Berner Fachhochschule
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften

Biotopbäume und Totholz: Forstbetriebliche Auswirkungen

Auslegeordnung und erste methodische Ansätze
Projektbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Wald, Bern, vertreten durch Marco Zanetti und Silvio Schmid.

Auftragnehmer

Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Abteilung Forstwirtschaft, Zollikofen.

Impressum

Biotopbäume und Totholz: Forstbetriebliche Auswirkungen. Auslegeordnung und erste methodische Ansätze.
Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.
Zollikofen und Bern, Januar 2012

Projektleitung

Prof. Urs Mühlethaler
Dozent für Waldökosysteme und Gesellschaftsfragen

Berner Fachhochschule
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL
Abteilung Forstwirtschaft
Fachgruppe Wald & Gesellschaft
CH-3052 Zollikofen

Projektbearbeitung

Manuela Mordini
MSc ETH Umwelt-Natw.

Jonas Lehner
Dipl. Forsting. FH

Regina Kurschat
Dipl. Forsting. FH

Berner Fachhochschule
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften
Abteilung Forstwirtschaft
CH-3052 Zollikofen

Externe Projektmitarbeit

Sarah Niedermann-Meier
MSc ETH Umwelt-Natw.
ecolinnea GmbH
CH-8045 Zürich

Isabelle Nussbeck
MSc ETH Umwelt-Natw.
ecolinnea GmbH
CH-8045 Zürich

Zitierungsvorschlag

Mordini M, Lehner J, Niedermann-Meier S, Nussbeck I, Kurschat R, Mühlethaler U, 2012. Biotopbäume und Totholz: Forstbetriebliche Auswirkungen. Auslegeordnung und erste methodische Ansätze. Projektbericht im Auftrag des BAFU. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen. 85 S.

Inhaltsverzeichnis

TABELLENVERZEICHNIS 6

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 7

ZUSAMMENFASSUNG 8

1 EINLEITUNG 9

1.1 Ausgangssituation 9

1.2 Auftrag und Zielsetzung des Projekts 10

1.3 Aufbau des Schlussberichts 11

2 METHODIK 12

2.1 Literaturrecherche 12

2.2 Arbeitsgruppe/Workshop 12

2.3 Alternative Berechnung der Mindererträge und Mehraufwände 13

2.4 Sachliche und räumliche Abgrenzung 13

3 GRUNDLAGEN IN BEZUG AUF BIOTOPBÄUME UND TOTHOLZ 14

3.1 Hintergrundinformationen zu Biotopbäumen und Totholz 14
3.1.1 Lebensdauer und Lebenszyklus in Wirtschafts- und Naturwäldern 14
3.1.2 Relevanz von Biotopbäumen und Totholz 15
3.1.3 Totholzzerfall 16
3.1.4 Naturwaldreservate, Altholzinseln und Biotopbäume 17
3.1.5 Ökologische Bewertung von Biotopbäumen 18

3.2 Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau GNWB 18
3.2.1 Indikator „Biotopbäume“ 19
3.2.2 Indikator „Totholz“ 20
3.2.3 Bemerkungen zur praktischen Umsetzung 21

3.3 Statische und dynamische Mengenbetrachtungen 21
3.3.1 Totholz im LFI 21
3.3.2 Biotopbäume im LFI 24
3.3.3 Verwertbares und nicht verwertbares Holz 24

3.4 Sicherheitsaspekte bei der Waldbewirtschaftung 25

3.5 Haftung bei der Erholungsnutzung 27

3.6 Fazit 29

4 FORSTBETRIEBLICHE AUSWIRKUNGEN 32

4.1 Generelle Einflussfaktoren ... 32

4.2 Mindererträge ... 33
4.2.1 Holznutzungsentgang ... 33
4.2.2 Produktionsfläche ... 34

4.3 Mehraufwände ... 35
4.3.1 Erschwernisse in der Waldbewirtschaftung ... 35
4.3.2 Bereitstellung von Asthaufen, Biotopbäumen und Totholz ... 36
4.3.3 Sicherheit bei der Erholungsnutzung ... 38
4.3.4 Waldränder im urbanen Raum ... 39
4.3.5 Schulung von Forstfachleuten ... 39
4.3.6 Öffentlichkeitsarbeit ... 39
4.3.7 Verwaltungsaufwand ... 40
4.3.8 Versicherungen ... 40
4.3.9 Zusätzliche Aspekte ... 40

4.4 Beispiele aus der Praxis und Vergleichswerte ... 41
4.4.1 Fallbeispiel Baden ... 41
4.4.2 Alt- und Totholz im Kanton Thurgau ... 42
4.4.3 Alt- und Totholzkonzept im Freistaat Bayern ... 43
4.4.4 Eichenförderung im Kanton Thurgau ... 44
4.4.5 NFA-Ansätze Waldbiodiversität ... 44

4.5 Fazit ... 45

5 ALTERNATIVER BEWERTUNGSANSATZ VON BIOTOPBÄUMEN ... 49

5.1 Methodische Umsetzung und Berechnungsgrundlagen ... 49

5.2 Resultate und Diskussion des Modells ... 55

6 BEWERTUNGSANSATZ FÜR TOTHOLZ ... 60

7 DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN ... 62

8 WEITERER FORSCHUNGS- UND ABKLÄRUNGSBEDARF ... 64

LITERATURVERZEICHNIS ... 66

ANHANG 1: ERGEBNISSE INPUT-WORKSHOP VOM 5. APRIL 2011 ... 71

ANHANG 2: LEBENSDAUER VERSCHIEDENER BAUMARTEN ... 74

ANHANG 3: ÜBERBLICK GNWB ... 75

ANHANG 4: LFI3-ERGEBNISSE ZUM TOTHOLZ ... 76

ANHANG 5: WALDBEWIRTSCHAFTUNG UND SICHERHEIT ... 78

ANHANG 6: GESETZESTEXTE HAFTUNG ... 79

ANHANG 7: MODELLGRUNDLAGEN UND -DATEN 81

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prozentualer Anteil der zu bereitstellenden aufsummierten Totholzmengen in Abhängigkeit der Gesamtwuchsleistung (GWL) für Buche bei verschiedenen Bonitäten (EAFV 1983) für eine Zerfallsdauer von 40 (Szenario A) respektive 10 (Szenario B) Jahren und einer Mindestmenge von 10 m^3 Totholz pro Hektare bei einer Umtriebszeit von 120 Jahren (eigene Berechnungen). 17

Tabelle 2: Totholzvorrat in m^3/ha und 1‘000 m^3 gemäss LFI3 im Jura und Mittelland getrennt nach Produktions- und Wirtschaftsregionen für den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald im terrestrischen Netz LFI3 (Speich et al 2010). 22

Tabelle 3: Totholzvolumen in m^3/ha und 1‘000 m^3 gemäss LFI3 im Jura und Mittelland getrennt nach Produktions- und Wirtschaftsregionen für den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald im terrestrischen Netz LFI3 (Speich et al 2010).....23

Tabelle 4: Prozentualer Anteil der Biomasse verschiedener Baumkompartimente aus zwei verschiedenen Literaturquellen.....25

