufen (1, 3, 4, 5) im nicht bewirtschafteten Wald in signifikant grösseren Volumina vertreten. Die lebenden Bäume der nicht bewirtschafteten Wälder zeigen einen grösseren mittleren BHD (12) und ein grösseres Volumen (9) auf. Auch die ökologisch besonders wertvollen grossen Bäume (BHD >50cm, lebende Bäume (14) sowie Dürrständer (7)) sind in signifikant grösserer Anzahl auf den nicht bewirtschafteten Flächen vorhanden. Bei vielen der einzelnen Habitatstrukturen ist kein signifikanter Unterschied feststellbar (z.B. 18-22). Meist ist der Wert in den nicht bewirtschafteten Wäldern grösser, die Streuung aber vielfach auch so gross, dass keine signifikanten Unterschiede berechnet werden können. Werden alle Habitatstrukturen zusammengezählt (31) und ausgewertet, so ergibt sich jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Managementformen. Auch der Shannon-Index der Habitatstrukturen (32) weist einen signifikanten Unterschied auf. Das bedeutet, dass in den nicht bewirtschafteten Wäldern nicht nur mehr Habitatstrukturen vorkommen, sondern auch die Vielfalt dieser Habitatstrukturen grösser ist.

### 5.4.2 Alt-und Totholzparameter im Buchenwald

Tabelle 8: Signifikanztabelle von in Buchenwäldern erhobenen Alt- und Totholzparametern, die einen Einfluss auf die ökologische Qualität haben. Die Signifikanzlevel (Mann-Whitney U-Test) wurden wie folgt festgelegt: \*\* = hochsignifikant ( $p < 0.001$ ), \* = signifikant ( $0.05 > p > 0.001$ ), - = nicht signifikant ( $p > 0.05$ )

Parameter	Signifi- kanz	Parameter	Signifi- kanz
1 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 1	-	17 Anzahl Bäume mit Spechthöhlen	*
2 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 2	-	18 Anzahl Bäume mit Höhlen am Stammfuß	*
3 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 3	**	19 Anzahl Bäume mit natürlichen Höhlen am Stamm	*
4 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 4	**	20 Anzahl hohler Stämme	-
5 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 5	*	21 Anzahl hohler Strukturen	**
6 Volumen liegendes Totholz, Abbauklassen 1-5	**	22 Anzahl Rindenverletzungen >25 cm <sup>2</sup>	-
7 Volumen stehender toter Bäume	**	23 Anzahl Bäume mit Spalten länger als 10 cm	*
8 Volumen stehendes + liegendes Totholz	**	24 Anzahl Stammbrüche	**
9 Volumen lebender Bäume	*	25 Anzahl Zwiesel	*
10 Volumenverhältnis toter zu lebender Bäume	**	26 Anzahl gebrochener Zwiesel	-
11 Volumen Wurzelteller	*	27 Anzahl Zwiesel mit Humus	-
12 Mittlerer BHD lebender Bäume	*	28 Anzahl Bäume mit Konsolenpilzen	*
13 Mittlerer BHD toter stehender Bäume	**	29 Anzahl Bäume mit Rindentaschen	*
14 Anzahl lebender Bäume >50cm BHD	*	30 Anzahl Bäume mit Krebs	-
15 Anzahl toter Bäume >50cm BHD	*	31 Total Habitatstrukturen (ohne Äste)	**
16 Anzahl Bäume mit Frassspuren von Spechten	**	32 Shannon Index der Habitatstrukturen ohne Äste	**

Von den aufgelisteten Parametern, für welche ein signifikanter Unterschied berechnet wurde, weisen alle in den nicht bewirtschafteten Flächen einen höheren Wert auf. Bis auf die zwei am wenigsten zersetzten Abbauklassen (1,2) weisen alle volumen-spezifischen Parameter einen signifikanten Unterschied auf (3-11). Bei den lebenden Bäumen (9,12) wie auch bei den Dürrständern (7,13) wurden signifikant grössere Werte gefunden, ebenso bei den grossen (>BHD 50cm) lebenden (14) und abgestorbenen (15) Bäumen. Auch die einzelnen Habitatstrukturen weisen häufig einen signifikanten Unterschied auf (17-19, 21, 23-25, 28, 29). Als einziger Parameter weist die Anzahl hohler Stämme (20) bei den bewirtschafteten Flächen einen leicht grösseren Wert auf, jedoch ist der Unterschied nicht signifikant. Zudem wurde nebst einer signifikant höheren Anzahl Strukturen (31) auch eine signifikant höhere Vielfalt an Habitatstrukturen festgestellt (32).

### 5.4.3 Alt-und Totholzparameter im Tannen-Buchenwald

Tabelle 9: Signifikanztabelle von in Tannen-Buchenwäldern erhobenen Alt- und Totholzparametern, die einen Einfluss auf die ökologische Qualität haben. Die Signifikanzlevel (Mann-Whitney U-Test) wurden wie folgt festgelegt: \*\* = hochsignifikant ( $p < 0.001$ ), \* = signifikant ( $0.05 > p > 0.001$ ), - = nicht signifikant ( $p > 0.05$ )

Parameter	Signifi- kanz	Parameter	Signifi- kanz
1 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 1	-	17 Anzahl Bäume mit Spechthöhlen	*
2 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 2	*	18 Anzahl Bäume mit Höhlen am Stammfuss	*
3 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 3	*	19 Anzahl Bäume mit natürlichen Höhlen am Stamm	-
4 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 4	**	20 Anzahl hohler Stämme	-
5 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 5	-	21 Anzahl hohler Strukturen	**
6 Volumen liegendes Totholz, Abbauklassen 1-5	**	22 Anzahl Rindenverletzungen >25 cm <sup>2</sup>	-
7 Volumen stehender toter Bäume	**	23 Anzahl Bäume mit Spalten länger als 10 cm	-
8 Volumen stehendes + liegendes Totholz	**	24 Anzahl Stammbrüche	*
9 Volumen lebender Bäume	-	25 Anzahl Zwiesel	-
10 Volumenverhältnis toter zu lebender Bäume	**	26 Anzahl gebrochener Zwiesel	-
11 Volumen Wurzelteller	*	27 Anzahl Zwiesel mit Humus	-
12 Mittlerer BHD lebender Bäume	-	28 Anzahl Bäume mit Konsolenpilzen	-
13 Mittlerer BHD toter stehender Bäume	**	29 Anzahl Bäume mit Rindentaschen	*
14 Anzahl lebender Bäume >50cm BHD	-	30 Anzahl Bäume mit Krebs	-
15 Anzahl toter Bäume >50cm BHD	**	31 Total Habitatstrukturen (ohne Äste)	**
16 Anzahl Bäume mit Frassspuren von Spechten	*	32 Shannon Index der Habitatstrukturen ohne Äste	*

Von den aufgelisteten Parametern, für welche ein signifikanter Unterschied berechnet wurde, weisen alle in den nicht bewirtschafteten Flächen einen höheren Wert auf. Das liegende Totholz der Abbauklassen 2, 3 und 4 (2, 3, 4) wies einen signifikanten Unterschied auf. Das Volumen lebender Bäume (9) ist auf den bewirtschafteten Flächen grösser, jedoch nicht signifikant, ebenso der mittlere BHD (12) und die Anzahl lebender Bäume BHD > 50cm (14). Bei den einzelnen Habitatstrukturen konnten wenig signifikante Unterschiede nachgewiesen werden (z.B. 19, 20, 22, 23), jedoch zeigen alle Parameter höhere Werte auf den nicht bewirtschafteten Flächen. Die Gesamtzahl der Habitatstrukturen (31) sowie die Strukturvielfalt (32) sind zudem signifikant grösser in den unbewirtschafteten Flächen.

#### 5.4.4 Alt-und Totholzparameter im Tannen-Fichtenwald

Tabelle 10: Signifikanztabelle von in Tannen-Fichtenwäldern erhobenen Alt- und Totholzparametern, die einen Einfluss auf die ökologische Qualität haben. Die Signifikanzlevel (Mann-Whitney U-Test) wurden wie folgt festgelegt: \*\* = hochsignifikant ( $p < 0.001$ ), \* = signifikant ( $0.05 > p > 0.001$ ), - = nicht signifikant ( $p > 0.05$ )

Parameter	Signifi- kanz	Parameter	Signifi- kanz
1 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 1	-	17 Anzahl Bäume mit Spechthöhlen	*
2 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 2	-	18 Anzahl Bäume mit Höhlen am Stammfuss	*
3 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 3	*	19 Anzahl Bäume mit natürlichen Höhlen am Stamm	-
4 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 4	**	20 Anzahl hohler Stämme	-
5 Volumen liegendes Totholz, Abbauklasse 5	*	21 Anzahl hohler Strukturen	**
6 Volumen liegendes Totholz, Abbauklassen 1-5	**	22 Anzahl Rindenverletzungen >25 cm <sup>2</sup>	-
7 Volumen stehender toter Bäume	**	23 Anzahl Bäume mit Spalten länger als 10 cm	-
8 Volumen stehendes + liegendes Totholz	**	24 Anzahl Stammbrüche	-
9 Volumen lebender Bäume	-	25 Anzahl Zwiesel	-
10 Volumenverhältnis toter zu lebender Bäume	**	26 Anzahl gebrochener Zwiesel	-
11 Volumen Wurzelteller	*	27 Anzahl Zwiesel mit Humus	-
12 Mittlerer BHD lebender Bäume	-	28 Anzahl Bäume mit Konsolenpilzen	*
13 Mittlerer BHD toter stehender Bäume	*	29 Anzahl Bäume mit Rindentaschen	-
14 Anzahl lebender Bäume >50cm BHD	-	30 Anzahl Bäume mit Krebs	-
15 Anzahl toter Bäume >50cm BHD	*	31 Total Habitatstrukturen (ohne Äste)	**
16 Anzahl Bäume mit Frassspuren von Spechten	**	32 Shannon Index der Habitatstrukturen ohne Äste	*

Von den aufgelisteten Parametern, für welche ein signifikanter Unterschied berechnet wurde, weisen alle in den nicht bewirtschafteten Flächen einen höheren Wert auf. Das liegende, das stehende und das gesamte Totholzvolumen (6, 7, 8) ist in den nicht bewirtschafteten Flächen signifikant grösser. Nur für die beiden Abbauzustände 1 und 2 (1, 2) des liegenden Totholzes ergeben sich keine signifikanten Unterschiede. Tote Bäume > 50 cm BHD (15) kommen in nicht bewirtschafteten Wäldern signifikant häufiger vor. Bei den lebenden Bäumen > 50cm BHD (14) sind ebenfalls mehr in den nicht bewirtschafteten Flächen vorhanden; der Unterschied ist jedoch nicht signifikant. Bei den einzelnen Habitatstrukturen konnten wenig signifikante Unterschiede nachgewiesen werden (z.B. 22-27). Ausser bei den hohlen Stämmen (20) und den gebrochenen Zwieseln (26) (beide nicht signifikant) sind die Werte der nicht bewirtschafteten Flächen immer grösser. Auch die Gesamtzahl der Habitatstrukturen (31) sowie die Strukturvielfalt (32) ergaben einen signifikant grösseren Wert für die unbewirtschafteten Flächen.

## **5.5 Ausscheidungskriterien für Altholzinseln**

Damit Altholzinseln ihre Funktionen wahrnehmen können, müssen vordergründig zwei Voraussetzungen erfüllt sein. Es muss eine Mindestmenge an Totholz vorhanden sein und zudem muss die Altholzinsel alt- und totholzspezifische Habitatstrukturen aufweisen. Wird zudem auch die zeitliche Entwicklung mit einbezogen, ist es wichtig, dass der Nachschub an Alt- und Totholz gesichert ist. Nur so kann sichergestellt werden, dass eine Altholzinsel über einen langen Zeitraum ihre Funktion erfüllt. Konkret bedeutet dies, dass eine Altholzinsel nebst Totholz auch genügend lebende Bäume aufweisen soll. Flächen mit sehr viel Totholz, aber sehr wenig lebenden Bäumen (Windwurfflächen) sind entsprechend ungeeignet. Am besten für Altholzinseln geeignet sind reife Hochwälder. Nachfolgend werden Kriterien beschrieben, anhand derer die Qualität einer Altholzinsel gemessen werden kann, vorausgesetzt, die genannten Vorgaben wurden eingehalten.

### **5.5.1 Totholz als quantitatives Ausscheidungskriterium**

Zur Beurteilung der Totholzmenge eignen sich sowohl das Gesamtvolumen an Totholz als auch das Volumen liegenden resp. stehenden Totholzes. Wie in der Abbildung 4 dargestellt, weisen alle drei Parameter auf den nicht bewirtschafteten Flächen signifikant grössere Werte als in bewirtschafteten Flächen auf. Zudem ist die Erfassung des Totholzvolumens im Feld relativ einfach durchführ- und gut reproduzierbar (vergleiche Kapitel 4.3.2, Seite 16).

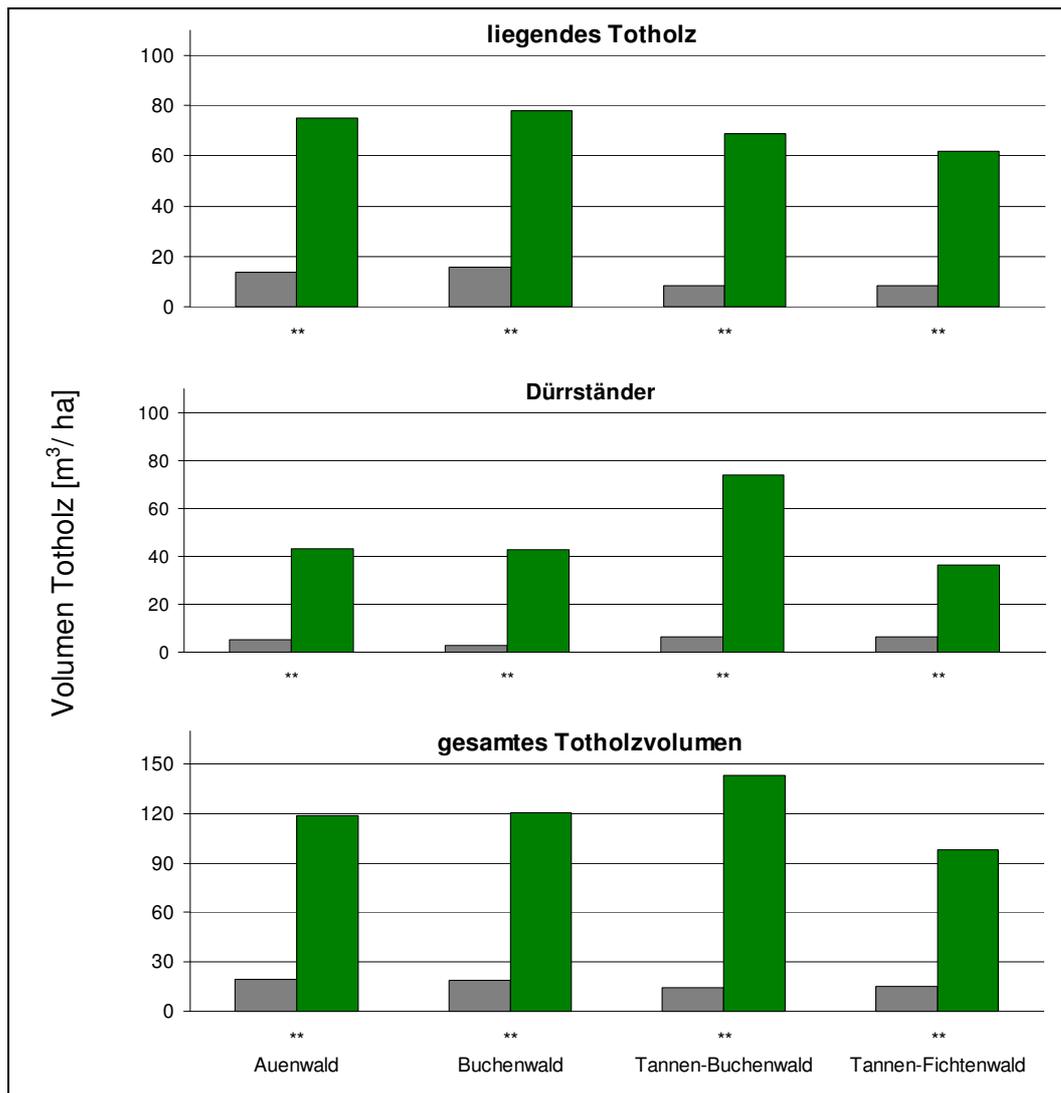


Abbildung 4: Volumen der Dürrständer, des liegenden Totholzes resp. des gesamten Totholzvolumens pro ha. Grau: bewirtschaftete Flächen, grün: nicht bewirtschaftete Flächen. \*\* = hochsignifikanter Unterschied ( $p < 0.001$ ), \* = signifikanter Unterschied; die Signifikanz zwischen Kontrolle und Altholzinseln wurde mittels Mann-Whitney U-Test berechnet.

Für Dürrständer ist festzuhalten, dass der ökologische Wert mit zunehmendem BHD steigt: Einerseits bleiben sie länger stehen und andererseits bieten sie mehr Mikrohabitate als Bäume mit kleinem BHD. Wie Abbildung 5 zeigt, kommen grosse Dürrständer in bewirtschafteten Wäldern nur äusserst selten vor. Bereits Dürrständer > 20 cm BHD sind in bewirtschafteten Wäldern nicht mehr häufig, während Dürrständer > 60 cm BHD nur noch in nicht bewirtschafteten Wäldern vorkommen. Diese ökologisch sehr wertvollen grossen Dürrständer sind auch in nicht bewirtschafteten Flächen eher selten. Auf nur 12 von insgesamt 96 Stichprobenflächen (12.5%) wurden ein oder mehrere Dürrständer > 60 cm BHD gefunden.

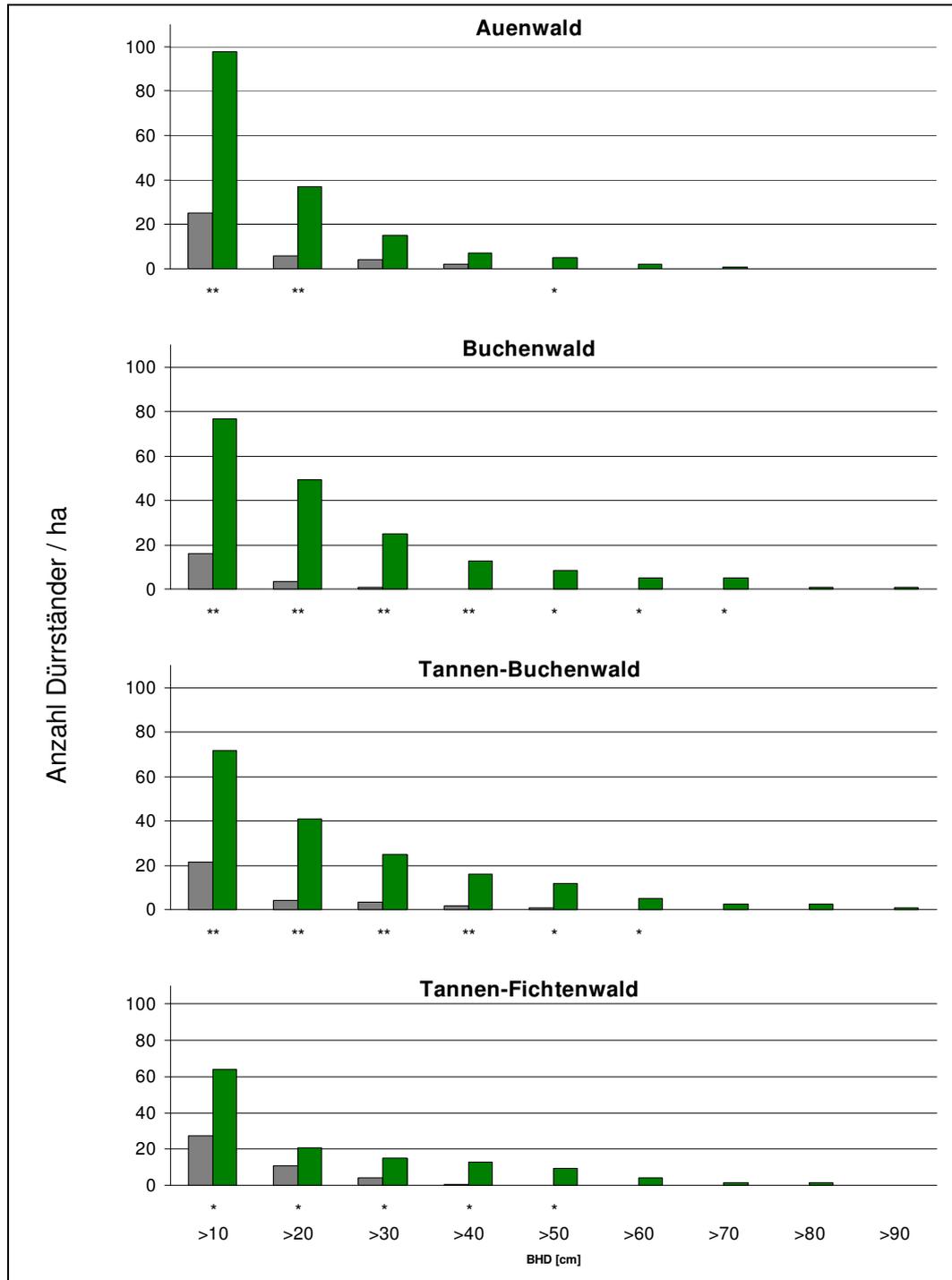


Abbildung 5: Anzahl Dürrständer pro ha. grau: bewirtschaftete Flächen, grün: nicht bewirtschaftete Flächen; \*\* = hochsignifikanter Unterschied ( $p < 0.001$ ), \* = signifikanter Unterschied; die Signifikanzen zwischen Kontrolle und Altholzinseln wurden mittels Mann-Whitney U-Test berechnet.

Die grossen Unterschiede des Totholzvolumens der einzelnen Waldtypen machen es unumgänglich, für jeden Waldtyp eine Mindestmenge an Totholz zu definieren, die erreicht werden sollte. Bei den nachfolgend aufgeführten Werten (siehe Tabelle 11) handelt es sich um die Mittelwerte der im Rahmen dieser Untersuchung auf den nicht be-

wirtschafteten Flächen gefundenen Totholzvolumen ( $\pm$  Standardfehler). Ob das Volumen des liegenden, des stehenden oder sämtlichen Totholzes verwendet wird, sollte je nach Situation vor Ort bestimmt werden. Besonders grosse Totholzvolumen werden meist nur dort erreicht, wo viele liegende Bäume vorhanden sind.

Tabelle 11: Vorgeschlagene Zielwerte des Totholzvolumens bei der Ausscheidung von Altholzinseln (Mittelwert  $\pm$  Standardfehler)

	Volumen liegendes Totholz [m <sup>3</sup> /ha]	Volumen Dürrständer [m <sup>3</sup> /ha]	Totholzvolumen gesamt [m <sup>3</sup> /ha]
Auenwald	75 ( $\pm$ 21)	43 ( $\pm$ 14)	118 ( $\pm$ 23)
Buchenwald	78 ( $\pm$ 18)	43 ( $\pm$ 10)	121 ( $\pm$ 21)
Tannen-Buchenwald	69 ( $\pm$ 19)	74 ( $\pm$ 20)	143 ( $\pm$ 25)
Tannen-Fichtenwald	62 ( $\pm$ 14)	36 ( $\pm$ 13)	98 ( $\pm$ 18)

Diese Werte sollen nicht als absolute Mindestmengen verstanden werden. Vielmehr handelt es sich dabei um Zielwerte, die innert nützlicher Frist erreicht werden sollten. Zudem kann ein geringer Mangel an Totholz durchaus durch das Vorkommen von zusätzlichen qualitätssteigernden Kriterien (siehe 5.5.4, Seite 41) wettgemacht werden. Eine ausführlichere Beschreibung des Ausscheidungsprozesses ist dem "Leitfaden zur Ausscheidung von Altholzinseln" (Kapitel 6.1 Seite 65) zu entnehmen.

### 5.5.2 Habitatstrukturen als quantitatives Ausscheidungskriterium

Wie unsere Untersuchung gezeigt hat, ist für die gesamte Anzahl Strukturen die Bewirtschaftungsform von entscheidender Bedeutung. In den nicht bewirtschafteten Flächen waren immer signifikant mehr Strukturen vorhanden als in den bewirtschafteten (siehe Abbildung 6), ohne dass die gesamte Anzahl Bäume Unterschiede aufwies (vgl. Abbildung 8, Seite 39; die Gesamtzahl der Bäume entspricht der Anzahl Bäume >10 cm BHD).

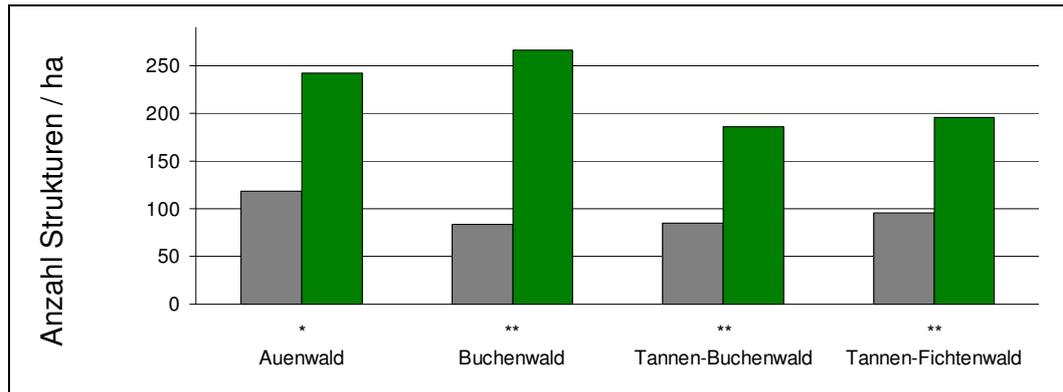


Abbildung 6: Gesamte Strukturzahl in den vier Waldtypen, grau: bewirtschaftete Flächen, grün: nicht bewirtschaftete Flächen\*\* = hochsignifikanter Unterschied ( $p < 0.001$ ), \* = signifikanter Unterschied; die Signifikanzen zwischen Kontrolle und Altholzinseln wurden mittels Mann-Whitney U-Test berechnet.

Weiterführende Analysen haben zudem ergeben, dass in nicht bewirtschafteten Flächen bei fast allen Durchmesserklassen mehr Strukturen auf lebenden Bäumen vorhanden waren als auf bewirtschafteten Flächen (siehe Tabelle 12, Seite 38).

Interessant ist auch, dass für die Gesamtzahl der Habitatstrukturen einer Altholzinsel der Durchmesser einzelner Bäume keinen sehr grossen Einfluss hat. Grosse Bäume weisen im Durchschnitt viel mehr Habitatstrukturen auf als kleinere, der Anteil an der gesamten Anzahl Habitatstrukturen ist jedoch nicht sehr gross, da kleine Bäume viel häufiger sind als grosse.

Die Gesamtzahl der Habitatstrukturen ist in erster Linie von der bewirtschaftungsfreien Zeit abhängig. Wir empfehlen für die Ausscheidung von Altholzinseln eine bewirtschaftungsfreie Zeit von mindestens 30 Jahre vorzusetzen. Somit ist gewährleistet, dass von Beginn weg eine hohe Zahl an Habitatstrukturen vorhanden ist und die Altholzinseln diesbezüglich ihre Funktion erfüllen kann.

In der Schweiz schwankt der Anteil der Waldfläche ohne forstliche Eingriffe seit über 50 Jahren von 1 bis 54% (siehe Abbildung 7). Wälder der Berggebiete weisen im Vergleich mit Jura und Mittelland einen deutlich höheren Anteil an nicht bewirtschafteten Gebieten auf. Meist ist auch der Totholzvorrat in den Regionen mit intensiver Bewirtschaftung viel geringer als in Regionen mit vielen unbewirtschafteten Flächen. Daraus lässt sich ableiten, dass in den tieferen Lagen (Jura und Mittelland) das grösste Defizit an Alt- und Totholz ist und somit auch prioritär in diesen Regionen Altholzinseln ausgeschieden werden sollen.

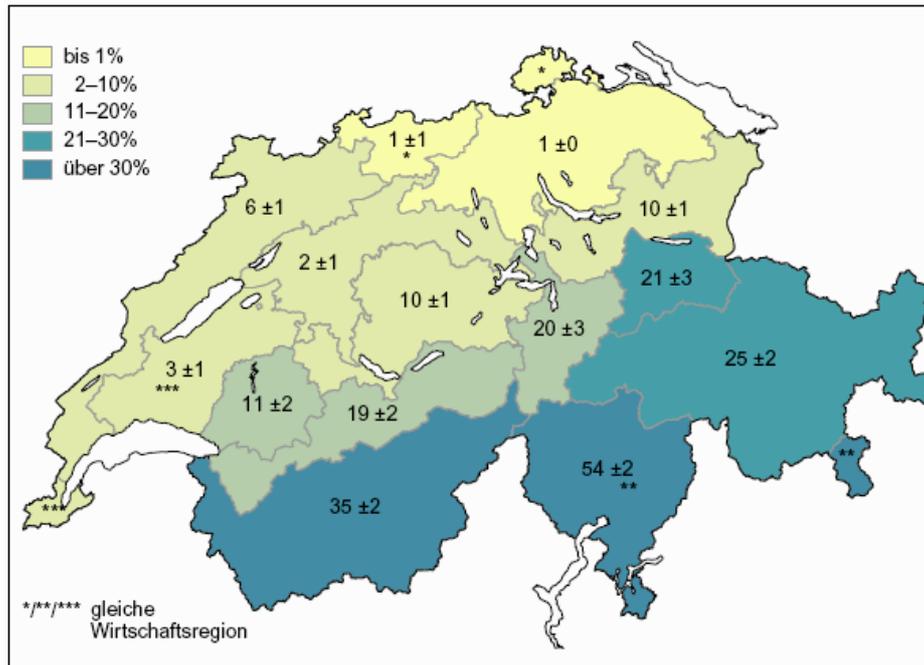


Abbildung 7: Anteil Waldfläche ohne forstliche Eingriffe seit über 50 Jahren; mit Angabe des einfachen Standardfehlers der Stichprobenerhebungen ( $\pm$  entspricht dem 69% Vertrauensbereich). Aus Brändli und Abegg (2009).

Tabelle 12: Berechnung der Anzahl Habitatstrukturen pro Baum verschiedener BHD-Klassen

**Auenwald nicht bewirtschaftet**

BHD Klasse [cm]	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	≥70
Anzahl Strukturen	38	44	21	9	5	7	9
Anzahl Bäume	203	147	66	36	15	11	13
Anzahl Strukturen / Baum	0.187	0.299	0.318	0.250	0.333	0.636	0.692

**Auenwald bewirtschaftet**

BHD Klasse [cm]	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	≥70
Anzahl Strukturen	28	28	22	3	1	2	1
Anzahl Bäume	286	122	73	19	9	4	3
Anzahl Strukturen / Baum	0.098	0.230	0.301	0.158	0.111	0.500	0.333

**Buchenwald nicht bewirtschaftet**

BHD Klasse [cm]	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	≥70
Anzahl Strukturen	13	16	24	34	24	24	23
Anzahl Bäume	101	62	89	70	48	37	26
Anzahl Strukturen / Baum	0.129	0.258	0.270	0.486	0.500	0.649	0.885

**Buchenwald bewirtschaftet**

BHD Klasse [cm]	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	≥70
Anzahl Strukturen	8	14	24	11	6	4	4
Anzahl Bäume	153	112	85	52	38	18	10
Anzahl Strukturen / Baum	0.052	0.125	0.282	0.212	0.158	0.222	0.400

**Tannen-Buchenwald nicht bewirtschaftet**

BHD Klasse [cm]	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	≥70
Anzahl Strukturen	16	8	24	32	18	10	5
Anzahl Bäume	169	99	100	80	54	23	28
Anzahl Strukturen / Baum	0.095	0.081	0.240	0.400	0.333	0.435	0.179

**Tannen-Buchenwald bewirtschaftet**

BHD Klasse [cm]	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	≥70
Anzahl Strukturen	12	15	19	18	7	11	1
Anzahl Bäume	151	109	93	73	38	29	13
Anzahl Strukturen / Baum	0.079	0.138	0.204	0.247	0.184	0.379	0.077

**Tannen-Fichtenwald nicht bewirtschaftet**

BHD Klasse [cm]	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	≥70
Anzahl Strukturen	23	29	22	21	22	19	23
Anzahl Bäume	216	129	100	73	82	48	35
Anzahl Strukturen / Baum	0.106	0.225	0.220	0.288	0.268	0.396	0.657

**Tannen-Fichtenwald bewirtschaftet**

BHD Klasse [cm]	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	≥70
Anzahl Strukturen	20	17	13	17	11	10	2
Anzahl Bäume	182	127	137	111	82	49	13
Anzahl Strukturen / Baum	0.110	0.134	0.095	0.153	0.134	0.204	0.154

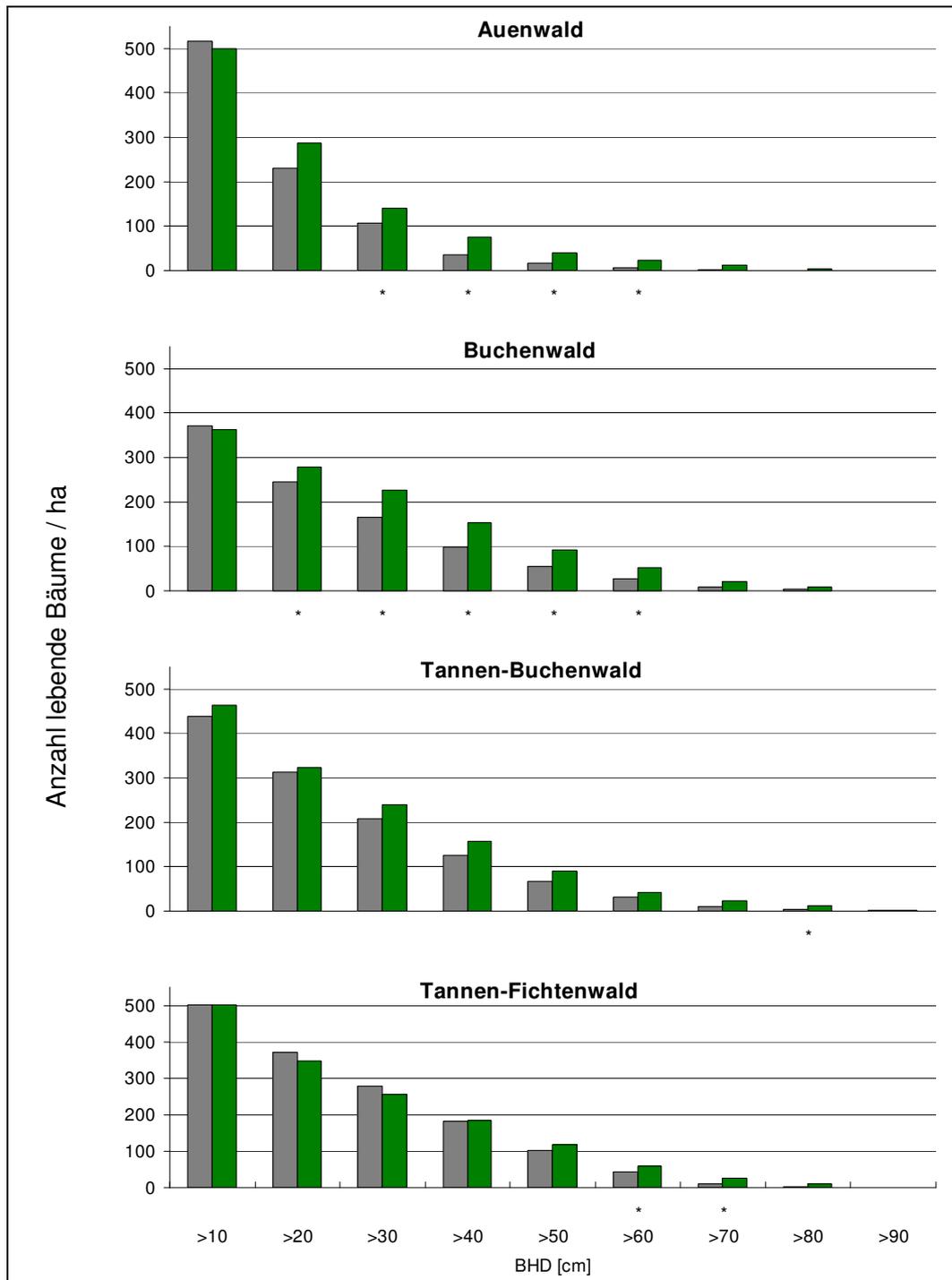


Abbildung 8: Darstellung der Anzahl lebender Bäume pro ha. grau = bewirtschaftete Flächen, grün = nicht bewirtschaftete Flächen, \*\* = hochsignifikanter Unterschied ( $p < 0.001$ ), \* = signifikanter Unterschied. Nicht bewirtschaftete und bewirtschaftete Flächen wurden mittels Mann-Whitney U-Test auf signifikante Unterschiede getestet.

### 5.5.3 Grosse lebende Bäume als Qualitätskriterium

Um über einen längeren Zeitraum die "regelmässige" Zufuhr von nennenswerten Mengen Altersstrukturen und Totholz zu gewährleisten, müssen genügend grosse Bäume im Bestand vorhanden sein. Zudem sind grössere Bäume im Allgemeinen ökologisch wertvoller als kleinere; die Anzahl Habitatstrukturen pro Baum nimmt mit dem Baumalter und steigendem Durchmesser zu (vgl. Abbildung 9). Diese Tendenz ist vor allem in den nicht bewirtschafteten Wäldern deutlich sichtbar. Da von den Bäumen mit grossem BHD jeweils nur sehr wenige Exemplare vorkamen, ergaben sich in diesen Klassen teilweise Ausreisser mit sehr tiefen Werten.