Tabelle 5: Wertebereich Bodenverkehrswert in CHF pro m^2 bei fünf Ertragsklassen (Iseli et al 1999). 34

Tabelle 6: Schätzung zur Standfläche pro Zukunftsbaum (Z-Baum) und pro 5 Biotopbäume (BB) sowie beanspruchten Flächen von 5 BB in Prozent einer Hektare (eigene Berechnungen). Die Zahlen basieren auf folgenden Werten: *Mittelwerte für die Anzahl Z-Bäume verschiedener Baumarten (Klädkte und Abetz 2004); $^+$Anzahl Z-Bäume für verschiedene Werthölzer basierend auf einer Produktionszeit von 100 Jahren (Hein 2007). 35

Tabelle 7: Zielsetzungen und Beiträge für solitäre Altholzbäume und Altholzinseln im Thurgauer Wald (Quelle: Forstamt Kanton Thurgau 2007). 43

Tabelle 8: Abgeltung für Alt- bzw. Biotopbäume, Totholz und Nutzungsverzicht im Rahmen der Richtlinien zum Vertragsnaturschutz VNP Wald (VNPWaldR 2007). 44

Tabelle 9: Aufstellung von möglichen Mindererträgen und Mehraufwänden durch die Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ basierend der vorliegenden Untersuchung. 46

Tabelle 10: Zusammenstellung verschiedener Höchstbeiträge für Biotopbäume (BB). 48

Tabelle 11: Kosten pro Biotopbaum und Jahr, berechnet für verschiedene Baumarten und BHD. 55

Tabelle 12: Exemplarische Modellierung von 6 Varianten mit unterschiedlich zusammengesetzten Beständen; Kosten für 5 Biotopbäume pro Hektare und eine Abrechnungsperiode von 10 Jahren. 57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Lebenszyklus am Beispiel einer Eiche. Im Wirtschaftswald erfolgt die Ernte im Normalfall zum Zeitpunkt des wirtschaftlichen Optimums eines Baumes. Gegenüber dem natürlichen Lebenszyklus fehlt die Alters- und Zerfallsphase (Quelle: Bütler 2005). 14

Abbildung 2: Grundkonzept zum Erhalt der saproxylischen Arten in der Schweiz. Mit den drei Konzepten Waldreservate, Altholzinseln und Biotopbäume werden Prozesse auf den Skalen Landschaft, Bestand und Baum ermöglicht (Quelle: Lachat und Bütler 2007:8). 17

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Gefährdungsbereiche und -flächen von Habitatbaumgruppen (HBG). 26

Zusammenfassung

Das Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Wald, veröffentlichte im Jahr 2010 den Projektbericht „Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau“ (GNWB). Im Rahmen jenes Projektes wurden konkrete Vorstellungen zu den Leistungen entwickelt, welche die Waldeigentümer zur Erhaltung und Förderung der Vielfalt des Lebensraumes erbringen sollen. Diese Leistungen sind mit zusätzlichen Kosten verbunden, welche höher sind als die möglichen Einsparungen bei der Aufwandseite. Wie hoch die finanziellen Aufwände tatsächlich sind, soll diese Untersuchung anhand der Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ aufzeigen.

In Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachleuten aus der Praxis und aufgrund einer Literaturstudie wurde eine erste Auslegeordnung realisiert. Im hier vorliegenden Bericht werden die finanziellen Belastungen für den Forstbetrieb näher beleuchtet und diskutiert, welche bei der Ausscheidung von Biotopbäumen und Totholz im Holzproduktionsbetrieb entstehen. Um die forstbetrieblichen Auswirkungen zu ermitteln, werden Minderertrag und Mehraufwand differenziert analysiert und – wo möglich – monetär bewertet. Fallbeispiele aus dem In- und Ausland stellen Entschädigungszahlungen dar, welche an die Waldbesitzer ausbezahlt werden, sofern sie Totholz und Biotopbäume ausweisen. Die effektiven Mindererträge und Mehraufwände werden jedoch für Schweizer Verhältnisse nicht ausreichend aufgezeigt, so dass in dieser Untersuchung ein alternatives Bewertungsmodell für verschiedene Varianten vorgestellt wird. Das Modell, das vorerst für das Mittelland und den Jura gilt, integriert die Auswahl und Markierung, den Erlösverzicht, den Zinsertragsverlust, die Bodenzinskosten, Erschwernisse und einen allfälligen Nutzungsverzichtsfaktor. Die Ergebnisse zeigen, dass die Gesamtkosten je nach Baumart und Stärkeklasse stark variieren. Lärche und Eiche verursachen relativ hohe Gesamtkosten, zu den günstigeren Baumarten zählen Fichte und Buche. Geringe Stammdurchmesser sind im Vergleich zu Starkhölzern ebenfalls mit niedrigeren Kostenfaktoren ausgewiesen. Als Bemessungszeitraum wird eine Periode von 10 Jahren vorgeschlagen.

Eine wichtige Erkenntnis dieser Arbeit ist der Mangel an veröffentlichten Informationen zur genauen Definition von Biotopbäumen, der Zerfallsdauer von Totholz, der sinnvollen Anzahl Biotopbäume sowie deren Verteilung auf der Waldfläche. Ausserdem sind viele Fragen hinsichtlich Sicherheit und Haftung in Zusammenhang mit Totholz bisher nicht geklärt, so dass die effektiven Gesamtkosten nur schwer abgeschätzt werden können. Das Bewertungsmodell müsste laufend künftigen Erkenntnissen und Eingangsgrössen angepasst werden, um eine im Einzelfall zutreffende Aussage zu den anfallenden Kosten machen zu können.

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Im Waldprogramm Schweiz (Projektleitung WAP-CH Brugger & Partner 2004) sind als Hauptziele das Sicherstellen einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung und das Schaffen günstiger Rahmenbedingungen für eine effiziente und innovative Wald- und Holzwirtschaft aufgeführt. Bei der Umsetzung des WAP-CH wurde der Erhalt der Biodiversität als eines von fünf prioritären Zielen festgelegt. Die im Wald lebende Flora und Fauna sowie Wald als naturnahes Ökosystem sollen langfristig erhalten werden. Auch sollen häufige Arten weiterhin häufig bleiben, selten gewordene Arten wieder häufiger und die natürliche Entwicklung des Waldes zugelassen werden. Ein weiteres prioritäres Ziel ist das Generieren einer starken Holz-Wertschöpfungskette. Dabei soll unter anderem die Steigerung der Nachfrage nach Holz und Holzprodukten in allen Anwendungsbereichen zu einer erhöhten Wertschöpfung führen. Diese Zielsetzung wird in der Waldpolitik 2020 (BAFU 2011) unter dem Titel „Biodiversität bleibt erhalten und ist gezielt verbessert“ konsequent weiter geführt.

Die Umsetzung von ökologischen Zielen hat oft Einschränkungen oder Auflagen für die Waldwirtschaft zur Folge. Umgekehrt kann das Fokussieren auf ökonomische Ziele eine Gefährdung der ökologischen Bestrebungen bewirken. Damit die ökologische Nachhaltigkeit durch die Waldbewirtschaftung – insbesondere im Zusammenhang mit einer erwarteten Nutzungssteigerung durch die Förderung der Holznutzung und einer verbesserten Wirtschaftlichkeit in der Holzproduktion – nicht gefährdet wird, wurde im WAP-CH die Entwicklung eines ökologischen Standards vorgesehen. Zudem besagt Art. 20 des Waldgesetzes WaG[1], dass bei der Waldbewirtschaftung den Erfordernissen des naturnahen Waldbaus Rechnung zu tragen sei. Der Begriff „naturnaher Waldbau“ und seine Bedeutung für die Waldeigentümer und -bewirtschaftenden werden jedoch nicht weiter präzisiert. Bei der Auslegung des Begriffs bestehen immer wieder Unsicherheiten. Der ökologische Standard sollte entsprechend dazu beitragen, die betrieblichen Freiheiten in der Waldbewirtschaftung anhand konkret definierter Vorgaben transparent darzustellen und die bestehenden Unsicherheiten zu beseitigen. Mit dem Standard sollte ein nicht zu unterschreitendes Minimum festgelegt werden, das auf der gesamten bewirtschafteten Fläche zu erfüllen und nicht abgeltungsberechtigt ist (Projektleitung WAP-CH und BHP Brugger & Partner 2004).

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat die Entwicklung dieses Standards mit dem Projekt „Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau“ GNWB angegangen. Dieses Projekt hatte im Zusammenhang mit der Teilrevision des WaG und der Initiative „Rettet den Schweizer Wald“ eine spezielle Bedeutung erhalten. Bei der Vernehmlassung der Teilrevision WaG wurde von breiten Kreisen verlangt, dass die GNWB abschliessend im Gesetzesentwurf des Bundesrates aufzuführen seien, was dank des guten Projektfortschritts realisiert wurde. Das inhaltliche Ergebnis des Projekts GNWB war im Herbst 2007 nach fünf Praxistests innerhalb des Begleitforums weitgehend akzeptiert, auch wenn einzelne Minimalwerte den einen zu hoch und den anderen zu tief waren. Deshalb war sich das Forum nach dem Rückzug der Initiative und dem Nichteintreten der Räte auf die Teilrevision

[1] Bundesgesetz über den Wald (Waldgesetz, WaG) vom 4. Oktober 1991 (SR 921.0, Stand am 1. Januar 2008).

WaG weitgehend einig darüber, dass die Resultate dieser umfassenden Arbeit zu publizieren seien. Nach längerer Debatte über die Form einer Publikation hat sich das BAFU entschlossen, auf eine Vollzugshilfe zu verzichten. Das Projekt wurde stattdessen durch einen Bericht abgeschlossen. So wurden die bisher gemachten Überlegungen und Inhalte der Fachwelt zur Verfügung gestellt.

Der Projektbericht GNWB wird vom BAFU als Zwischenstation verstanden, mit der Option einer späteren Konkretisierung. Hingegen strebt das BAFU zum Abschluss dieser Projektphase noch die Klärung einzelner offener Fragen an. Insbesondere besteht der Bedarf zu einer vertieften Abklärung der wirtschaftlichen Auswirkungen auf die Waldeigentümer, speziell in Bezug auf die beiden Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ des Grundsatzes 4 im Projektbericht GNWB. Die Vertreter der Waldeigentümer sind der Meinung, dass speziell dieser Grundsatz starke wirtschaftliche Auswirkungen auf die Forstbetriebe haben kann und dass diese zusätzlichen Leistungen abgegolten werden müssten (Kaufmann et al 2010). Im vorliegenden Projekt werden auf dieser Grundlage die forstbetrieblichen Auswirkungen der zwei Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ näher beleuchtet. Die im vorliegenden Bericht enthaltenen Hinweise beziehen sich somit ausschliesslich auf den Projektbericht GNWB.

1.2 Auftrag und Zielsetzung des Projekts

Das BAFU hat die Abteilung Forstwirtschaft der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft HAFL mit der Bearbeitung des Projektes „Biotopbäume und Totholz: Forstbetriebliche Auswirkungen“ betraut. Auf wissenschaftlich fundierter Basis und unter Einbezug der forstlichen Praxis sollen Mehraufwände und Mindererträge analysiert und bewertet werden, welche im Zusammenhang mit den beiden Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ im Grundsatz 4 des Projektberichts GNWB entstehen. Vorerst gelten die Überlegungen lediglich für das Mittelland und den Jura. Die folgenden Punkte werden untersucht und, wo möglich, quantifiziert:

- Stand des Wissens zu forstbetrieblichen Aspekten von Biotopbäumen und Totholz:
    - Überlegungen zu effektiv vorhandenen Totholzvorräten und Totholzmengen gemäss LFI3-Erhebungen, verwertbarem und nicht verwertbarem Holz sowie dem Liegen- und Stehenlassen von Holz als Biotopbäume und Totholz
    - Entgangener erntekostenfreier Erlös respektive Ertragsausfall im Holzproduktionsbetrieb auf der Fläche, die von Biotopbäumen und stehendem Totholz beansprucht wird
    - Aufwand für das Aufschichten von Totholz-Asthaufen, Erschwernisse der Pflege und Bewirtschaftung durch liegendes Totholz, Vorsichtsmassnahmen / Unfallgefahr sowie Erschwernisse bei der Holzernte, Unfallgefahr für Waldbesuchende, Fragen der Haftung / Haftpflichtversicherung sowie Auflistung und Diskussion von weiteren forstbetrieblichen Effekten aufgrund des Projektberichts GNWB zum Thema Biotopbäume und Totholz
- Prüfen des bereits untersuchten Fallbeispiels Baden (Meier 2009): Liefert dieses allgemeingültige Resultate oder handelt es sich um einen Einzelfall?

- Erarbeiten eines alternativen Berechnungsansatzes, sofern erforderlich.

1.3 Aufbau des Schlussberichts

Der vorliegende Schlussbericht ist nachfolgend in 7 Hauptteile gegliedert: Nach einer Beschreibung der Methodik in Kapitel 2 werden in Kapitel 3 Grundlagen zu Biotopbäumen und Totholz im Zusammenhang mit der Untersuchung dokumentiert. Kapitel 4 enthält eine Zusammenstellung der forstbetrieblichen Auswirkungen durch Biotopbäume und Totholz sowie Beispiele aus der Praxis. In Kapitel 5 wird ein alternativer Bewertungsansatz für Biotopbäume vorgeschlagen. Kapitel 6 enthält einen vereinfachten Ansatz zur monetären Bewertung von Totholz. Eine zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus der Untersuchung findet in Kapitel 7 statt. In Kapitel 8 werden offene Fragen und Gedanken zum Bedarf an weiterer Forschung formuliert.

2 Methodik

Im folgenden Kapitel werden die im Projekt verwendeten Methoden beschrieben.