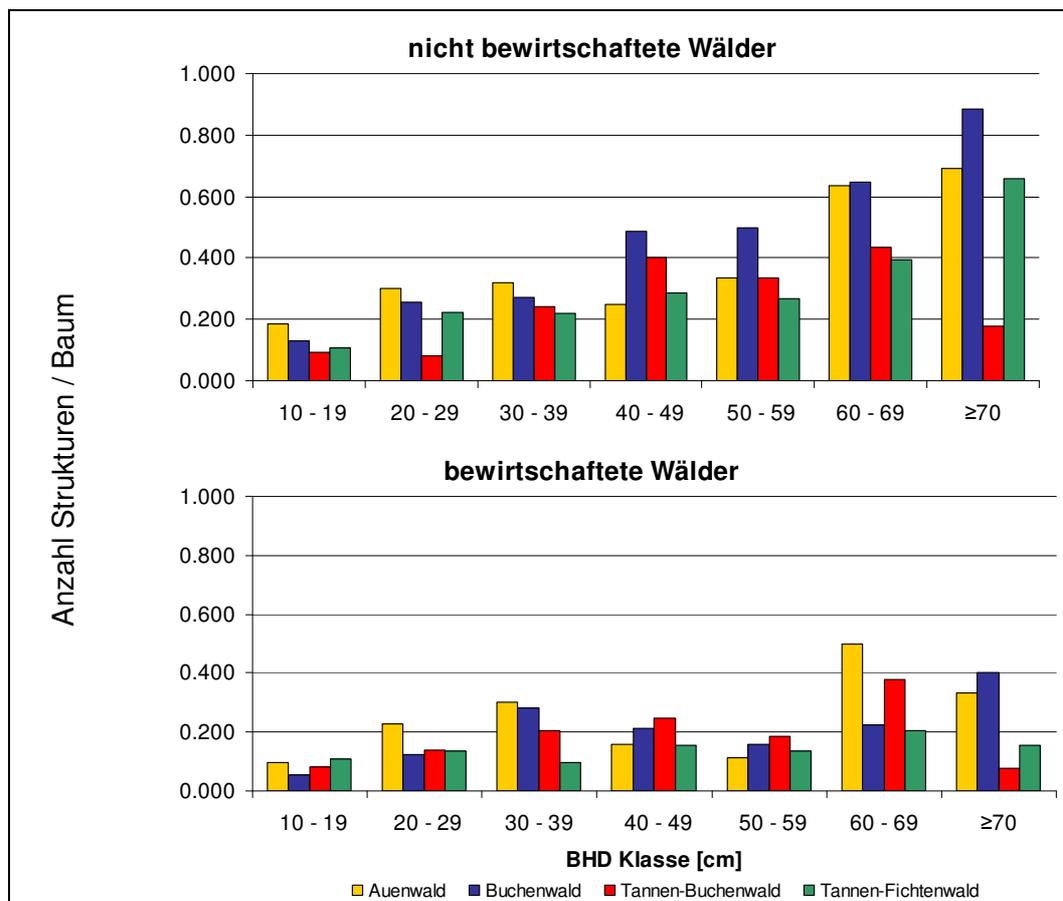


Abbildung 9: Durchschnittliche Anzahl Habitatstrukturen pro Baum, aufgeteilt nach BHD-Grössenklassen

Grosse Bäume sind also eine Garantie für eine hohe saproxyliche Biodiversität und für die Kontinuität an Totholz. Um zu bestimmen, welchen Durchmesser diese grossen Bäume aufweisen sollen, wurde von jeder Stichprobe der nicht bewirtschafteten Waldbestände der mittlere BHD der fünf grössten Bäume bestimmt (DDOM). Da beim Tannen-Buchenwald ein Einfluss der Produktivität auf dieses Kriterium nachgewiesen wurde, wurden bei diesem Waldtyp zwei Gruppen gebildet, produktive und unproduktive Standorte. Die unproduktiven Standorte wiesen einen um 5 cm kleineren mittleren DDOM auf

als die produktiven Standorte (siehe Tabelle 13). Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die Untersuchung Extremstandorte ausgeschlossen hat. Auf extrem unproduktiven Standorten müssten die Grenzwerte entsprechend angepasst werden.

Anhand des mittleren DDOM (in 5er Schritten aufgerundet) wurde für jeden Waldtyp bestimmt, wie viele Bäume mit mindestens diesem Durchmesser gefunden wurden (siehe Tabelle 13). Dieser Wert sollte auch von auszuscheidenden Altholzinseln erreicht werden.

Tabelle 13: mittlerer BHD der fünf grössten Bäume jeder Stichprobe (DDOM), aufgeteilt auf die Waldtypen. Bei der Anzahl Bäume handelt es sich um die mittlere Anzahl Bäume pro ha, die mindestens einen BHD des mittleren DDOM aufweisen. Beim Tannen-Buchenwald wurde als einzigem Waldtyp nach produktiv und nicht produktiv unterteilt, da der DDOM je nach Produktivität signifikant unterschiedlich war.

	Mittlerer DDOM	Anzahl Bäume / ha
Auenwald	50 cm	39
Buchenwald	55 cm	72
Tannen-Buchenwald produktiv	50 cm	80
Tannen-Buchenwald unproduktiv	55 cm	72
Tannen-Fichtenwald	60 cm	59

#### 5.5.4 Weitere qualitative Ausscheidungskriterien

Nebst den quantitativen Kriterien werden auch noch vier qualitative Kriterien beschrieben, die die Qualität einer Altholzinsel erhöhen. Diese können jedoch nur zusammen mit weiteren quantitativen Kriterien eine genügende Qualität garantieren.

##### 5.5.4.1 Spechthöhlen

Spechte gelten als eine der Schlüsselarten im Zusammenhang mit Totholz als Lebensraum. Einerseits sind sie auf Totholz angewiesen und stellen in diesem Sinn einen Indikator für Totholzvorkommen dar, andererseits helfen sie mit ihren Aktivitäten (Bau von Höhlen, Futtersuche unter der Rinde usw.) vielen weiteren Arten bei der Besiedlung von Alt- und Totholz. Der Schwarzspecht (*Dryocopus martius*) ist zum Beispiel ein „ecosystem ingeneer“, indem er grosse Höhle schafft, die für zahlreiche Nachnutzer später zur Verfügung stehen. So nützen beispielsweise Hohltauben (*Columba oenas*), Waldkäuze (*Strix aluco*), Raufusskäuze (*Aegolius funereus*), Dohlen (*Corvus monedula*), Baummartens (*Martes martes*), Siebenschläfer (*Glis glis*), Fledermäuse usw. verlassene Schwarzspechthöhlen. Zudem sind Insekten wie der grosse Goldkäfer (*Cetonia aurata*) und der Juchtenkäfer (*Osmoderma eremita*) bekannt, deren Larven einen mehrjährigen Entwicklungszyklus im Mulm am Grund solcher Höhlen durchlaufen.

In Europa wurden total 58 Tierarten festgestellt, die Schwarzspechthöhlen entweder als echte Nachnutzer oder als Höhlenkonkurrenten nutzen. Zudem sind der Grauspecht

(*Picus canus*) und der Mittelspecht (*Dendrocops medius*) in der aktuellen roten Liste der Brutvögel (Keller et al. 2001) als gefährdet eingestuft und wurden von Bollmann et al. (2002) auf die Liste der 50 prioritären Vogelarten für Artenförderungsprogramme gesetzt. Aus diesen Gründen wird durch das Vorhandensein von Spechtbäumen die Qualität einer Altholzinsel aufgewertet. Als Spechtbaum wird ein Baum bezeichnet, welcher mindestens eine Spechthöhle aufweist.

#### 5.5.4.2 Räumliche Anordnung

In Verbindung mit Naturwaldreservaten können Altholzinseln auch eine Funktion als Trittsteine für sowohl mobile als auch nicht mobile Arten haben. So kann durch Altholzinseln die Ausbreitung von Organismen und somit der Genaustausch zwischen einzelnen Naturwaldreservaten gefördert werden. Die räumliche Vernetzung fördert ebenso die Besiedlung von neu entstandenen Habitaten wie die Wiederbesiedlung von Habitaten nach dem lokalen Aussterben einer Art. Um dies zu fördern, spielt bei der Ausscheidung von Altholzinseln die räumliche Anordnung eine wichtige Rolle. Wird eine Vernetzung von zwei Naturwaldreservaten angestrebt, so ist darauf zu achten, dass die Altholzinseln in mehr oder weniger linearer Anordnung ausgeschieden werden, damit die Distanz zwischen Waldreservaten und Altholzinseln minimiert wird.

Das Ausbreitungspotenzial ist artenspezifisch und schwankt von einige Dutzend Metern bis zu mehren Kilometern. Es gibt also keine absolute Zahl für die Distanz zwischen zwei Habitaten. Die räumliche Anordnung der Altholzinsel sollte sich wenn möglich an den lokalen zu fördernden Arten orientieren. Eine bis zwei Altholzinseln pro Quadratkilometer dürften aber schon den meisten Arten von Nutzen sein.

Abbildung 10 zeigt eine schematische Anordnung zur Vernetzung von Waldreservaten.

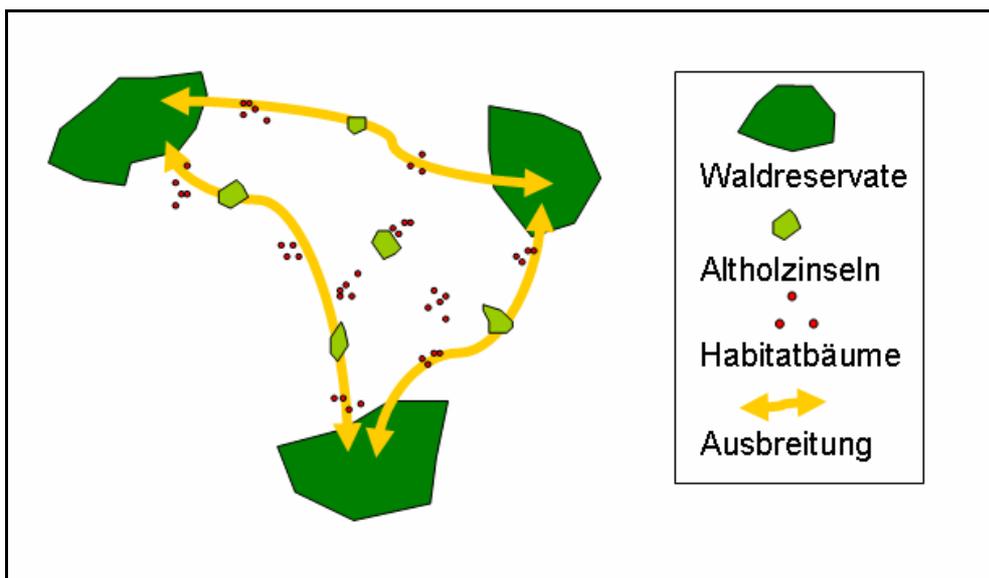


Abbildung 10: schematische Darstellung einer möglichen Vernetzung von Waldreservaten

### 5.5.4.3 Vorkommen wertvoller xylobionter Arten

Im Handlungsprogramm 2004-2015 des Waldprogramms Schweiz (Projektleitung WAP-CH, 2004) wird als eines der fünf prioritären Ziele der Erhalt der Biodiversität genannt. Altholzinseln können einen Beitrag zur Erhaltung der Waldbiodiversität leisten, indem sie saproxyliche Arten fördern. Wenn in ihrem Perimeter prioritäre xylobionte Arten oder xylobionte Arten, die sich auf einer roten Liste befinden, vorkommen, kann von einer besonders hohen Qualität ausgegangen werden. Zu vielen Artengruppen existieren Rote Listen, welche auf der Homepage des BAFU ([www.bafu.admin.ch/publikationen](http://www.bafu.admin.ch/publikationen)) gratis verfügbar sind. Das Schweizer Zentrum für Kartografie der Fauna ([www.cscf.ch](http://www.cscf.ch)) stellt in der Kategorie "wissenschaftliche Aktivitäten" Listen der prioritären Arten im Bereich Flora, Fauna, Pilze, Flechten und Moose zur Verfügung, anhand derer abgeklärt werden kann, ob einzelne Arten zu den prioritären Arten gehören. Eine Auswahl von solchen prioritären Arten ist in Tabelle 19 (Seite 70) aufgelistet.

## 5.6 Mindestfläche einer Altholzinsel

Nebst Qualitätskriterien zur zweckmässigen Ausscheidung von Altholzinseln sind auch Angaben bezüglich der Flächengrösse für die praktische Umsetzung nötig. In diesem Kapitel wird die Frage der minimalen Flächengrösse von Altholzinseln in Bezug auf Totholz und vorhandene Strukturen erörtert. Dabei muss die Funktionalität (Vernetzung, Habitat, Reproduktionsrefugium) der Altholzinseln im Vordergrund stehen. Um diese Funktionen erfüllen zu können, müssen die Altholzinseln wie bereits erwähnt ein genügend grosses Volumen an Totholz in unterschiedlichen Qualitäten aufweisen und sie sollen reich an verschiedensten alt- und totholzspezifischen Habitatstrukturen sein. Dementsprechend wurden drei Parameter definiert, welche die Funktionalität der Altholzinseln gut charakterisieren: das Totholzvolumen, die Gesamtanzahl der Habitatstrukturen und die Anzahl Spechtbäume. Die Anforderungen an Minimalflächen von Altholzinseln wurden anhand dieser drei Parameter untersucht.

Beim Totholz ist einerseits wichtig, dass davon mengenmässig genügend vorhanden ist (Quantität). Zudem spielen auch die Baumart, der Abbauzustand und der Durchmesser eine wichtige Rolle (Qualität), da verschiedene Arten spezifische Baumarten in unterschiedlichen Abbauzuständen und Grössen benötigen. In dieser Untersuchung wurde das Volumen des stehenden und des liegenden Totholz zum gesamten Totholzvolumen zusammengefasst.

Die Gesamtzahl an Habitatstrukturen gibt einen sehr guten Anhaltspunkt über die Qualität einer Altholzinsel. Je reicher eine Altholzinsel strukturiert ist, desto vielfältiger sind die vorhandenen Lebensräume und desto höher ist die potentielle damit verbundene Biodiversität (Winter und Möller, 2008). Hier wurden alle erhobenen Habitatstrukturen be-

trachtet mit Ausnahme der Äste (tot und abgebrochen), da sie bei Nadelbäumen nicht aufgenommen wurden.

Wie in Kapitel 5.5.4 (Seite 41) erwähnt wurde, sind Spechte gute Indikatoren für die Qualität von Altholzbeständen, da viele Organismen auf Hohlräume in altem und totem Holz angewiesen sind. Bei den Spechthöhlen handelt es sich um eher seltene Strukturen. Abbildung 11 zeigt alle im Auenwald gefundenen Werte. In drei der fünf Waldbestände wurden zwei bis drei Spechthöhlen gefunden, in zweien keine.

Durch die Kombination einer seltenen Habitatstruktur (Spechtbäume) mit der gesamten Anzahl der Habitatstrukturen sowie der gesamten Menge an Totholz wird sichergestellt, dass die Altholzinseln möglichst vielfältig sind und somit eine hohe Qualität aufweisen. Mittels Modellierungen basierend auf im Feld erhobenen Daten wurden Schwellenwerte für die erwähnten Parameter erarbeitet, welche diese Altholzinseln zu erfüllen haben. Da prinzipiell aber von einer Qualitätszunahme der Altholzinseln im Laufe der Zeit ausgegangen werden kann, wurden sämtliche Grenzwerte konservativ, d.h. tief angesetzt.

Die kleinräumig enorm heterogene Verteilung der Strukturen im Wald ist bei der Bestimmung der Minimalfläche sehr wichtig. Totholz zum Beispiel tritt fast immer geklumpt auf. Oft findet man kleinräumig grosse Ansammlungen von Totholz. Mit zunehmender Grösse der Altholzinsel nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, mehrere solcher Anhäufungen und somit auch verschiedene Totholzabbauzustände zu finden. Auch bei der gesamten Anzahl Strukturen ist das Vorkommen sehr inhomogen. Hier spielen vor allem Unterschiede des Bestandesalters, der Baumartenzusammensetzung, der Nutzungsgeschichte, des Reliefs, usw. eine wesentliche Rolle. In einem windexponierten Waldstück findet man mehr verletzte Kronen oder Stammbrüche als in einem gut geschützten Bereich. Ein bewirtschafteter Wald weist meist viele Strünke auf, jedoch kaum einen Wurzelteller eines umgestürzten Baumes. In einem Steilhang weisen viele Bäume Rindenverletzungen wegen Steinschlag auf usw.

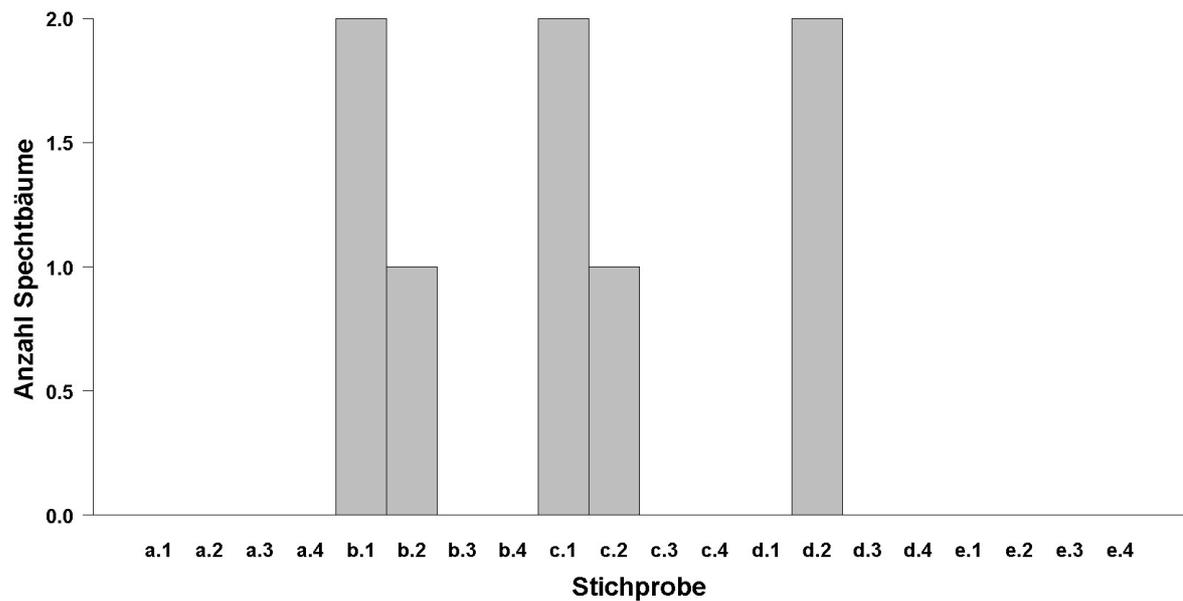


Abbildung 11: Darstellung der Anzahl Spechtbäume für alle Stichproben des Auenwaldes. Der Buchstabe der Stichprobennummerierung (a bis e) definiert den Waldbestand, die Zahl (1 bis 4) die Stichprobe. Somit lagen alle Stichproben mit demselben Buchstaben im selben Wald.

### 5.6.1 Methodik

Um Aussagen bezüglich der Minimalfläche von Altholzinseln zu treffen, wurde ein „Bootstrappingmodell“ angewendet. Anhand der untersuchten Probeflächen, welche immer 500 m<sup>2</sup> gross waren, wurden grössere Stichprobenflächen modelliert. Dabei wurden die reellen Probeflächen zufällig miteinander kombiniert, um diese modellierten, grossflächigeren Stichproben zu erzeugen. Von den so erhaltenen Werten der drei Parameter (Totholzvolumen, Anzahl Gesamtstrukturen und Anzahl Spechtbäume) wurde der Wert pro Flächeneinheit (500 m<sup>2</sup>) berechnet. Dies wurde gemacht, um die Vergleichbarkeit mit den Werten der reellen Stichproben, welche ebenfalls auf 500 m<sup>2</sup> erhoben wurden, sicherzustellen. Die Methode der Totholzvolumenberechnung basiert auf einer Hochrechnung auf 1 ha, weshalb alle Werte des Totholzvolumens pro Hektare angegeben sind. Spechtbäume und Habitatstrukturen sind pro 500 m<sup>2</sup> angegeben.

### 5.6.2 Definition der Schwellenwerte (SW)

Für die Bestimmung der Mindestfläche wurden Schwellenwerte (SW) erarbeitet, welche die Altholzinseln erreichen sollen. Die Schwellenwerte wurden als Mittelwert der beobachteten Werte minus den Wert des Standardfehlers definiert. Dieser von den Altholzinseln zu erreichende Wert entspricht 60-93% des Mittelwerts der beobachteten Daten (siehe Tabelle 14). Diese Reduktion des Schwellenwertes um den Standardfehler wird durch die grossen Schwankungen der reellen Werte gerechtfertigt. Durch den Abzug des Standardfehlers vom Mittelwert wird der rein rechnerisch bestimmte Mittelwert etwas an

die reale Situation (stark schwankende Werte) angepasst. Zudem wird die Anzahl pro Flächeneinheit der zur Berechnung der Mindestfläche benutzten Parameter mit fortschreitendem Alter grösser werden und dementsprechend wird sich auch die Qualität der Altholzinseln weiter erhöhen.

Tabelle 14: Die Werte der Stichproben, geordnet nach Waldtypen. Das Totholzvolumen ist in m<sup>3</sup>/ha, die Spechtbäume und die Gesamtstrukturzahl sind in absoluten Zahlen pro 500 m<sup>2</sup> angegeben.

Waldtyp	Parameter	Mittelwert	Standardfehler	Schwellenwert (% des Mittelwertes)
Auenwald (n=20)	Totholz	118.4	23.3	95.1 (80.3%)
	Gesamtstrukturen	12.1	2.04	10.06 (83.1%)
	Spechtbäume	0.4	0.16	0.24 (60%)
Buchenwald (n= 24)	Totholz	120.7	21.0	99.3 (82.2%)
	Gesamtstrukturen	13.29	0.99	12.3 (92.5%)
	Spechtbäume	0.29	0.11	0.18 (62%)
Tannen-Buchenwald (n =24)	Totholz	143.1	25.1	118 (82.5%)
	Gesamtstrukturen	9.29	1.1	8.19 (88.1%)
	Spechtbäume	0.17	0.08	0.09 (53%)
Tannen-Fichtenwald (n =28)	Totholz	98.1	18.3	79.8 (81.3)
	Gesamtstrukturen	9.79	0.89	8.7 (88.9%)
	Spechtbäume	0.21	0.08	0.13 (62%)

### 5.6.3 Methodik des Bootstrapping

Mittels „Bootstrapping“ wurden modellierte Stichproben unterschiedlicher Grösse erzeugt. Die Grundidee dabei sieht wie folgt aus: durch die zufällige Kombination von zwei realen Stichproben von 500 m<sup>2</sup> wird eine modellierte Stichprobe von 1000 m<sup>2</sup> erzeugt, durch die zufällige Kombination von drei realen Stichproben eine modellierte von 1500 m<sup>2</sup> usw. Dabei werden die Werte der zu analysierenden Parameter aufsummiert und durch die Anzahl Summanden dividiert. Somit berechnen wir für jede Flächengrösse die Dichte, d.h. der Wert pro Flächeneinheit, der Parameter. Für jede Flächengrösse (500 m<sup>2</sup> bis Maximum 1.4 ha, siehe Seite 47 für weitere Erklärungen) und jeden Waldtyp wurden jeweils 10'000 dieser modellierten Stichproben erzeugt. Dann wurde überprüft, wie viel Prozent der modellierten Stichproben den Schwellenwert erreichten (siehe Tabelle 14).

Um das Modell genügend robust zu machen, wurde der gesamte Prozess (vom zufälligen Zusammenstellen der reellen Stichproben bis zur Auswertung, welcher Anteil der simulierten Stichproben den Schwellenwert erreicht hatten) für jede Flächengrösse 100-mal wiederholt. Somit lagen pro Flächengrösse 100 Werte vor, von welchen der Mittelwert gebildet wurde. In Abbildung 12 ist ein solcher Datensatz in einem Balkendiagramm dargestellt. Des Weiteren wurde der Zuwachs der Anzahl modellierten Stichproben, welche den Schwellenwert erreichten, analysiert.

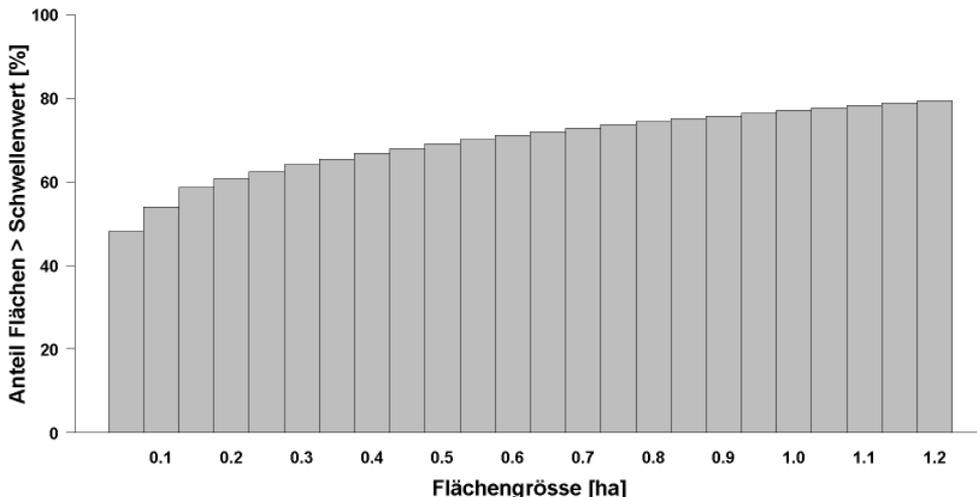


Abbildung 12: Modellierter Datensatz für das Totholzvolumen im Tannen-Buchenwald. Die Balkenhöhe stellt den Mittelwert des Prozentsatzes an Flächen dar, die den Schwellenwert erreichten.

Abbildung 13 stellt das geschilderte Vorgehen des „Bootstrappings“ schematisch dar. Bei der zufälligen Auswahl der zu kombinierenden (reellen) Stichproben wurden Mehrfach-Auswahlen zugelassen. Das heisst dass dieselbe reale Stichprobe per Zufall auch mehrmals zur Generierung einer modellierten Stichprobe verwendet werden konnte. Dieses Vorgehen der zufälligen Kombination führt zu einer relativ grossen Schwankung der Werte, was jedoch in Anbetracht der grossen Schwankungen der reellen Stichproben durchaus gerechtfertigt ist.

Die methodologische Grenze dieses Verfahrens ist die modellierbare Flächengrösse. Es gilt die Regel, dass die modellierte Stichprobe nicht mehr reelle Stichproben enthalten darf als die Grundgesamtheit der Stichproben, da sonst eine nicht zu erzeugende Genauigkeit vorgetäuscht würde. Zum Beispiel lagen 20 Stichproben für die Auenwälder vor. Es konnte also maximal eine Fläche von  $20 \times 500 \text{ m}^2 = 1 \text{ ha}$  modelliert werden.

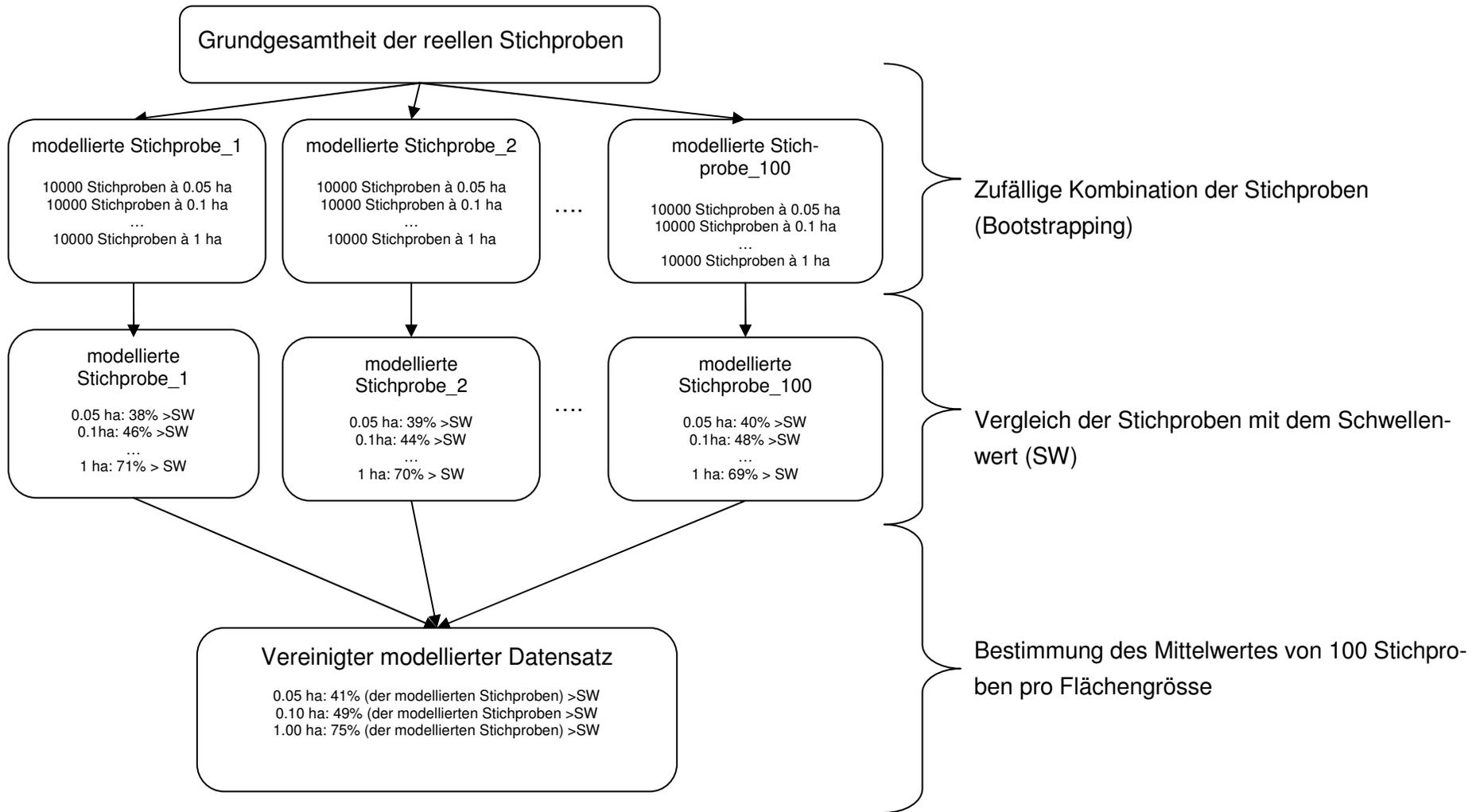


Abbildung 13: Schematischer Ablauf der Modellierung der Flächengrößen. (Alle exemplarischen Werte sind erfunden.). In einem ersten Schritt werden aus den realen Stichproben modellierte Stichproben verschiedener Flächengröße durch zufälliges Aufsummieren der Parameter geschaffen. Danach werden die Werte der modellierten Stichproben mit dem Schwellenwert verglichen und festgehalten, wie viele Prozent den Schwellenwert erreicht haben.

#### 5.6.4 Überprüfung des Modells und Interpretation der Daten

Um zu überprüfen, wie robust das Modell arbeitet, respektive ob 10'000 Wiederholungen pro Fläche genügen, um stabile Werte zu liefern, wurde der Modellierungsprozess für eine Fläche von 0.8 ha 10mal wiederholt und davon der Standardfehler bestimmt. Als Datengrundlage wurden die Totholzwerke des Buchenwaldes verwendet. Der sehr kleine Standardfehler der 10 Wiederholungen (0.02) zeigte, dass das Modell sehr gut reproduzierbare Werte liefert.

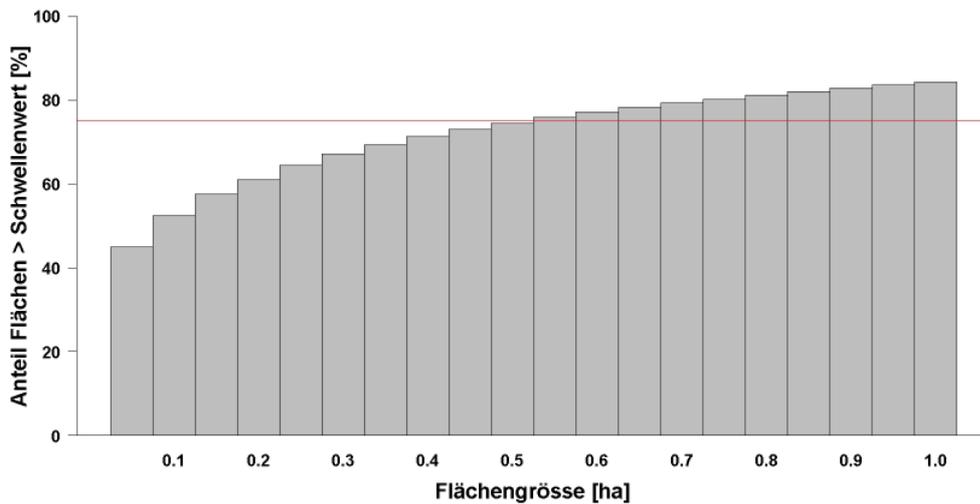
Um die generierten Diagramme bezüglich der Minimalfläche zukünftiger Altholzinseln zu interpretieren, musste definiert werden, wie viel Prozent der modellierten Flächen den Schwellenwert erreichen sollten. Durch die natürliche Heterogenität und die damit verbundenen Schwankungen ist es unrealistisch, zu erwarten, dass alle neu geschaffenen Altholzinseln die Schwellenwerte erreichen. Dies ist aber auch nicht zwingend anzustreben, da wie erwähnt eine Zunahme der Qualität im Laufe der Zeit als gesichert angesehen werden kann. Wir erachten einen Wert von 75% in diesem Zusammenhang als sinnvoll und praktikabel. Somit sollten  $\frac{3}{4}$  aller ausgeschiedenen Altholzinseln den definierten Schwellenwert erreichen. Durch die angesprochene Verbesserung der Qualität kann davon ausgegangen werden, dass innert nützlicher Frist der Anteil der Altholzinseln, die ihre Funktionen erfüllen, weiter ansteigen wird. Dabei muss jedoch bedacht werden, dass das Modell von Flächen ausgeht, welche rund 30 Jahre nicht bewirtschaftet wurden. Bei Flächen, die weniger alt sind, ist anzunehmen, dass diese den Wert von 75% nicht erreichen, sich im Lauf der Zeit jedoch verbessern. In welchem Zeitrahmen dies genau abläuft, konnte aber in dieser Untersuchung nicht abschliessend geklärt werden.

### 5.6.5 Resultate der Simulation

#### Auenwald

#### Totholzvolumen

a.



b.

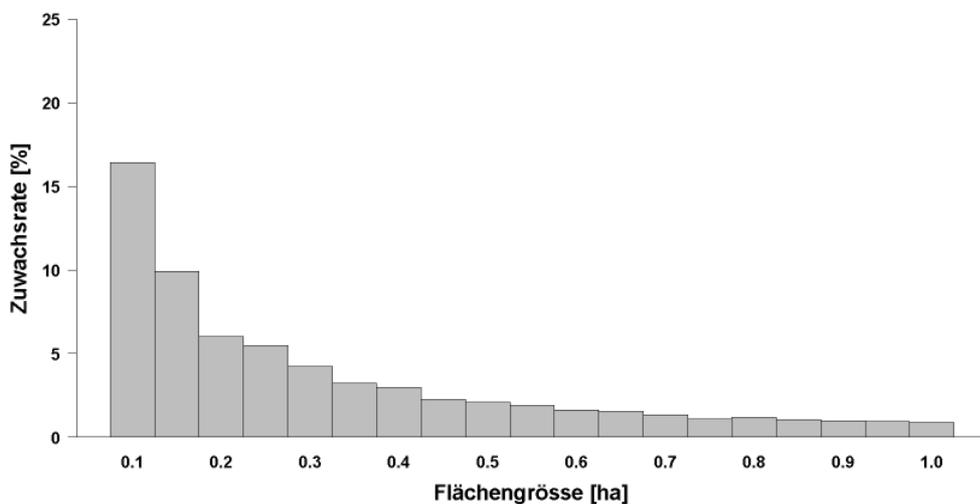


Abbildung 14: Modellierung der Totholzmenge im Auenwald.

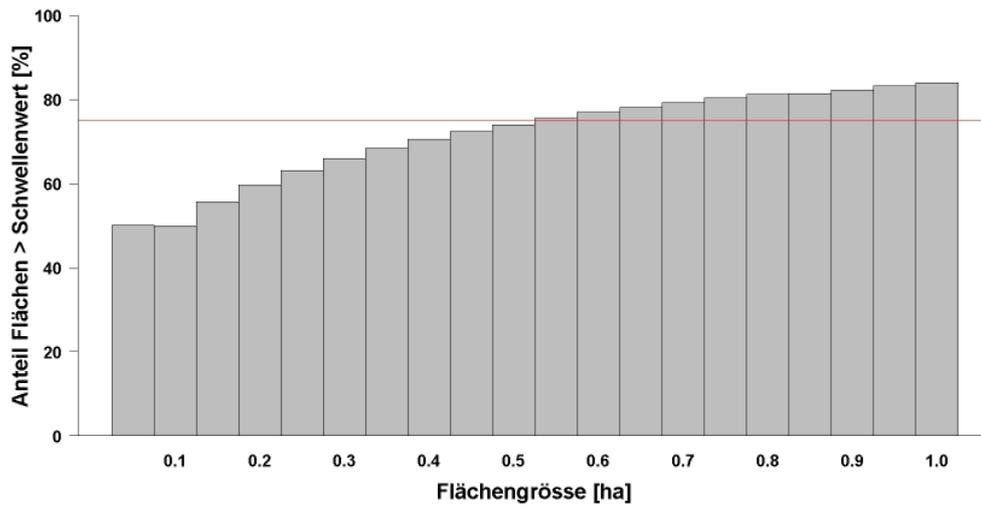
a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.

b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.