2.1 Literaturrecherche

Ausgehend vom Projektbericht „Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau“ GNWB (Kaufmann et al 2010) sowie einer Fallstudie zu Biotopbäumen im Forstbetrieb Baden (Meier 2009) wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Die Literatursuche erfolgte über spezifische Webseiten mit Bezug zu Biotopbäumen und Totholz und Suchmaschinen (Google, ScholarGoogle). Zudem wurden Zeitschriften der Forstbranche (wie beispielsweise Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Wald und Holz, AFZ-Der Wald) einbezogen. Weitere Dokumente konnten anhand des „Schneeballprinzips“ identifiziert werden.

2.2 Arbeitsgruppe/Workshop

Es wurde eine Arbeitsgruppe mit externen Experten gebildet, um das Wissen und die Erfahrungen aus der Praxis in das Projekt zu integrieren. Die Arbeitsgruppe setzte sich folgendermassen zusammen:

- Vertretung Waldwirtschaft: Dr. Christian Ley, Korporation Luzern, Stadtforstamt, Luzern
- Vertretung Betriebsleiter: Ralph Malzach, Forstbetrieb Region Murtensee, Kerzers; Urs Steck, Gemeindeverwaltung Möhlin, Abteilung Wald und Landschaft, Möhlin
- Vertretung kantonaler Forstdienst: Rocco de Stefano, Canton de Vaud, Département de la sécurité et de l'environnement, Service des forêts, de la faune et de la nature, Lausanne
- Vertretung Auftraggeber: Marco Zanetti, Sektion Wald- und Holzwirtschaft, Bern; Silvio Schmid, Sektion Waldleistungen und Waldqualität (ab Okt. 2011); Beide Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Wald
- Vertretung Projektbeauftragte: Manuela Mordini und Jonas Lehner, Regina Kurschat und Urs Mühlethaler (zweiter Workshop), HAFL Zollikofen

Mit der Arbeitsgruppe wurden zwei Workshops durchgeführt.

Input-Workshop

Der Input-Workshop fand am 5. April 2011 statt mit dem Ziel, das Projekt vorzustellen, den aktuellen Projektstand aufzuzeigen und zu diskutieren sowie die Anliegen und Erfahrungen von externen Experten zu erfassen. Im Workshop wurden zudem Mehraufwände und Mindererträge, die sich im Wirtschaftswald ergeben, wenn Biotopbäume und Totholz gemäss Projektbericht GNWB erhalten werden, identifiziert und diskutiert. Zusätzlich ergaben sich weitere Diskussionspunkte, und es wurden offene Fragen formuliert. Eine Aufstellung der Ergebnisse ist in Anhang 1 zu finden. Diese Ergebnisse flossen in die weitere Bearbeitung des Projekts ein.

Feedback-Workshop

Im Feedback-Workshop vom 25. Oktober 2011 befasste sich die Arbeitsgruppe intensiv mit dem Entwurf des vorliegenden Projektberichts und dem im Rahmen des Projekts entwickelten ökonomischen Modell. Zusätzlich wurden schriftliche Stellungnahmen der früheren Projektnehmer des Projekts GNWB sowie des beim BAFU zuständigen Projektleiters diskutiert. Die Diskussionen wurden mittels Aufnahmegerät registriert und sind als mp3-Datei abgespeichert. Bei der Besprechung des Berichts wurden laufend Notizen eingefügt, die für die nachfolgende Überarbeitung verwendet wurden. Ein Experte hat zum Berechnungsmodell nachträglich schriftlich Stellung genommen und ein weiterer Experte sowie die Auftraggeber haben den überarbeiteten Bericht nochmals gegengelesen.

2.3 Alternative Berechnung der Mindererträge und Mehraufwände

Im Projektverlauf zeigte sich, dass das Fallbeispiel Baden die forstbetrieblichen Auswirkungen von Biotopbäumen und Totholz nicht ausreichend abbilden kann. Deshalb wurde ein alternatives Berechnungsmodell erarbeitet. Die Methodik wird in Kapitel 5 detailliert beschrieben.

2.4 Sachliche und räumliche Abgrenzung

Im Rahmen des Projekts werden ausschliesslich die beiden Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ gemäss Projektbericht GNWB untersucht. Der Indikator „Moderholz“ ist nicht Bestandteil der Untersuchung, da er vorwiegend für Gebirgsstandorte relevant ist.

Die Untersuchung hat zum Ziel, forstbetriebliche Auswirkungen der beiden Indikatoren zu identifizieren, eine grobe Abschätzung zu Mindererträgen und Mehraufwänden anzustellen sowie eine generelle Bewertungsmöglichkeit aufzuzeigen. Nicht Bestandteil der Untersuchung ist die Erarbeitung einer vollumfänglichen Taxierungsmöglichkeit von Biotopbäumen und Totholz.

Der räumliche Fokus ist auf den Wirtschaftswald in den beiden Produktionsregionen Jura und Mittelland gerichtet.

3 Grundlagen in Bezug auf Biotopbäume und Totholz

In diesem Kapitel werden Informationen zur Relevanz von Biotopbäumen und Totholz im Wirtschaftswald aus ökologischer Sicht, zum Projektbericht GNWB, zu statischen und dynamischen Mengenbetrachtungen sowie zu Sicherheitsaspekten in der Waldbewirtschaftung und Haftungsfragen bei der Erholungsnutzung dokumentiert.

3.1 Hintergrundinformationen zu Biotopbäumen und Totholz

3.1.1 Lebensdauer und Lebenszyklus in Wirtschafts- und Naturwäldern

Vom Menschen nicht beeinflusste Wälder durchlaufen normalerweise einen Lebenszyklus, bei dem sich verschiedene Entwicklungsphasen vom Jungwald bis zur Alters- und Zerfallsphase nacheinander ablösen (Mollet et al 2005). Für diese Ökosysteme sind Alt- und Totholz charakteristische Elemente. Vor allem in gut erschlossenen Wirtschaftswäldern besteht aber oftmals ein Defizit an Alt- und Totholz. Es fehlt die lang anhaltende und totholzreiche Alters- und Zerfallsphase des natürlichen Systems (Brändli 2010). Die wirtschaftlich bedingten Umtriebszeiten sind meist bedeutend kürzer als die natürliche Lebenserwartung eines Baumes. Die Bäume werden im Allgemeinen im hiebsreifen Zustand, also in einem Alter von ungefähr 90 bis 150 Jahren, geerntet (Bütler et al 2005). In Anhang 2 sind die natürliche und wirtschaftliche Lebensdauer am Beispiel von wichtigen Baumarten Europas aufgezeigt. Dort wird beispielsweise die maximale Lebensdauer von Buchen mit 600 bis 900 Jahren, die von Tannen mit 300 bis 400 Jahren angegeben. Erfahrungsgemäss werden jedoch Bäume im Bestandesinnern nicht so alt wie Bäume im Freistand (siehe Anhang 1). In Abbildung 1 ist zudem der Lebenszyklus eines Baumes am Beispiel einer Eiche schematisch dargestellt.