Ab einer Fläche von 0.55 ha zeigen Altholzinseln in Auenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit ein Totholzvolumen oberhalb des Schwellenwerts von 95.1 m<sup>3</sup>/ha (Abb. a). Die Zuwachsrate ist in diesem Bereich gering (<2%) (Abb. b).

Gesamtstrukturen

a.



b.

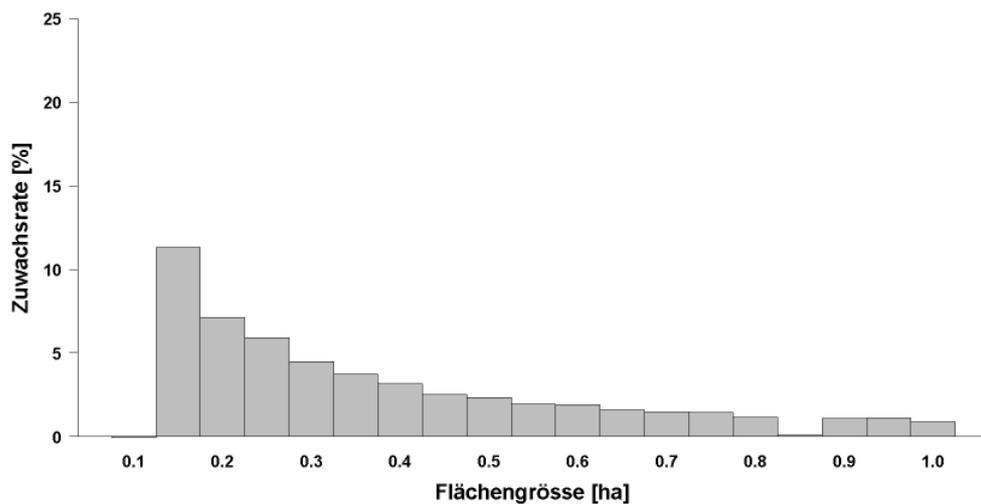


Abbildung 15: Modellierung der Gesamtstrukturen im Auenwald.

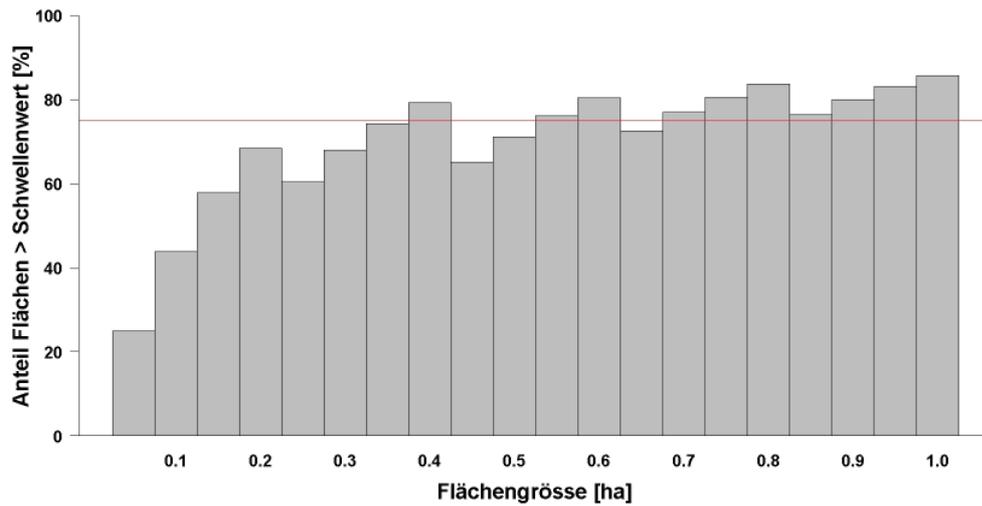
a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.

b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.

Ab einer Fläche von 0.55 ha zeigen Altholzinseln in Auenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit eine Gesamtstrukturdichte oberhalb des Schwellenwerts von 10.06 Strukturen pro 500 m<sup>2</sup> (Abb. a). Die Zuwachsrate ist in diesem Bereich gering (<2%) (Abb. b).

Spechtbäume

a.



b.

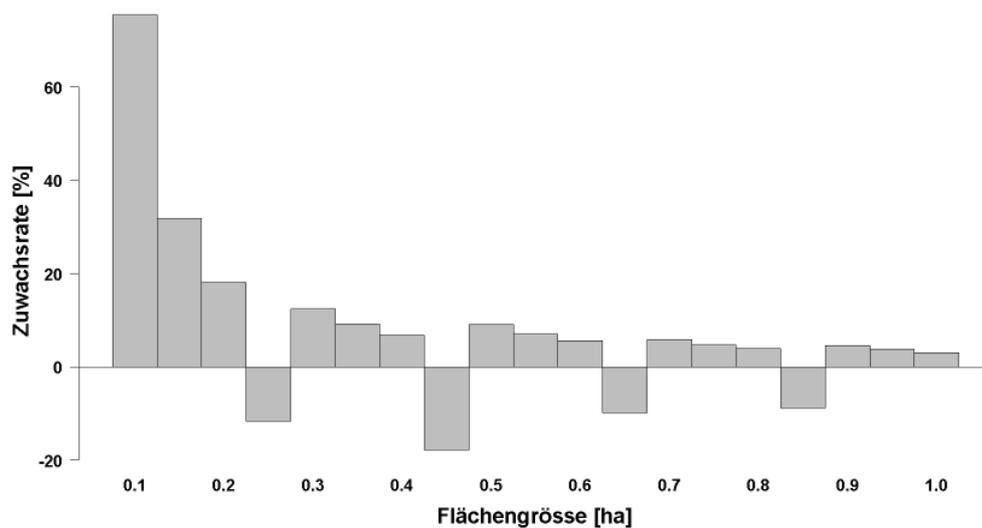


Abbildung 16: Modellierung der Spechtbäume im Auenwald.

a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.

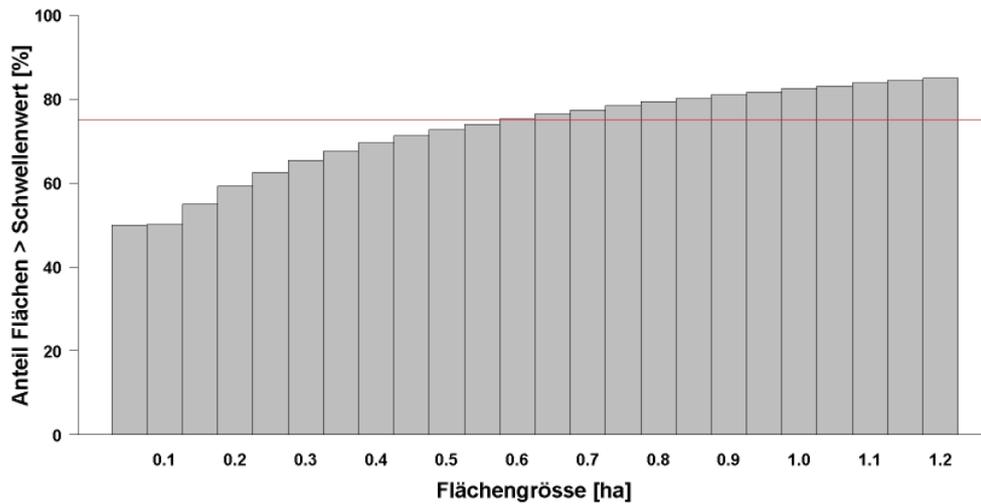
b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.

Ab einer Fläche von 0.7 ha zeigen Altholzinseln in Auenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit eine Dichte an Spechtbäumen oberhalb des Schwellenwerts von 0.24 Spechtbäumen pro 500 m<sup>2</sup> (Abb. a). Die Zuwachsrate beträgt in diesem Bereich rund 10%, wobei gelegentlich auch negative Entwicklungen vorkommen (Abb. b). Diese Schwankungen hängen wahrscheinlich mit der Seltenheit des Merkmals zusammen, eine abschliessende Erklärung konnte aber nicht gefunden werden.

## Buchenwald

### Totholzvolumen

a.



b.

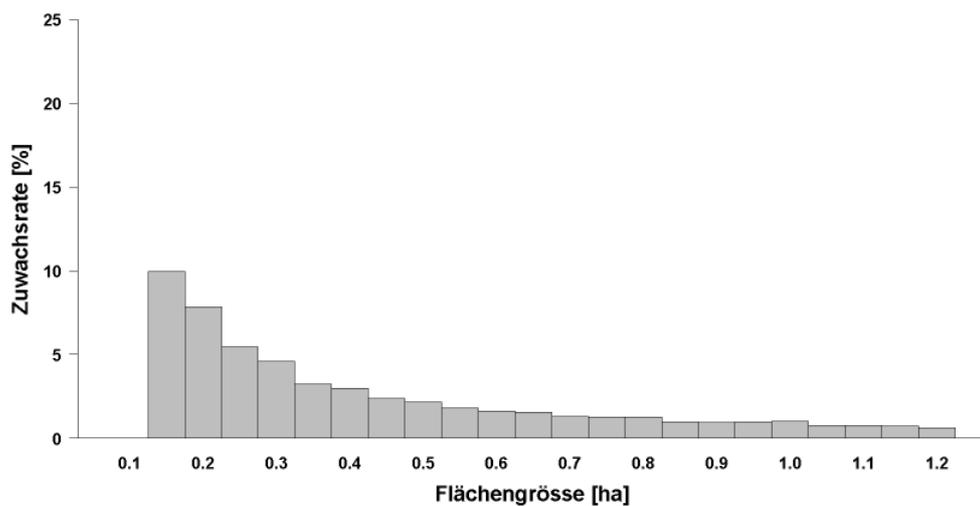


Abbildung 17: Modellierung der Totholzmenge im Buchenwald.

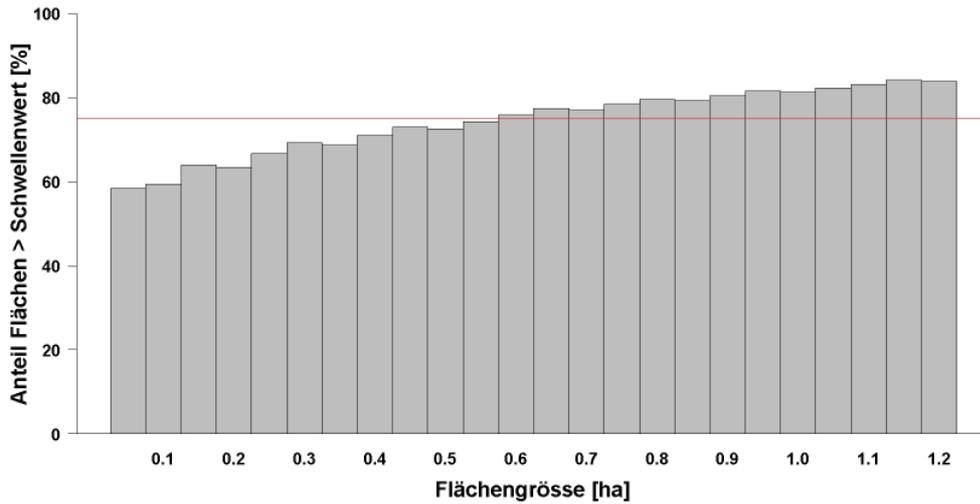
a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.

b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.

Ab einer Fläche von 0.6 ha zeigen Altholzinseln in Buchenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit ein Totholzvolumen oberhalb des Schwellenwerts von 99.3 m<sup>3</sup>/ha (Abb. a). Die Zuwachsrate ist in diesem Bereich gering (<2%) (Abb. b).

Gesamtstrukturen

a.



b.

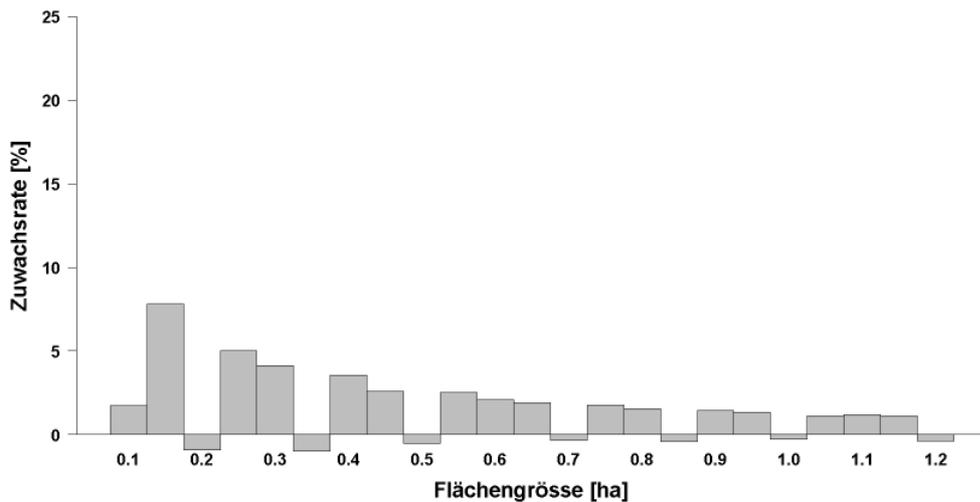


Abbildung 18: Modellierung der Gesamtstrukturen im Buchenwald.

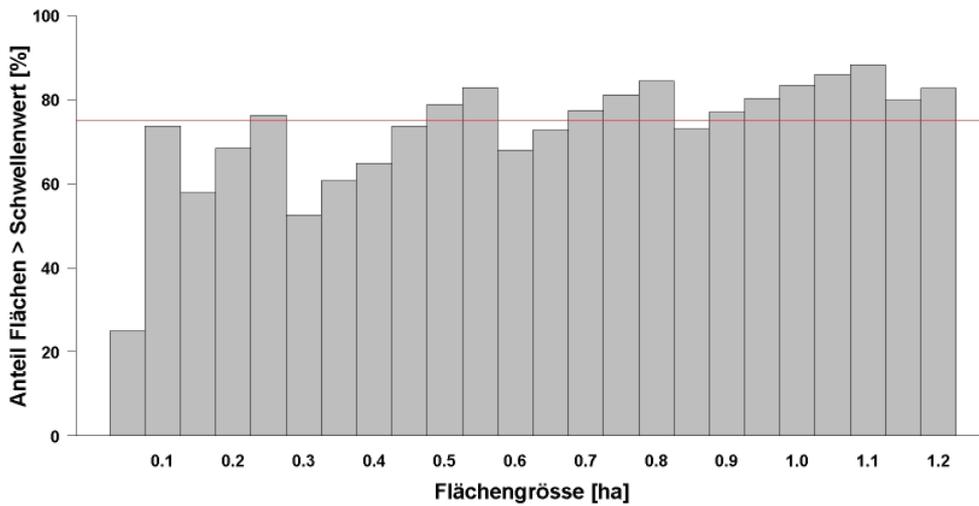
a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.

b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.

Ab einer Fläche von 0.6 ha zeigen Altholzinseln in Buchenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit eine Dichte der Gesamtstrukturen oberhalb des Schwellenwerts von 12.3 Strukturen pro 500 m<sup>2</sup> (Abb. a). Die Zuwachsrate ist in diesem Bereich gering (<2%) (Abb. b).

Spechtbäume

a.



b.

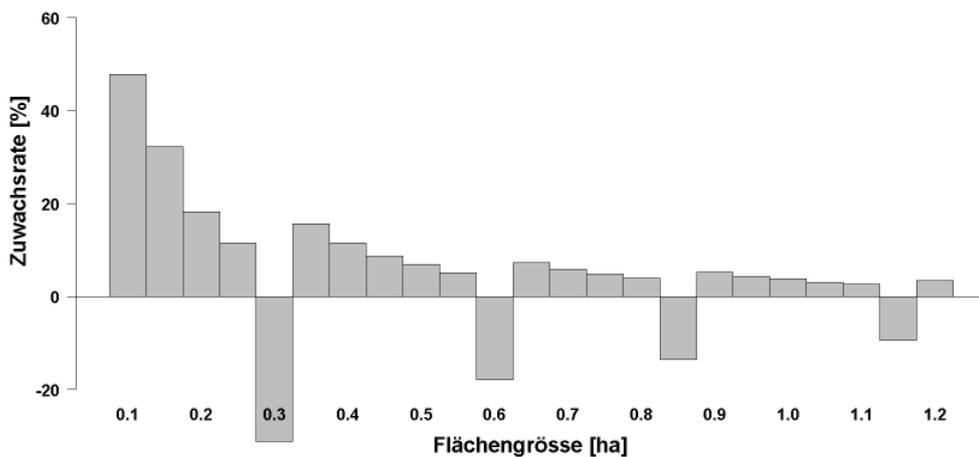


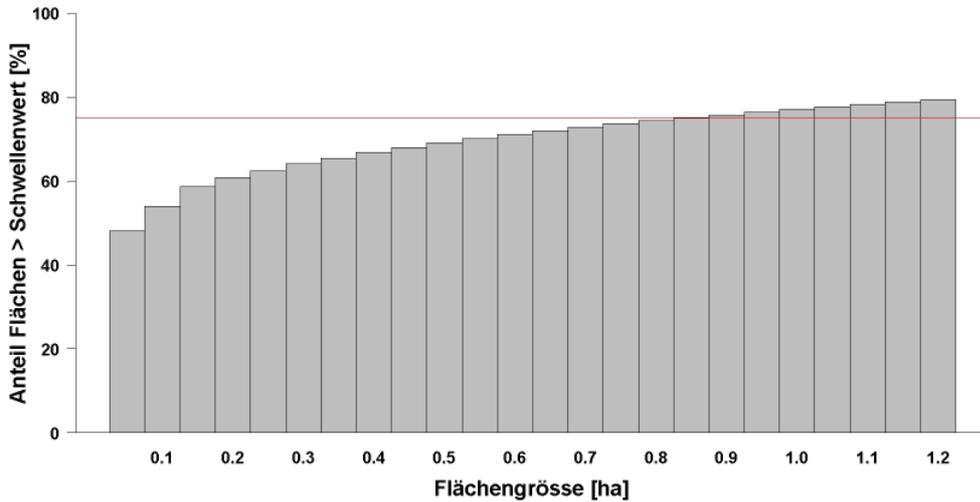
Abbildung 19: Modellierung der Spechtbäume im Buchenwald.  
 a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.  
 b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.

Der Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen schwankt im Buchenwald stark, ab einer Fläche von 0.9 ha fällt der Wert mit 75% Wahrscheinlichkeit nicht mehr unter den geforderten Schwellenwert von 0.18 Spechtbäumen pro 500 m<sup>2</sup> (Abb. a). Die Zuwachsrate beträgt in diesem Bereich rund 10%, wobei gelegentlich auch negative Entwicklungen vorkommen (Abb. b).

**Tannen-Buchenwald:**

Totholzvolumen

a.



b.

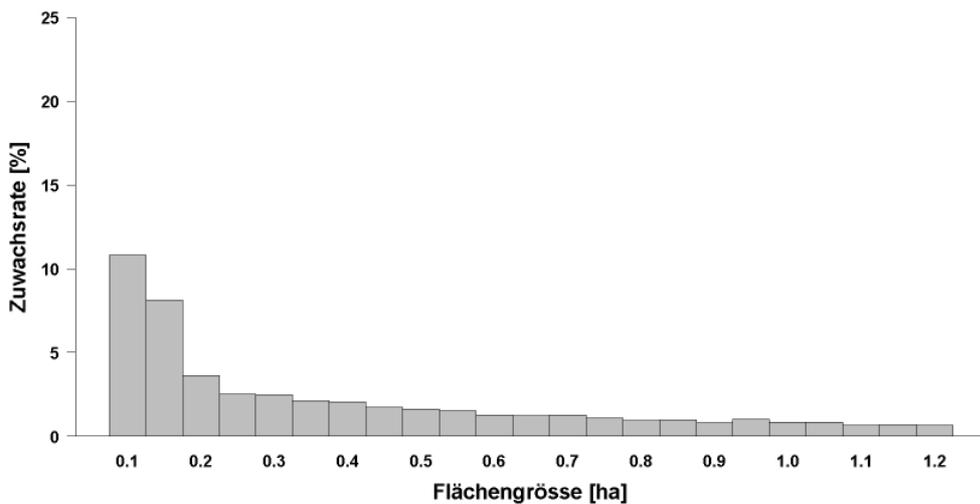
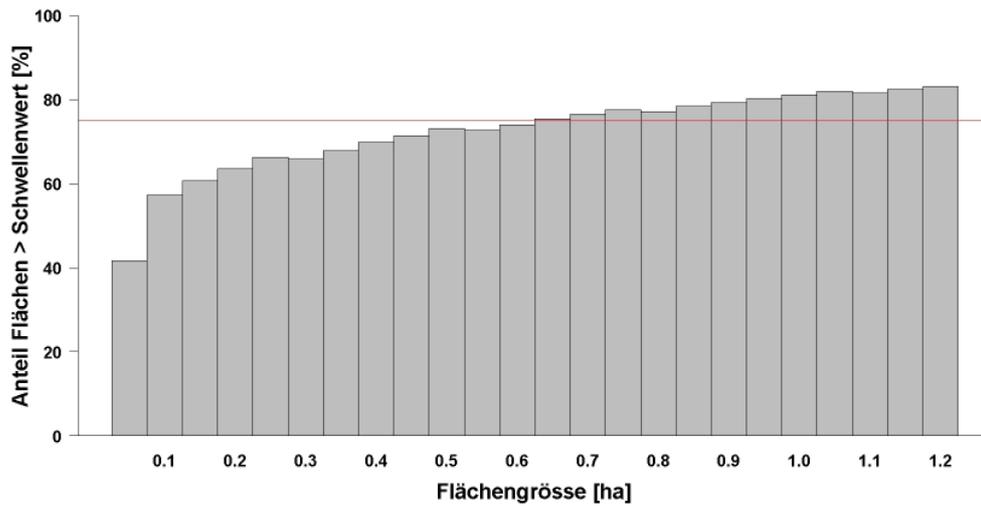


Abbildung 20: Modellierung der Totholzmenge im Tannen-Buchenwald.  
 a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.  
 b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.

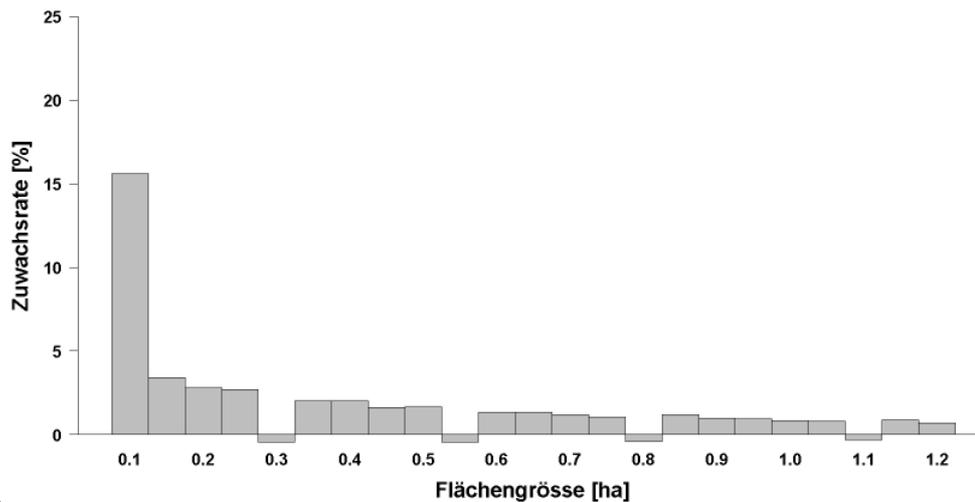
Ab einer Fläche von 0.85 ha zeigen Altholzinseln in Tannen-Buchenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit ein Totholzvolumen oberhalb des Schwellenwerts von 118 m<sup>3</sup>/ha (Abb. a). Die Zuwachsrate ist in diesem Bereich gering (<2%) (Abb. b).

Gesamtstrukturen

a.



b.



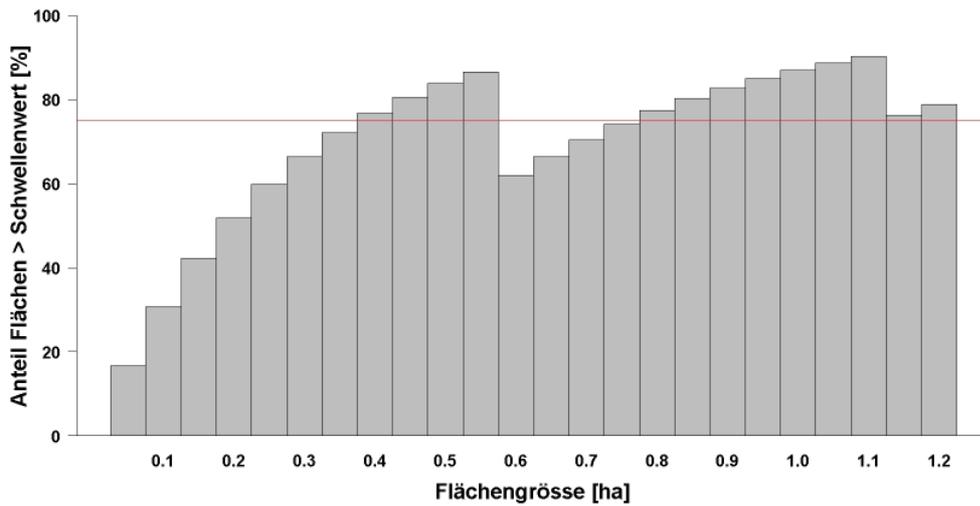
b.

Abbildung 21: Modellierung der Gesamtstrukturen im Tannen-Buchenwald.  
 a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.  
 b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.

Ab einer Fläche von 0.65 ha zeigen Altholzinseln in Tannen-Buchenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit eine Gesamtstrukturdichte oberhalb des Schwellenwerts von 8.19 Strukturen pro 500 m<sup>2</sup> (Abb. a). Die Zuwachsrate ist in diesem Bereich gering (<2%) (Abb. b).

Spechtbäume

a.



b.

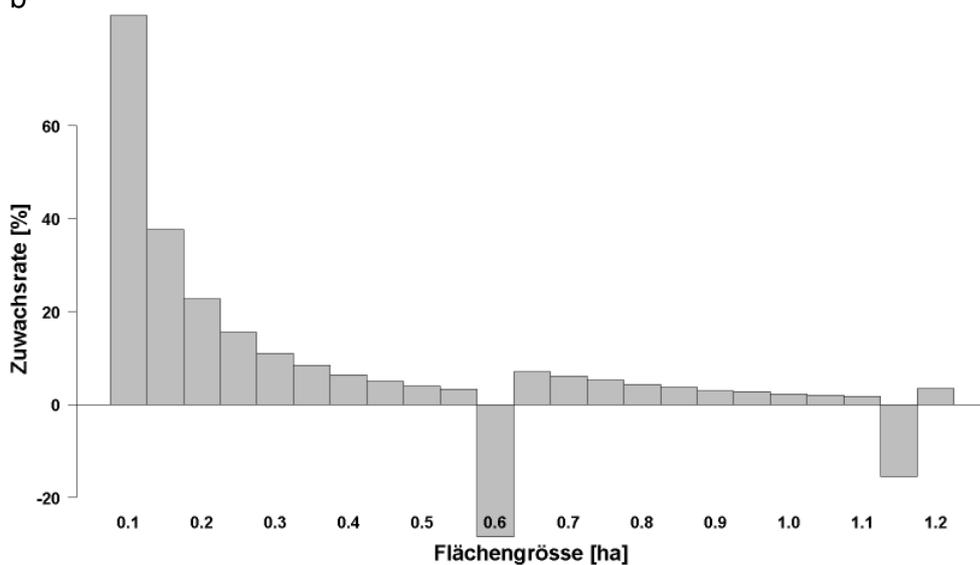


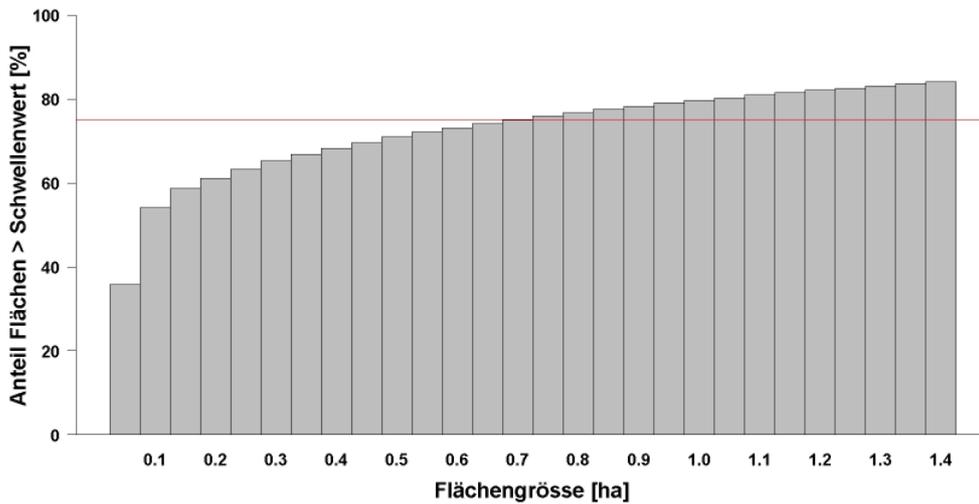
Abbildung 22: Modellierung der Spechtbäume im Tannen-Buchenwald.  
 a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.  
 b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.

Ab einer Fläche von 0.8 ha zeigen Altholzinseln in Tannen-Buchenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit eine Dichte von Spechtbäumen oberhalb des Schwellenwerts von 0.09 Spechtbäumen pro 500 m<sup>2</sup> (Abb. a) Der Schwellenwert wird bereits bei kleineren Flächengrößen ein erstes Mal überschritten, bricht jedoch zwischenzeitlich nochmals ein. Die Zuwachsrate liegt in diesem Bereich bei ca. 10% (Abb. b).

**Tannen-Fichtenwald:**

Totholzvolumen:

a.



b.

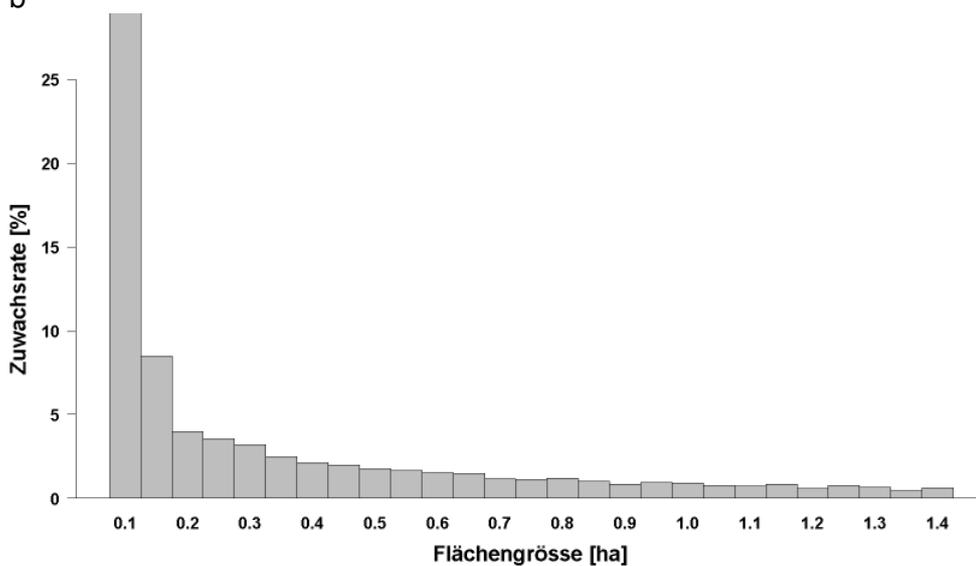
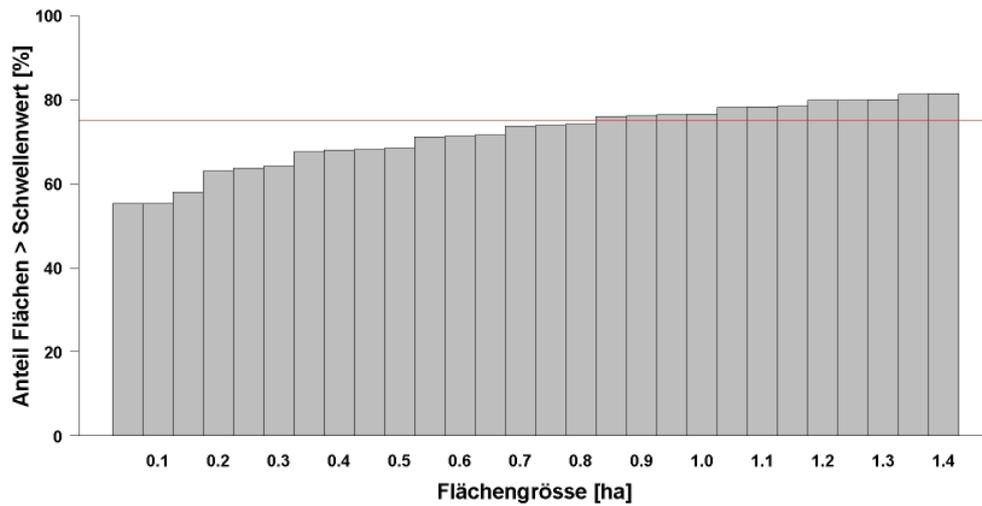


Abbildung 23: Modellierung der Totholzmenge im Tannen-Fichtenwald.  
 a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.  
 b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.  
 Der erste Balken erreicht einen Wert von 51.4%, wurde zur besseren Darstellung der kleinen Werte aber nicht vollständig aufgezeichnet.

Ab einer Fläche von 0.7 ha zeigen Altholzinseln in Tannen-Fichtenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit ein Totholzvolumen oberhalb des Schwellenwerts von 79.8 m<sup>3</sup>/ha auf (Abb. a). Die Zuwachsrate ist in diesem Bereich gering (<2%) (Abb. b).

Gesamtstrukturen

a.



b.

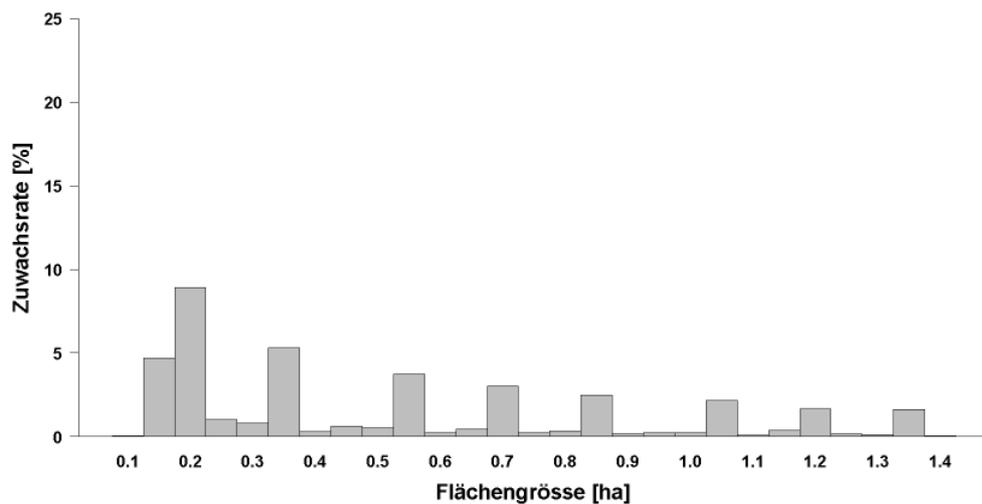
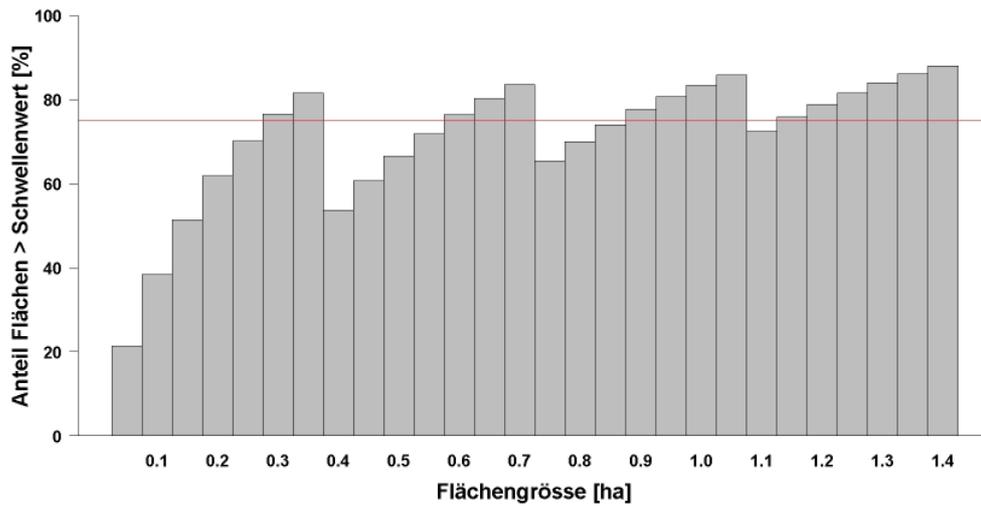


Abbildung 24: Modellierung der Gesamtstrukturen im Tannen-Fichtenwald.  
 a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.  
 b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.