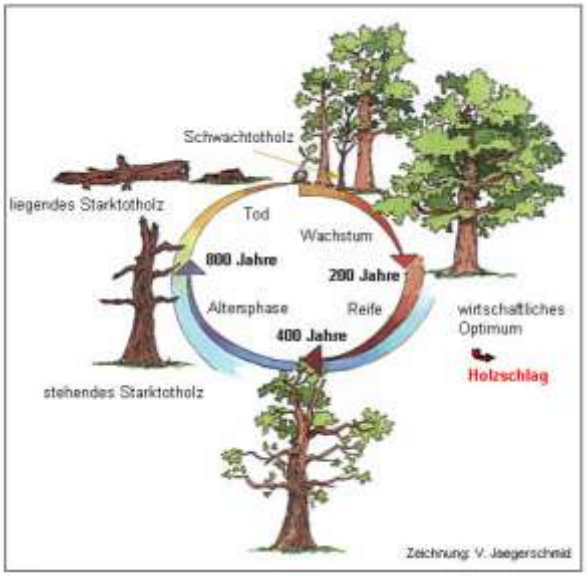

Abbildung 1: Schematischer Lebenszyklus am Beispiel einer Eiche. Im Wirtschaftswald erfolgt die Ernte im Normalfall zum Zeitpunkt des wirtschaftlichen Optimums eines Baumes. Gegenüber dem natürlichen Lebenszyklus fehlt die Alters- und Zerfallsphase (Quelle: Bütler 2005).

3.1.2 Relevanz von Biotopbäumen und Totholz

Totholz bildet eine wichtige Lebensgrundlage für viele Tiere, Pflanzen, Pilze, Flechten und Algen. Ungefähr 20 Prozent der direkt und indirekt von Wald abhängigen Arten sind auf Totholz als Lebensraum und Nahrungsquelle angewiesen (Schiegg Pasinelli und Suter 2000). Heute gelten beispielsweise mehr als die Hälfte der totholzbewohnenden Käferarten als bedroht (BUWAL und WSL 2005). Da totes Holz ein charakteristisches Element von alten Wäldern ist, sind die meisten saproxylischen Arten, also Organismen, die von Alt- und Totholz abhängig sind, auch mit alten Wäldern assoziiert (Lachat und Bütler 2009). Totholz lässt sich prinzipiell in stehendes und liegendes Totholz unterteilen. Zum stehenden Totholz zählen sowohl noch stehende abgestorbene Bäume (auch Dürrständer genannt), wie auch Baumstrünke und abgestorbene Teile an noch lebenden Bäumen. Liegendes Totholz umfasst alle abgestorbenen Bäume und Baumteile, die am Boden liegen (Schiegg Pasinelli und Suter 2000).

Auch Biotopbäume haben aufgrund ihrer Beschaffenheit eine besondere Bedeutung für zahlreiche spezialisierte Arten. Sie stellen für holzbewohnende Organismen geeignete ökologische Nischen zur Verfügung und sind deshalb ein wichtiger Bestandteil ihres Lebensraumes. Biotopbäume, die über ihren natürlichen Alterstod hinaus bis zum vollständigen Zerfall im Bestand verbleiben, werden als Totholzanwärter bezeichnet. Biotopbäume weisen oft Merkmale wie Höhlen, Risse, Kronenabbrüche und Fäulen auf. Solche Strukturen sind für alte Bäume charakteristisch, aber Biotopbäume müssen nicht zwingend ein hohes Alter erreichen. Bereits relativ junge Bäume können solche Merkmale ausbilden (Bütler et al 2005). Vielfach werden aber bei einer intensiven Waldbewirtschaftung Bäume, die im Dickungsstadium absterben könnten, bereits im Verlauf der Pflege entfernt. In einer Untersuchung zu Habitatstrukturen in Schweizer Wäldern wurden in unbewirtschafteten Wäldern etwa doppelt so viele Strukturen wie tote Äste und Höhlen an Bäumen gefunden als in bewirtschafteten Wäldern. Dies kann als Hinweis der positiven Auslese in der Waldbewirtschaftung, sprich der Förderung von Bäumen ohne Fehler, gedeutet werden (Bütler und Lachat 2009).

Mit zunehmenden Alt- und Totholzmengen steigt die Anzahl saproxylischer Arten stark an. Das langfristige Überleben dieser Organismen ist insbesondere davon abhängig, dass geeignete Lebensräume zeitlich und räumlich kontinuierlich vorhanden sind (Bütler et al 2006). Deshalb ist sowohl der Erhalt sehr dicker, toter und sehr alter Bäume (Totholzanwärter), aber auch Totholz mit kleineren Durchmessern wichtig (Bütler et al 2005). Konkrete Mindestmengen festzulegen erweist sich als schwierig, denn die verschiedenen saproxylischen Arten stellen zum Teil sehr unterschiedliche Ansprüche an ihren spezifischen Lebensraum (Bütler und Schlaepfer 2004). In bewirtschafteten Wäldern wird gemäss dem aktuellen Stand des Wissens eine Totholzmenge von mindestens 20 bis 40 m^3 pro Hektare empfohlen. Anspruchsvolle Totholzarten jedoch benötigen grössere Mengen, um langfristig überleben zu können (Bütler und Lachat 2009). In europäischen Ur- und Naturwäldern beträgt die Totholzmenge ungefähr 20 bis 200 m^3 pro Hektare (Nilsson et al 2002). In Einzelfällen können auch Mengen von über 500 m^3 pro Hektare erreicht werden (Christensen et al 2005).

Die Totholzmenge ist von vielen Faktoren abhängig. Sie wird beeinflusst von den klimatischen Bedingungen (Brändli 2010), der Entwicklungsphase des Waldes (BUWAL und

WSL 2005) sowie der Wüchsigkeit des Standorts und der Zersetzungsgeschwindigkeit des Baumes (Schiegg Pasinelli und Suter 2000). Grosse Mengen an Totholz entstehen bei einer hohen Produktivität und somit hoher Biomasseproduktion eines Waldes (Bütler und Lachat 2009).

3.1.3 Totholzzerfall

Um eine bestimmte Mindestmenge an Totholz auf einer Fläche zu erhalten, muss abgestorbenes Holz konstant bereitgestellt werden. Die Menge und Frequenz der Bereitstellung ist unter anderem abhängig von der Zerfallsdauer eines Baumes. Zum Totholzzerfall liegen jedoch nur wenige Untersuchungen aus Europa vor und die wenigen Werte unterscheiden sich teilweise stark. In Bütler et al (2005) beispielsweise wird die mittlere Zerfalldauer einer Buche je nach Untersuchungsgebiet mit 30 bis 40 Jahren in den Niederlanden (Van Hees 2003), 40 bis 45 Jahren in Ungarn (Ódor und Standovár 2003) und 50 Jahren in Dänemark (Christensen und Vesterdal 2003) angegeben. Meyer et al (2009) berufen sich auf die gleichen Quellen und auf eigene Untersuchungen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Darauf basierend wird ein Abbaumodell berechnet, das mit den empirischen Werten abgeglichen ist. Die maximale Abbaudauer vom dicken Stamm bis zu komplett vermodertem Holz beträgt 43 Jahre für Buche in den klimatischen Verhältnissen rund um Göttingen. Nagel und Meyer (2011) stellen einen Totholzkalkulator zur Verfügung, mit dem die Nachlieferung und der Auf- oder Abbau des Totholzvorrates simuliert werden kann.