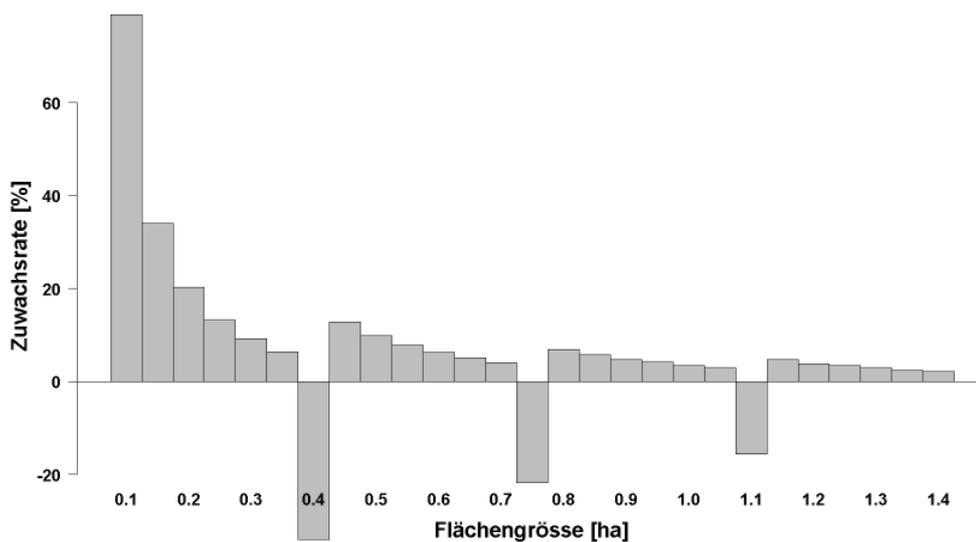
Ab einer Fläche von 0.85 ha zeigen Altholzinseln in Tannen-Fichtenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit eine Gesamtstrukturdichte oberhalb des Schwellenwerts von 8.7 Strukturen pro 500 m<sup>2</sup> (Abb. a). Die Zuwachsrate ist in diesem Bereich gering (<3%) (Abb. b).

Spechtbäume

a.



b.



b.

Abbildung 25: Modellierung Spechtbäume im Tannen-Fichtenwald.  
 a. Anteil der Schwellenwert erreichenden Flächen. Die rote Linie markiert den Grenzwert von 75%.  
 b. Flächenzuwachs in Prozent im Vergleich zur vorherigen Flächengröße.  
 Der erste Balken erreicht einen Wert von 79% wurde zur besseren Darstellung der kleinen Werte aber nicht vollständig aufgezeichnet.

Ab einer Fläche von 1.15 ha zeigen Altholzinseln in Tannen-Fichtenwäldern mit mindestens 75% Wahrscheinlichkeit eine Dichte an Spechtbäumen oberhalb des Schwellenwerts von 0.13 Strukturen pro 500 m<sup>2</sup> (Abb. a). Der Schwellenwert wird bereits bei kleineren Flächengrößen dreimal überschritten, bricht jedoch zwischenzeitlich wieder ein. Die Zuwachsrate liegt in diesem Bereich bei ca. 10% (Abb. b).

### 5.6.6 Synthese der Resultate

Zur Festlegung der minimalen Flächengrösse wurden die Werte auf eine Dezimalstelle aufgerundet. Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Mindestflächen, bei welchen 75% aller generierten Flächen die definierten Schwellenwerte überschritten. Somit kann festgehalten werden, dass in Auenwäldern eine Fläche von 0.7 ha, in Buchenwäldern eine Fläche von 0.9 ha, in Tannen-Buchenwäldern eine Fläche von 0.8 ha und in Tannen-Fichtenwäldern eine Fläche von 1.2 ha benötigt wird, um bei allen drei untersuchten Parametern (Totholzvolumen, Gesamtstrukturzahl und Spechtbäume) den Schwellenwert mit 75% Wahrscheinlichkeit zu erreichen. Werden diese Mindestflächen eingehalten, kann davon ausgegangen werden, dass die Altholzinseln schon in den ersten Jahren eine hohe Qualität aufweisen, welche sich durch die weitere Entwicklung weiter verbessern wird.

Tabelle 15 Übersicht der den Schwellenwert erreichenden Flächengrössen. Die für die Mindestflächenbestimmung massgeblichen Grössen wurden fett markiert.

	Auenwald	Buchenwald	Tannen-Buchenwald	Tannen-Fichtenwald
Totholzvolumen	0.6 ha	0.6 ha	<b>0.9 ha</b>	0.7 ha
Gesamtstrukturen	0.6 ha	0.6 ha	0.7ha	0.9 ha
Spechtbäume	<b>0.7ha</b>	<b>0.9 ha</b>	0.8 ha	<b>1.2 ha</b>

## 5.7 Wie viele Altholzinseln braucht der Wald?

Um die Frage beantworten zu können, wie viele Altholzinseln ein Wald braucht, muss man sich im Klaren sein, welches die Aufgaben von Altholzinseln sind. Sie liefern verschiedenen Arten ein Habitat, Reproduktionsmöglichkeiten und dienen nicht zuletzt der Vernetzung von Naturwaldreservaten. Diese Funktionen sind jedoch nur gewährleistet, wenn genügend Alt- und Totholz vorhanden ist. Altholzinseln sind aber grösstenteils keine Quelle für Populationen im Sinne einer „source-sink dynamic“, denn sie sind flächenmässig meistens zu klein, um ganzen Populationen auf Dauer eine Existenzgrundlage zu geben!

Viele der xylobionten Organismen haben ein beschränktes Ausbreitungspotential und sind somit darauf angewiesen, innerhalb einer artenspezifischen Distanz weitere, für sie geeignete Habitate zu finden. Wenn grossflächige, geeignete Habitate (Naturwaldreservate) mit vitalen Populationen miteinander vernetzt sind, findet ein Genaustausch statt und verhindert langfristig Probleme, welche bei isolierten Populationen auftauchen können (z.B. Inzucht). Ein solches Netz von mehreren in Kontakt stehenden Populationen nennt man eine "Metapopulation". Damit die Vielfalt der saproxylichen Organismen langfristig erhalten bleibt, müssen einerseits genügend grosse Waldreservate vorhanden sein (Quelle) und zudem muss deren Vernetzung durch Altholzinseln oder alternativ durch Habitatbäume gewährleistet sein (Trittsteine). Eine solche Vernetzung ermöglicht auch die Besiedlung von neu entstandenen Habitaten und die Wiederbesiedlung von Habitaten mit ausgestorbenen Populationen.

Im Rahmen der Waldreservatspolitik Schweiz wurde das Ziel definiert, bis 2030 10% der Waldfläche in der Schweiz als Waldreservate auszuweisen, etwa die Hälfte davon (5%) als Naturwaldreservate und Altholzinseln. In solchen Beständen wird die natürliche Entwicklung zugelassen mit dem Ziel, die Alters- und Zerfallphasen zu fördern.

Eine Literaturrecherche hat ergeben, dass sich in Urwäldern Europas 20–60% der Waldfläche im Stadium der Zerfallsphase befindet (siehe Tabelle 16). Deren weitgehendes Fehlen in Wirtschaftswäldern soll durch das Ausscheiden von Naturwaldreservaten und Altholzinseln kompensiert werden.

Mit dem Ziel von 5% Waldfläche für Waldreservate und Altholzinseln stehen wahrscheinlich ca. 1 bis 2 % der Waldfläche für die Zerfallsphase zur Verfügung. Im Vergleich zu den 20-60% Flächenanteilen in Naturwäldern Europas scheint diese Zahl extrem tief zu sein. In den Berggebieten werden Zerfallsphasen nicht nur in ausgeschiedenen Altholzinseln und Waldreservaten gefunden, da zahlreiche Waldbestände ohne besonderen Status nicht bewirtschaftet werden. Die Lage ist problematischer in Wäldern der tieferen Lagen, wo solche späten Entwicklungsphasen fast ausschliesslich in ausgeschiedenen Waldbeständen zu finden sind.

Tabelle 16: Übersicht über den prozentualen Anteil der Zerfallsphase in verschiedenen Urwäldern Europas. Bei den Untersuchungen von Mayer und Neumann (1981) sowie denen von Tabaku (1999) wurden die Werte der Zerfallsphase und der Terminalphase addiert, da dies in etwa der Zerfallsphase nach Korpel (1995) entspricht. (Siehe auch Meyer, Tabaku und Lüpke, 2003)

geografische Lage	Waldtyp	Zerfallsstadium	Quelle
Karpaten	Buchenwald	42 – 45%	Korpel (1995)
Albanien	Buchenwald	48 – 57%	Tabaku (1999)
Osteuropa	Tannen- Buchenwald	20 – 25%	Leibundgut (1982)
Karpaten	Tannen- Buchenwald	35%	Korpel (1995)
Osteuropa / Deutschland	Tannen- Fichten- Buchenwald	32 – 58%	Mayer & Neumann (1981)

Angesichts dieses relativ grossen Anteils der Zerfallsphase (20 - 58% der gesamten Waldfläche) in Urwäldern und der enormen Wichtigkeit der Vernetzung, scheint es gerechtfertigt, den Mindestflächenanteil von 5% zu hinterfragen. Reichen 5% der Waldfläche für den Erhalt einer natürlichen Dynamik? Respektive kann man auf 5% der Fläche die langfristige Erhaltung der alt- und totholzabhängigen Arten gewährleisten? Eine Möglichkeit zur Überprüfung der Fördermassnahmen der saproxylichen Biodiversität wäre ein langfristiges Monitoring, um nachzuvollziehen, wie sich die Populationen entwickeln.

## 6 Synthese

### 6.1 Leitfaden zur Ausscheidung von Altholzinseln

Da rund 20% aller Waldarten auf Alt- und Totholz angewiesen sind, bieten Altholzinseln vielen Arten einen unentbehrlichen Lebensraum. Sie sind Bindeglieder (Trittsteine) zwischen Naturwaldreservaten, bilden Rückzugshabitate für Organismen, welche im Wirtschaftswald keine geeigneten Lebensräume mehr finden und ermöglichen vielen Arten eine erfolgreiche Reproduktion. Nebst den Spechten profitieren beispielsweise noch viele weitere Arten von deren Höhlen (sekundäre Höhlenbewohner). Aber auch andere Strukturen wie gespaltene Stämme, Bäume mit Stammfäule sowie andere Verletzungen usw. sind für viele Arten von grosser Bedeutung. Um diese Habitatsfunktionen erfüllen zu können, müssen in einer Altholzinsel genügend Alt- und Totholz sowie die typischen Habitatstrukturen vorhanden sein. Das Ziel von Altholzinseln sollte sein, dass sich auf diesen Flächen eine natürliche Dynamik einstellt, um diese Funktionen über längere Zeit zu gewährleisten, damit xylobionte Arten nachhaltig gefördert werden.

Der vorliegende Leitfaden zeigt auf, wie ökologisch wertvolle Altholzinseln ausgeschieden werden können.

### 6.1.1 Voraussetzungen für potentielle Altholzinseln

Folgende Voraussetzungen sollten bei der Wahl von potentiellen Altholzinseln beachtet werden:

- Die folgenden Minimalflächen sollten eingehalten werden.

	Auenwald	Buchenwald	Tannen- Buchenwald	Tannen- Fichtenwald
Minimalfläche	0.7 ha	0.9 ha	0.9 ha	1.2 ha

- Die auszuscheidende Fläche sollte während mindestens 30 Jahren nicht mehr genutzt worden sein (Voraussetzung für das Ausbilden vieler Habitatstrukturen).
- Der Bestand entspricht einem reifen Hochwald (entspricht einem Bestandesalter von mindestens 120 Jahren).
- Bestände mit standorttypischen Baumartenzusammensetzungen sind zu bevorzugen.
- Gebiete mit Alt- und Totholzdefiziten und / oder mit einer absehbaren Gefährdung von vorhandenen Alt- und Totholzbeständen sind vorrangig zu behandeln<sup>8</sup>.
- Bei der Ausscheidung von mehreren Altholzinseln sind möglichst verschiedene Waldtypen zu berücksichtigen.
- Sicherheitsrisiken sollen soweit als möglich vermindert werden (siehe Box unten).

Werden diese Kriterien erfüllt, ist das Potential für eine Altholzinsel vorhanden. Um sicherzugehen, dass die Altholzinsel die gewünschten Leistungen erbringt, wurden Qualitätskriterien definiert, die im Feld einfach messbar sind und die Qualität einer Altholzinsel angemessen wiedergeben.

#### **Box: Umgang mit Sicherheitsrisiken**

Um die Risiken im Umgang mit Altholzinseln möglichst klein zu halten, sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Wenn immer möglich sollen Altholzinseln in genügend grossem Abstand zu Strassen, Bauten und anderen Sachwerten ausgewiesen werden, so dass keine direkte Gefährdung auftritt.
- Werden Altholzinseln in Gebieten ausgewiesen, welche von Erholungssuchenden frequentiert werden, so ist mittels Informationstafeln darauf hinzuweisen. Zudem sollte das Gebiet zweimal pro Jahr auf mögliche Gefahren (morsche Äste über Wegen o.ä.) inspiziert werden.

<sup>8</sup> Ein Totholzdefizit kann auf verschiedenen Ebenen vorliegen: auf der biogeografischen Ebene (v.a. Mittelland / Jura), auf der regionalen Ebene (Forstkreis, Revier) oder auch lokal innerhalb eines Bestandes. Dasselbe gilt auch für eine absehbare Gefährdung von Alt- und Totholzvorkommen, wobei dort die biogeografische Ebene eher eine untergeordnete Rolle spielt.

## 6.1.2 Qualitätskriterien für die Ausscheidung von Altholzinseln

### Wichtig

Alle in dieser Wegleitung gemachten Angaben beziehen sich auf Standorte, die in einem Produktivitätsbereich von mässig produktiv bis mässig unproduktiv liegen. Für Ausscheidungen an Extremstandorten (vor allem an extrem unproduktiven Standorten) sind die Werte entsprechend anzupassen.

Erfüllt eine auszuscheidende Fläche die Voraussetzungen für potentielle Altholzinseln (siehe Kapitel 6.1.1), so kann die Qualität einer Altholzinsel anhand der grossen Bäume und am Totholzvolumen auf vier je 500 m<sup>2</sup> grossen Stichproben (siehe Kapitel 6.1.4) gemessen werden. Für die vier häufigsten Waldtypen wurden für jedes dieser Kriterien Mindestwerte definiert, welche die Altholzinseln zu erfüllen haben (siehe Kapitel 6.1.2.1 und Kapitel 6.1.2.2).

### 6.1.2.1 Anzahl grosser lebender Bäume

Die Anzahl grosser lebender Bäume wird auf vier 500 m<sup>2</sup>-Stichprobenflächen (siehe Kapitel 6.1.4, Seite 71) bestimmt und anschliessend auf 1 ha hochgerechnet. In der Tabelle 17 sind die Minimalwerte des BHD für grosse lebende Bäume pro Waldtyp sowie die zu erreichende Anzahl Bäume für jeden Waldtyp angegeben.

Tabelle 17: Waldspezifische Richtgrössen für grosse lebende Bäume in Altholzinseln (gerundet in 5er Schritten). Alle Werte sind als Mindestwerte zu verstehen.

	Auenwald	Buchenwald	Tannen-Buchenwald	Tannen-Fichtenwald
BHD für grosse Bäume [cm]	50	55	50 <sup>1</sup> / 55 <sup>2</sup>	60
Anzahl grosser Bäume / ha	40	70	80 <sup>1</sup> / 70 <sup>2</sup>	60

<sup>1</sup> auf wenig produktiven Standorten

<sup>2</sup> auf produktiven Standorten

### 6.1.2.2 Totholzmenge

Ob das stehende, das liegende oder der gesamte Totholzvorrat bestimmt wird, sollte je nach Situation vor Ort beschlossen werden. Das stehende Totholz wird auf vier 500 m<sup>2</sup>-Stichprobenflächen (siehe Kapitel 6.1.4) aufgenommen und auf 1 ha hochgerechnet. Das liegendes Totholz wird (ebenfalls in den vier Stichprobenflächen) mittels einer Transektmethode erhoben (siehe Liegendes Totholz). Für die Beurteilung der gesamten Totholzmenge werden die beiden Werte des liegenden und des stehenden Totholzes (beide pro Hektare) zusammengezählt.

In der Tabelle 18 sind die Minimalwerte des Totholzvolumens zusammengestellt.

Tabelle 18: Waldspezifische Richtgrößen für Totholz in Altholzinseln (gerundet in 5er Schritten). Alle Werte sind als Mindestwerte zu verstehen.

	Auen- wald	Buchen- wald	Tannen- Buchenwald	Tannen- Fichtenwald
Totholzmenge stehend [m <sup>3</sup> /ha]	45	45	75	35
Totholzmenge liegend [m <sup>3</sup> /ha]	75	75	70	60
Gesamte Totholzmenge [m <sup>3</sup> /ha]	120	120	145	100

### Stehendes Totholz

Das Volumen des stehenden Totholzes einer Stichprobe wird von allen toten Bäumen mit einem BHD  $\geq 10$  cm und einem Neigungswinkel über 50 Gon unter Verwendung der spezifischen Tarife bestimmt.

### Liegendes Totholz

(nach LFI-Methode. Siehe Keller 2005 und Böhl und Brändli, 2007)

Für die Schätzung des liegenden Totholzes werden vom Mittelpunkt jeder Stichprobenfläche aus drei mindestens 10 m lange Transekte bearbeitet (Ausrichtung: 35,170 und 300 Gon, Beispiel siehe Abbildung 26). Dabei wird alles Totholz (sämtliche Abbauzustände) mit einem Neigungswinkel unter 50 Gon und einem BHD  $\geq 7$  cm aufgenommen. Der BHD des liegenden Totholzes wird am Schnittpunkt dessen Zentralachse mit dem Transekt vermessen. Zudem wird die Neigung des Totholzstückes bestimmt. Anhand der folgenden Formel wird der Totholzvorrat pro Hektare geschätzt:

$$V_{\text{liegend}} = \frac{\pi^2}{8L_j} \sum \left( \frac{d_i}{2} \right)^2 \frac{1}{\cos(\alpha_i)}$$

$V_{\text{liegend}}$  = Schätzung des liegenden Totholzvolumens [m<sup>3</sup>/ha]

$L_j$  = Gesamtlänge (horizontal) der Transekte auf der Stichprobe [m]

$d_i$  = Durchmesser des Totholzstückes am Schnittpunkt [cm]

$\alpha_i$  = Neigung des Totholzstückes am Schnittpunkt [°]

Diese Berechnung liefert Werte pro Hektare [m<sup>3</sup>/ha].

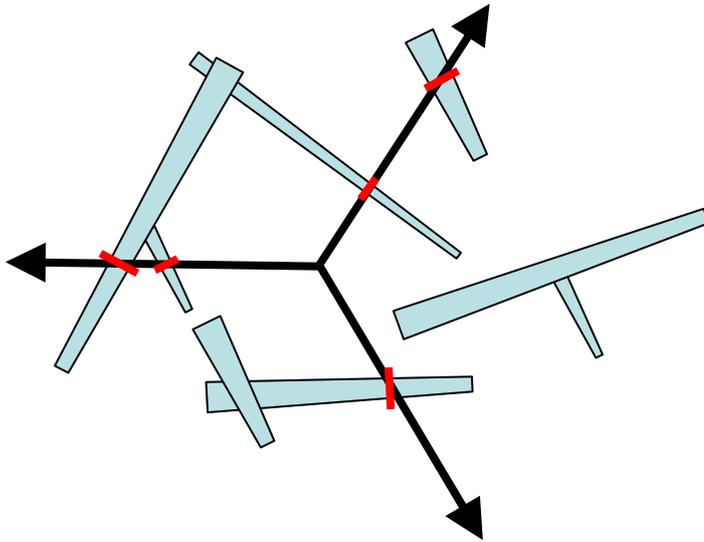


Abbildung 26: schematische Darstellung der Transekte zur Bestimmung des liegenden Totholzvolumens. Jeder Pfeil symbolisiert einen Transekt.

### 6.1.3 Qualitätssteigernde Parameter von Altholzinseln

Falls die Qualitätskriterien nicht vollständig erfüllt werden können, sollte nachgewiesen werden, dass die Altholzinsel andere qualitätsrelevante Parameter aufweist. Nachfolgend werden die Parameter aufgezählt, die für eine erhöhte Qualität einer Altholzinsel sprechen:

#### Spechtbäume

Spechte gelten als sehr gute Indikatoren für Alt- und Totholzbestände. Wenn innerhalb einer Altholzinsel Spechtbäume vorkommen, spricht dies für eine hohe ökologische Qualität dieser Fläche.

#### Vernetzung

Altholzinseln können eine wichtige Funktion bei der Vernetzung von Naturwaldreservaten übernehmen. Sind solche Naturwaldreservate vorhanden und werden die Altholzinseln im Sinn einer Vernetzung zwischen diesen Naturwaldreservaten angeordnet, kann von einer erhöhten ökologischen Qualität ausgegangen werden. Die Distanz zwischen zwei Objekten sollte nicht mehr als 1 km sein.

#### Vorkommen wertvoller xylobionter Arten

Da der primäre Zweck von Altholzinseln der Erhalt der Biodiversität im Wald ist, ist auch ein besonderes Augenmerk auf das Vorkommen von prioritären xylobionten Arten oder xylobionten Arten, die sich auf einer roten Liste befinden, zu richten. Das Schweizer Zentrum für Kartografie der Fauna ([www.cscf.ch](http://www.cscf.ch)) stellt Listen der prioritären Arten zur Verfügung, die roten Listen sind beim BAFU erhältlich ([www.bafu.ch](http://www.bafu.ch)). Werden solche prioritäre Arten resp. Arten der roten Liste im Perimeter der Altholzinsel nachgewiesen,

kann von einer erhöhten ökologischen Qualität ausgegangen werden. Eine Auswahl von solchen prioritären Arten ist in Tabelle 19 aufgelistet.

Tabelle 19: Auswahl einiger prioritärer xylobionter Arten. Priorität 1 = höchster Massnahmenbedarf; 4 = geringster Massnahmenbedarf.

Art (Deutsch)	Art (Lateinisch)	Prioritäre Liste	Rote Liste
Juchtenkäfer	<i>Osmoderma eremita</i>	1	Nicht vorhanden
Alpenbock	<i>Rosalia alpina</i>	3	Nicht vorhanden
Hirschkäfer	<i>Lucanus cervus</i>	3	Nicht vorhanden
Grosser Eichenbock	<i>Cerambyx cerdo</i>	3	Nicht vorhanden
Lärchen-Baumschwamm	<i>Laricifomes officinalis</i>	3	verletzlich
Rostrotrandiger Feuerschwamm	<i>Phellinus ferrugineofuscus</i>	3	gefährdet
Fichten-Feuerschwamm	<i>Phellinus chrysoloma</i>	4	verletzlich
Mittelspecht	<i>Dendrocopos medius</i>	Prioritär <sup>1</sup>	verletzlich
Grauspecht	<i>Picus canus</i>	prioritär <sup>1</sup>	verletzlich
Lungenflechte	<i>Lobaria pulmonaria</i>	4	verletzlich

<sup>1</sup> nach Bollmann et al. 2002

### 6.1.4 Verteilung der Stichproben

Die beiden Qualitätskriterien "Anzahl grosser Bäume" und "Totholzmenge" werden auf vier kreisförmigen Stichproben gemessen, von denen der Mittelwert berechnet wird. Dieser Mittelwert für die Anzahl grosser Bäume und das Volumen des stehenden Totholzes wird auf 1 ha hochgerechnet. (Die Formel für das liegende Totholz liefert direkt Werte pro Hektare).

Jeder Probekreis hat eine Horizontalfläche von  $500 \text{ m}^2$  (Radius = 12.64 m). Bei Altholzinseln, die zwischen 0.7 und 1.5 ha gross sind, werden die vier Stichproben so verteilt, dass sie zum Rand einen Mindestabstand von 10 m und zwischen zwei Probekreiszentren einen Mindestabstand von 35 m einhalten (siehe Abbildung 27). Die räumliche Anordnung wird der Form des Bestandes angepasst. Bei Flächen, die grösser als 1.5 ha sind, wird der erste Probekreis so gelegt, dass sein Zentrum in einem besonders altholzreichen Bereich zu liegen kommt. Von dort aus werden die restlichen drei Probekreise eingemessen, wobei erneut ein Mindestabstand zwischen zwei Probekreiszentren von 35 m einzuhalten ist.

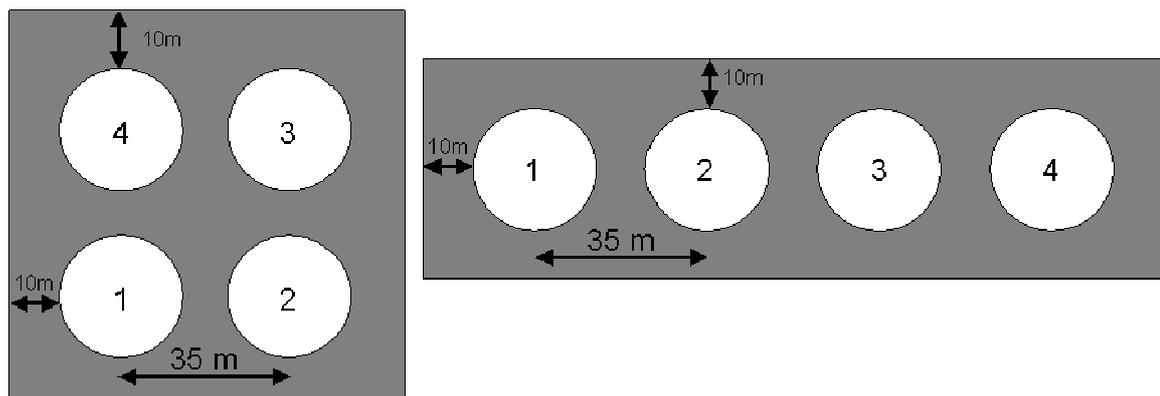


Abbildung 27: schematische Darstellung der Anordnung der Probekreise in einer kleinen Altholzinsel.

## 6.2 Leitfaden zur Qualitätskontrolle von Altholzinseln

Primär sollte überprüft werden, ob die gemachten Vorgaben (siehe Tabelle 20) bei der Ausscheidung von Altholzinseln erfüllt wurden. Werden diese Angaben bereits bei der Ausscheidung erfasst, ist die Überprüfung einfach möglich. Zudem sollte periodisch ein Dialog zwischen dem BAFU und den Kantonen stattfinden, wo über Probleme, Verbesserungsmöglichkeiten usw. anhand von Feldbegehungen diskutiert werden kann. Nach einer bestimmten Zeit (z.B. nach der Hälfte der Vertragslaufzeit oder in bestimmten Intervallen) sollten weitere Beurteilungen vorgenommen werden. Die Qualitätskontrolle stützt sich auf die Überprüfung der Qualitätsmerkmale (Menge Totholz, Anzahl grosser Bäume) sowie der qualitätssteigernden Parameter (Spechtbäume, Vernetzung, Vorkommen wertvoller xylobionter Arten). Zudem ist das Vorgehen zu definieren, falls eine Altholzinsel zu diesem Zeitpunkt Teile der Anforderungen verfehlt. Wird erwogen, dass eine "nicht mehr funktionierende" Altholzinsel durch eine neue ersetzt werden muss, so ist darauf zu achten, dass diese möglichst in der Nähe der zu ersetzenden Altholzinsel ausgewiesen werden kann. Abbildung 28 zeigt ein mögliches Beurteilungsformular. Bei der Ausscheidung sind alle Punkte auszufüllen, bei einer weiteren Überprüfung nur noch die Punkte 2 und 3.

Tabelle 20: Übersicht über die Qualitätskriterien einer Altholzinsel.

<b>1) Grundvoraussetzungen (siehe Kapitel 6.1.1)</b>				
• Mindestfläche:				
	Auenwald	Buchenwald	Tannen-Buchenwald	Tannen-Fichtenwald
empfohlene Mindestfläche	0.7 ha	0.9 ha	0.9 ha	1.2 ha
• Nutzungsverzicht mindestens 30 Jahre				
• Bestandesalter mindestens 120 Jahre				
• Standorttypische Baumartenzusammensetzung				
• Alt- und Totholzdefizit oder -Gefährdung vorhanden (lokal bis regional)				
• Berücksichtigung verschiedener Waldtypen (auf regionaler / kantonaler Ebene)				
• Sicherheitsrisiken soweit möglich minimieren				
<b>2) Qualitätskriterien (siehe Kapitel 6.1.2)</b>				
• Anzahl grosser, lebender Bäume:				
	Auenwald	Buchenwald	Tannen-Buchenwald	Tannen-Fichtenwald
BHD für grosse Bäume [cm]	50	55	50 <sup>1</sup> / 55 <sup>2</sup>	60
Anzahl grosser Bäume / ha	40	70	80 <sup>1</sup> / 70 <sup>2</sup>	60
• Totholzmenge:				
	Auenwald	Buchenwald	Tannen-Buchenwald	Tannen-Fichtenwald
Totholzmenge stehend [m <sup>3</sup> /ha]	45	45	75	35
Totholzmenge liegend [m <sup>3</sup> /ha]	75	75	70	60
Gesamte Totholzmenge [m <sup>3</sup> /ha]	120	120	145	100
<b>3) Qualitätssteigernde Parameter (siehe Kapitel 6.1.3)</b>				
• Vorkommen von Spechtbäumen				
• Vernetzende Wirkung von Altholzinseln				
• Vorkommen wertvolle xylobionter Arten				

<sup>1</sup> wenig produktive Standorte, <sup>2</sup> produktive Standorte

**1) Voraussetzungen für das Ausscheiden einer Altholzinsel:**

- 1.1 Flächengrösse: \_\_\_\_\_ ha
- 1.2 Der Bestand wurde seit mindestens 30 Jahren nicht bewirtschaftet:  ja  nein
- 1.3 Der Bestand entspricht einem reifen Hochwald:  ja  nein
- 1.4 Ist der Bestand standorttypisch?  ja  nein
- 1.5 Totholzdefizit / Gefährdung des Totholzvorkommens vorhanden?  ja  nein

Auf welcher Ebene (Mehrfachauswahl möglich)

- biogeografisch  Forstkreis  Revier  Bestand

1.6 Um was für eine Waldgesellschaft handelt es sich? \_\_\_\_\_

1.7 Sicherheitsrisiken vorhanden?  ja  nein

Falls ja, welche Massnahmen wurden zur Risikominderung getroffen:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**2) Qualitätskriterien einer Altholzinsel:**

**2.1 Totholzmenge:**

Liegendes Totholz: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/ha

Stehendes Totholz: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/ha

Total: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/ha

**2.2 Anzahl grosser, lebender Bäume:**

Minimaler BHD siehe Tabelle 20; Qualitätskriterien, Anzahl grosser, lebender Bäume

Anzahl Bäume > minimaler BHD / ha: \_\_\_\_\_

**3) qualitätssteigernde Parameter:**

(Um eine erhöhte Qualität festzustellen, müssen nicht alle aufgezählten Punkte vorhanden sein.)

3.1 Anzahl Spechtbäume: \_\_\_\_\_

3.2 Vernetzung: \_\_\_\_\_  
Übersichtsplan beilegen & Entfernungen einzeichnen

3.3 wertvolle xylobionte Arten: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Abbildung 28: Entwurf eines Formulars zu Beurteilung der Qualität von Altholzinseln.

## 7 Danksagung

Dieser Bericht wurde in einer Forschungszusammenarbeit zusammen mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) erarbeitet. Bei folgenden Personen möchten wir uns ganz herzlich dafür bedanken, dass sie dieses Projekt in irgendeiner Form unterstützt haben:

- Dr. Markus Bolliger, BAFU
- Anette Bieger, Praktikantin WSL
- Lydia Buholzer, Praktikantin WSL
- Prof. Ernst Stahel, ETH Zürich
- Dr. Rita Gosh, WSL
- Dr. Andreas Zingg, WSL
- Antoine Margot, EPFL
- Edgar Kaufmann, WSL
- Allen Mitarbeitern der verschiedenen Forstreviere, Forstkreise und kantonalen Forstdienste, die uns bei der Auswahl der Probeflächen geholfen haben.
- Allen Mitarbeitern der kantonalen Forstdienste, die sich an der Umfrage zur momentanen Situation der Altholzinselprojekte in den Kantonen beteiligt haben

## 8 Referenzen

- Böhl, J. & Brändli, U.-B. 2007. Deadwood volume assessment in the third Swiss National Forest Inventory: methods and first results. *European Journal of Forest Research* 126: 449–457.
- Bollmann, K., Keller, V., Müller, W. & Zbinden, N. 2002. Prioritäre Vogelarten für Artenförderungsprogramme in der Schweiz. *Ornithol. Beob.* 99: 301–320.
- Brändli, U.-B. & Abegg, M. 2009. Ergebnisse des Landesforstinventars LFI3. Der Schweizer Wald wird immer natürlicher. *Wald Holz* 90, 7: 27-29.
- Bütler, R. & Lachat, T. 2009. Wälder ohne Bewirtschaftung: eine Chance für die saproxyliche Biodiversität. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 160, 11: 324-333.
- Bütler, R., Lachat, T. & Schlaepfer, R. 2006. Saproxyliche Arten in der Schweiz: ökologisches Potential und Hotspots. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 157, 6: 208-216.
- Ellenberg, H. & Klötzli, F. 1972. Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.* 48: 587 - 930.
- Kaufmann, E. 2000. Tarife für Schaftholz in Rinde und Rundholzsortimenten. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. 53 Seiten
- Keller, M. Red. 2005 Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004 - 2007, Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, 393 Seiten.
- Keller, V., Zbinden, N., Schmid, H. & Volet, B. 2001. Rote Liste der gefährdeten Brutvogelarten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern und Schweizerische Vogelwarte, Sempach. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. 57 S.
- Korpel, S. 1995. Die Urwälder der Westkarpaten. Gustaf Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York.
- Lachat, T., & Bütler, R. 2007. Gestion des vieux arbres et du bois mort: îlots de sénescence, arbres-habitat et métapopulations saproxyliques. Bericht im Auftrag des BAFUs.
- Leibundgut, H. 1982. Europäische Urwälder der Bergstufe. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart.
- Mayer, H. & Neumann, M. 1981. Struktureller und entwicklungsdynamischer Vergleich der Fichten-Tannen-Buchen-Urwälder Rothwald / Niederösterreich und Corkova Uvala / Kroatien. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 100, 111-132.
- Meyer, P., Tabaku, V. & Lüpke, B. V. 2003. Die Struktur albanischer Rotbuchen-Urwälder – Ableitungen für eine naturnahe Buchenwirtschaft. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 122, 47-58.
- Projektleitung WAP-CH, BHP - Brugger & Partner, 2004. Waldprogramm Schweiz / WAP-CH. Schriftenreihe Umwelt Nr. 363, Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft, Bern. 117 S.
- Remm, J., Lohmus, A. & Remm, K. 2006. Tree cavities in riverine forests: What determines their occurrence and use by hole-nesting passerines? *Forest Ecology and Management* 221, 267 - 277.
- Tabaku, V. 1999. Struktur von Buchen - Urwäldern in Albanien im Vergleich mit deutschen Buchen - Naturwaldreservaten und - Wirtschaftswäldern. Cuvillier Verlag Göttingen.
- Winter, S. & Möller, G.C. 2008. Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. *Forest Ecology and Management* 255, 1251 - 1261.

## 9 Anhang

Anhang 1: Aufgenommene Habitatstrukturen

Struktur	Lebender Baum	Toter Baum	Beschreibung
Wurzelteller	✓	✓	Entwurzelter Baum mit Wurzelteller
Stammbrüche	✓	✓	Die Krone fehlt ganzheitlich nach einem Stammbruch
Bäume mit Konsolenpilzen	✓	✓	Anzahl Bäume mit mehrjährigen Fruchtkörpern von Konsolenpilzen
Bäume mit Bruthöhlen	✓	✓	Anzahl Bäume mit besetzten oder leeren Spechtbruthöhlen
Bäume mit Frasslöchern	✓	✓	Anzahl Bäume mit Frasslöchern (keine Bruthöhle feststellbar), Loch mit $\geq 5\text{cm}$ Durchmesser
Bäume mit Frassspuren	✓	✓	Anzahl Bäume mit Frassspuren, Loch $< 5\text{cm}$ Durchmesser
Schürfstellen ( $\geq 25\text{ cm}^2$ )	✓	-	Rindenverletzung mit sichtbarem Holzkörper, $\geq 25\text{cm}^2$
Höhle am Stammfuss	✓	✓	Höhle am Stamm bis auf 50 cm Höhe, mit Mulm gefüllt und $\geq$ Faustgrösse
Natürliche Höhle	✓	✓	Höhle in Stamm oder Ast, ohne Specht entstanden
Risse und Spalten ( $\geq 10\text{ cm}$ )	✓	✓	Entlang Stammachse; Holzkörper sichtbar. Die Hand passt rein.
Hohler Stamm	✓	✓	Baum mit ausgehöhltem Stamm, feststellbar von aussen
Zwiesel	✓	✓	Gabelung des Stammes
Zwieselabbrüche	✓	✓	Bruch eines der beiden Stämme beim Zwiesel
Zwiesel mit Humus	✓	✓	Gabelung des Stammes mit Humus zwischen den beiden Stämmen
Krebsbildungen	✓	✓	Krebs am Stamm
Rindentaschen	✓	✓	Lose Rinde am Stamm, Entstehung eines Hohlraums zwischen Holz und Rinde
Gebrochene Äste (10-20 cm)	✓	-	Anzahl gebrochener Äste mit Durchmesser zwischen 10 und 20 cm in der Krone (nur auf Laubbäumen)
Gebrochene Äste ( $\geq 20\text{ cm}$ )	✓	-	Anzahl gebrochener Äste mit Durchmesser $\geq 20\text{ cm}$ in der Krone (nur auf Laubbäumen)
Tote Äste (10-20 cm)	✓	-	Anzahl toter Äste mit Durchmesser zwischen 10 und 20 cm in der Krone (nur auf Laubbäumen)
Tote Äste ( $\geq 20\text{ cm}$ )	✓	-	Anzahl toter Äste mit Durchmesser $\geq 20\text{ cm}$ in der Krone (nur auf Laubbäumen)