Mit der Zerfallsdauer kann über die Gesamtwuchsleistung (GWL) grob abgeschätzt werden, welche Totholzmengen im Verlauf einer Umtriebszeit bereitgestellt werden müssten, um eine Mindestmenge an Totholz zu erhalten. Dies wird beispielhaft für die Buche bei einer Umtriebszeit von 120 Jahren, der Bonität 22 und einem Mindestwert von 10 m^3 Totholz pro Hektare aufgezeigt. Ausgehend von einer mittleren Zerfallsdauer einer Buche von 40 Jahren (mittlerer Wert aus den in Bütler et al 2005 zitierten Untersuchungen, siehe oben) müssten über den Zeitraum von 120 Jahren insgesamt 30 m^3 Totholz liegengelassen werden, das auch nach Jahren den Erfassungskriterien gemäss LFI genügt[2]. Bei einer Zerfallsdauer von 10 bis 30 Jahren beträgt die aufsummierte Totholzmenge 40 bis 120 m^3 pro Hektare. Es handelt sich bei der Zerfallsdauer um eine gutachtliche Schätzung für Buche auf mittelfeuchten Standorten im Mittelland, basierend auf empirischen Beobachtungen. In Tabelle 1 sind die GWL und prozentualen Anteile des Totholzes aufgelistet, gerechnet für zwei unterschiedliche Szenarien und für verschiedene Bonitäten. Es ist ersichtlich, dass sich die notwendigen Mengen je nach Zerfallsdauer und Bonität stark unterscheiden können.

[2] Siehe Kapitel 3.3.1. Laut Erfahrungsbericht eines Experten der Arbeitsgruppe sind die grossen Asthaufen, die nach dem Windwurf durch Lothar im 1999 aufgeschichtet wurden, heute kaum mehr sichtbar und genügen den LFI-Kriterien für Totholz nicht mehr.

Tabelle 1: Prozentualer Anteil der zu bereitstellenden aufsummierten Totholzmengen in Abhängigkeit der Gesamtwuchsleistung (GWL) für Buche bei verschiedenen Bonitäten (EAFV 1983) für eine Zerfallsdauer von 40 (Szenario A) respektive 10 (Szenario B) Jahren und einer Mindestmenge von 10 m^3 Totholz pro Hektare bei einer Umtriebszeit von 120 Jahren (eigene Berechnungen).

Bonität	**Gesamtwuchsleistung (GWL) in m^3/ha**	**Szenario A: Totholz in % der GWL** Basis: Zerfallsdauer 3x 40 J, totale Totholzmenge 30 m^3	**Szenario B: Totholz in % der GWL** Basis: Zerfallsdauer 12x 10 J, totale Totholzmenge 120 m^3
14	478	6	25
16	620	5	19
18	779	4	15
20	953	3	13
22	1'144	3	10
24	1'351	2	9
26	1'575	2	8

3.1.4 Naturwaldreservate, Altholzinseln und Biotopbäume

Naturwaldreservate bilden eine wichtige Grundlage zum Erhalt der von alten Bäumen und Totholz abhängigen Arten. In den Naturwaldreservaten wird die natürliche Walddynamik, in der Bäume absterben und sich zersetzen, zugelassen und gefördert. Die Reservate in der Schweiz liegen aber oftmals zu weit auseinander, um einen ausreichenden Austausch zwischen verschiedenen Populationen zu ermöglichen. Viele gefährdete, saproxylische Organismen sind wenig mobil und können grosse Distanzen nicht überwinden (Bütler et al 2005). Für gewisse Insektenarten sind Abstände von 50 Metern zum nächsten toten Baum eine unüberwindliche Distanz. Sie können nicht überleben, wenn kein geeigneter toter Baum in der unmittelbaren Nähe steht (Bütler 2005). Ergänzend zu den Naturwaldreservaten sind deshalb sogenannte Trittsteine in Form von Altholzinseln und Biotopbäumen (siehe Abbildung 2) sowie in Form von stehendem und liegendem Totholz notwendig, um die Alt- und Totholzstrukturen miteinander zu vernetzen und die saproxylische Artenvielfalt langfristig zu erhalten (Lachat und Bütler 2007).

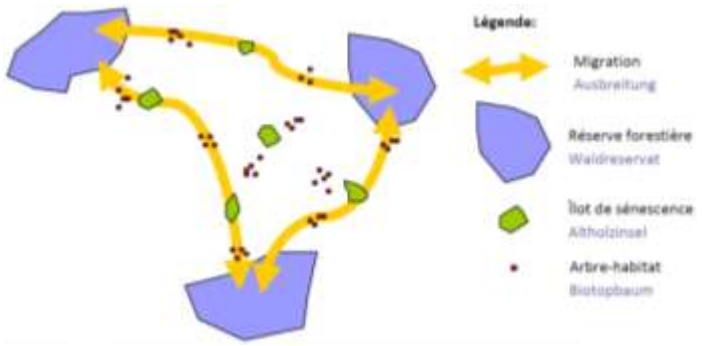

Abbildung 2: Grundkonzept zum Erhalt der saproxylischen Arten in der Schweiz. Mit den drei Konzepten Waldreservate, Altholzinseln und Biotopbäume werden Prozesse auf den Skalen Landschaft, Bestand und Baum ermöglicht (Quelle: Lachat und Bütler 2007:8).

3.1.5 Ökologische Bewertung von Biotopbäumen

Auf der Ebene eines Einzelbaumes besteht ein Modell, welches eine ökologische Bewertung über einen Kriterienkatalog von Strukturmerkmalen erlaubt. Neben der Baumart und dem Brusthöhendurchmesser (BHD) fliessen Strukturen wie Höhlen und Risse in die Bewertung ein. Hierbei handelt es sich um eine gutachtliche Bewertung des ökologischen Potenzials zur Nutzung einer Struktur und nicht um eine Untersuchung des tatsächlichen Vorkommens von bestimmten Arten. Der Kriterienkatalog ist im Mittelland gültig und auf verschiedene Arten aus den Organismengruppen Flechten, Fledermäuse, Insekten, Pilze und Vögel ausgerichtet (Meier 2009; Mordini 2009). Das Modell findet in Brändli et al (2011) zur Analyse von Biotopbäumen anhand von LFI-Daten Verwendung.

Ein weiteres Instrument zur ökologischen Bewertung von Wirtschaftswäldern im Mittelland wurde von Burnard et al (2007) entwickelt. Auf der Ebene von Beständen, Betrieben und Regionen können ökologische Leistungen von Wäldern oder Waldgebieten ausgedrückt durch einen Ökowert vergleichend bewertet werden. Der Ökowert wird über verschiedene Kriterien hergeleitet. Dabei werden unter anderem auch die Kriterien Altholz und Totholz (stehend und liegend) berücksichtigt (Burnard et al 2007).

3.2 Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau GNWB

Die Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau GNWB entsprechen dem im WAP-CH vorgesehenen ökologischen Standard. Das Ziel des Projekts GNWB bestand darin, die minimalen Anforderungen des rechtlich unbestimmten Begriffs „naturnaher Waldbau“ für alle Wälder der Schweiz konkret und transparent zu beschreiben. Die GNWB gemäss Projektbericht stellen jedoch keine Legaldefinition des Begriffs dar. Sie sollen in der Praxis als eine waldbauliche Grundlage dienen, auf die sich eine Waldfachperson bei ihrer Arbeit stützen kann. Mit den im Projektbericht GNWB aufgeführten Indikatoren und Minimalwerten soll ein minimales ökologisches Niveau sichergestellt werden. Generell entsteht aber keine Bewirtschaftungspflicht, auch wenn einzelne Minimalwerte nicht erfüllt werden. Hingegen kann die Gutsprache von Beiträgen der öffentlichen Hand an die Waldbewirtschaftung davon abhängig gemacht werden. Laut WAP-CH werden Leistungen, die im Projektbericht GNWB aufgelistet sind, aber nicht abgegolten (Kaufmann et al 2010).

Der Projektbericht GNWB besteht aus vier Grundsätzen, denen Kriterien, Indikatoren und Minimalwerte zugeordnet sind. Dies soll eine konkrete und nachvollziehbare Umsetzung in der Praxis und eine Kontrolle der erreichten Ziele ermöglichen (Kaufmann et al 2010). Eine tabellarische Übersicht ist in Anhang 3 zu finden.

Im vorliegenden Projekt werden ausschliesslich die Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ behandelt. Sie sind Bestandteile des Grundsatzes 4. Dieser lautet wie folgt: „Bei den waldbaulichen Eingriffen werden die Möglichkeiten zur Erhaltung und Förderung der Vielfalt des Lebensraumes genutzt“ (Kaufmann et al 2010: 16).

Mit Grundsatz 4 soll ein Minimum an Struktur- und Artenvielfalt in allen bewirtschafteten Wäldern sichergestellt werden, damit unter anderem die häufigen Arten auch zukünftig noch häufig sind. Struktur- und Artenvielfalt wird als Voraussetzung für stabile Wälder mit einer

guten Regenerationsfähigkeit[3] und einer hohen Resilienz[4] angesehen. Da aber die gesamte Artenvielfalt schwer erfasst werden kann, wurden „Biotopbäume“ und „Totholz“ als Indikatoren für das Kriterium „Struktur- und Artenvielfalt“ ausgewählt, da diese Elemente mit einer hohen Artenvielfalt verbunden sind. Die Minimalwerte für die Indikatoren wurden so festgelegt, dass die Stabilität und natürliche Regenationsfähigkeit der Wälder gewährleistet ist. Eine gezielte Förderung von seltenen Arten oder anderen Strukturen wie Altholzinseln oder stufige Waldränder ist gemäss dem Projektbericht GNWB nicht vorgesehen (Kaufmann et al 2010). Im Folgenden werden die Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ weiter erläutert.

3.2.1 Indikator „Biotopbäume“

Biotopbäume sind Teil eines intakten Waldökosystems. Mit der Förderung und dem Erhalt eines minimalen Anteils an Biotopbäumen soll die Struktur- und Artenvielfalt in den Schweizer Wäldern sichergestellt werden. Durch eine flächige Ausscheidung von Biotopbäumen kann ein wichtiger Teil des Lebensraums von Arten, die auf die Alters- und Zerfallshase des Waldes spezialisiert sind, erhalten werden (siehe Kapitel 3.1). Mit dem Indikator „Biotopbäume“ soll diesem Umstand Rechnung getragen werden.

Definition

Im Projektbericht GNWB werden Biotopbäume wie folgt definiert:

„Biotopbäume sind lebende Bäume, die aufgrund ihrer Art oder Beschaffenheit eine besondere Bedeutung für Fauna und Flora haben“ (Kaufmann et al 2010:34).

Besondere Beachtung sollen die „klaren Fälle“ von Biotopbäumen finden. Diese sind beispielsweise Spechtbäume mit bestehenden Bruthöhlen, Sitz- und Schlafbäume des Auerwilds, ökonomisch entwertete Bäume, tief beastete Waldrandbäume und ehemalige Weidebäume im Bestandesinnern, dicke Bäume, Horstbäume, markante Bäume mit Schaft- oder Kronenschäden, starken Totästen und Vielstämmigkeit usw. Zudem gelten im Nadelholzgebiet einzeln vorhandene, alte Laubbäume als Biotopbäume (Kaufmann et al 2010).

Minimalwert

Der Minimalwert ist auf **mindestens fünf Biotopbäume pro Hektare** festgelegt. Der Wert soll auch im Niederwaldbetrieb oder in Energieholzbeständen mit kurzer Umtriebszeit eingehalten werden (Kaufmann et al 2010).

Bemerkungen

Die folgenden weiteren Punkte aus der Beschreibung des Indikators sind im Rahmen vorliegender Untersuchung relevant (Kaufmann et al 2010):

[3] „Fähigkeit von Waldbeständen zur Selbsterneuerung, ohne Eingriffe des Menschen und unter Erhalt des Ertragsvermögens des Standortes“ (Kaufmann et al 2010:40).

[4] „Fähigkeit von Waldbeständen, trotz Einwirkungen von aussen die Stabilität des Systems beizubehalten und sich nach Ereignissen z. B. durch natürliche Verjüngung rasch zu erholen. Dies bedeutet, dass der Waldstandort erhalten bleibt und die Klimaxbaumarten sich innerhalb einer Baumgeneration wieder etablieren können“ (Kaufmann et al 2010:40).

- Damit die Biotopbäume ihre Funktion erfüllen können, wird eine regelmässige Verteilung der Bäume empfohlen.

- Der Minimalwert wird in vielen Fällen erst allmählich erreicht werden. Es wird angenommen, dass die Umsetzung durch eine Konzentration auf die „klaren Fälle“ vereinfacht wird. Eine gezielte Fortbildung und Sensibilisierung von Forstpersonen sowie Beratung der Waldeigentümer wird mittelfristig zum Erfolg führen.

- Die Sicherheit wird stark gewichtet und im Projektbericht wird dieser Aspekt wie folgt aufgeführt: „Potenzielle Biotopbäume finden sich oft an Waldrändern oder Waldstrassen /-wegen. Von bewusst stehen gelassenen Biotopbäumen darf keine akute Gefährdung für die Waldbesucher und vor allem auch für die Waldarbeiter ausgehen“ (Kaufmann et al 2010:35).

3.2.2 Indikator „Totholz“

Ein natürliches Waldökosystem ist geprägt von Totholz. Eine grosse Anzahl von Lebewesen im Wald ist direkt oder indirekt von Totholz als Nahrungsquelle und Lebensraum abhängig (siehe Kapitel 3.1). Mit dem Indikator „Totholz“ soll der Erhalt der von Totholz abhängigen Lebewesen sichergestellt werden.

Definition

Als Totholz werden abgestorbene stehende und liegende Bäume oder Baumteile und Asthaufen, die sich im natürlichen Abbauprozess befinden, bezeichnet. Gemäss dem Projektbericht GNWB gelten analog zum LFI als Totholz (Kaufmann et al 2010:36):

- Stehende und liegende tote Bäume ab einem BHD von 12 cm

- Zusätzlich gelten als Totholz Wurzelstöcke sowie kompakte Asthaufen ab einer Mindesthöhe von 30 cm und 3 m^2 Grundfläche

Minimalwert

Der Minimalwert für Totholz beläuft sich auf **mindestens 10 m^3 pro Hektar**. Der Wert soll auch im Niederwaldbetrieb oder in Energieholzbeständen mit kurzer Umtriebszeit eingehalten werden (Kaufmann et al 2010).

Bemerkungen

Die folgenden weiteren Punkte aus der Beschreibung des Indikators sind im Rahmen vorliegender Untersuchung relevant (Kaufmann et al 2010):

- Bezüglich der Qualität des Totholzes bestehen keine Vorgaben. Es wird angenommen, dass in einem naturnah bewirtschafteten Wald mittel- und langfristig Totholz aller Abbaustadien vorhanden sein wird.

- Der Sicherheitsaspekt im Zusammenhang mit Totholz wird stark gewichtet. Im Projektbericht wird dies wie folgt formuliert: „Die Sicherheit hat Vorrang. Von bewusst stehen gelassenem Totholz darf keine akute Gefährdung ausgehen, weder für Waldbesucher noch für die Forstarbeit“ (Kaufmann et al 2010:37).

- In hochmontanen und subalpinen Lagen ist der Indikator „Moderholz“ auf bestimmten Standorten zu berücksichtigen. Unter Moderholz werden „Baumstrünke und/oder

liegende, abgestorbene, im Abbauprozess befindliche Baumstämme verstanden, die mindestens so dick bzw. so hoch sind, dass sie nicht von der Bodenvegetation überwuchert werden“ (Kaufmann et al 2010:24). Vorhandenes Moderholz wird der Totholzmenge des Indikators hinzugerechnet (Kaufmann et al 2010).

- Es ist zu beachten, dass gemäss Brändli (2010) das Totholz im LFI3 anhand verschiedener Indikatoren erfasst und ausgewiesen wird. Der **Totholzvorrat** umfasst alle stehenden und liegenden toten Probebäume ab 12 cm BHD. Beim **Totholzholzvolumen** wird das Volumen der toten Probebäume, deren Baumart nicht mehr bestimmt werden kann, hinzuaddiert. Das Totholzvolumen fällt entsprechend höher aus als der Totholzvorrat. Im LFI3 wurde zudem erstmals das sogenannte **LIS[5]-Totholz** aufgenommen. Dieses umfasst zusätzlich das liegende Totholz ab einem Durchmesser von 7 cm. Wird dieser Indikator in die Mengenbetrachtung mit einbezogen, ergeben sich demnach höhere Totholzwerte (siehe auch Kapitel 3.3.1).

3.2.3 Bemerkungen zur praktischen Umsetzung

Als Messmethode für den Indikator „Totholz" übernimmt der Projektbericht GNWB bewusst jene des Landesforstinventares LFI, damit national vergleichbare Zahlen vorhanden sind. Seitens der Experten der Arbeitsgruppe wurde das Projektteam jedoch darauf aufmerksam gemacht, dass die Kantone teilweise andere Inventursysteme für das Totholz verwenden. Zum Beispiel erfasst der Kanton Waadt auf seinem 100 m x 100 m Stichprobennetz alles Totholz ab 10 cm Durchmesser. In den LFI-Stichproben jedoch werden der Totholzvorrat und das Totholzvolumen ab 12 cm Durchmesser gemessen, das LIS-Totholz ab 7 cm Durchmesser (siehe Kapitel 3.2.2 und 3.3.1). Diese methodischen Unterschiede erschweren eine Überprüfung des Totholzes. Eine Angleichung der Messmethoden wäre somit wünschenswert.

In Bezug auf die konkrete Umsetzung des Indikators „Biotopbäume“ bestehen verschiedene Unklarheiten, die eine praktische Anwendung wie auch eine Abschätzung der forstbetrieblichen Auswirkungen erschweren. Die im Rahmen des Projekts GNWB breit gefasste Definition lässt in ihrer Formulierung viel Interpretationsspielraum offen. Dies ermöglicht den Waldeigentümern einerseits eine Flexibilität in der Anwendung, andererseits entstehen dadurch Unsicherheiten, wie die Anforderungen in der Praxis interpretiert und umgesetzt werden sollen. Offene Fragen bestehen vor allem zur räumlichen Verteilung, der zeitlichen Abgrenzung sowie der tatsächlich erforderlichen Anzahl Biotopbäume. Die Fragen sind in Kapitel 8 detailliert aufgeführt.

3.3 Statische und dynamische Mengenbetrachtungen

Das folgende Kapitel umfasst Angaben zu Totholz und Biotopbäumen im LFI sowie Überlegungen zu verwertbarem Holz.

3.3.1 Totholz im LFI

Die nachfolgenden Ausführungen geben einen Überblick zum Ist-Zustand der Totholzvorräte und Totholzmenge in der Schweiz und im Speziellen dem Mittelland und Jura. Die Daten

[5] LIS = Line-Intersect-Sampling (Brändli 2010).

stammen aus dem LFI3, welches zwischen 2004 und 2006 durchgeführt wurde respektive aus dem LFI2, welches zwischen 1993 und 1995 stattfand. Im LFI wird Totholz anhand verschiedener Indikatoren erfasst.

Mit dem **Totholzvorrat** wird das Schaftvolumen der stehenden und liegenden toten Probebäume ab 12 cm BHD ausgewiesen. Es werden alle Bäume ungeachtet ihrer Verwertbarkeit erfasst, sofern die Baumart bestimmbar ist. Die Resultate der Inventuren LFI2 und LFI3 sind direkt vergleichbar, Daten aus dem LFI1 jedoch nicht. Im LFI1 wurden nur die toten Bäume aufgenommen, welche früher mindestens als Brennholz verwendet worden wären (Brändli 2010).

Der Totholzvorrat entspricht Schweiz weit ungefähr fünf Prozent des Gesamtvorrats. Er beläuft sich auf gesamthaft 18.5 m^3 pro Hektar, wovon etwa 10.8 m^3 pro Hektar als Dürrständer (stehendes Totholz) vorliegen (siehe Tabelle 2). Es ist zu beachten, dass bei der Berechnung des Vorrats von stehendem Totholz im LFI3 die abgebrochenen Kronen- und Schaftstücke mit eingerechnet werden. Bei einer Reduktion um das Volumen der abgebrochenen Stücke beträgt der stehende Totholzvorrat des LFI3 etwa 8.0 m^3 pro Hektar und der liegende Totholzvorrat nimmt entsprechend zu. Im Jura und Mittelland sind mit 9.4 respektive 13.9 m^3 pro Hektar die tiefsten Totholzvorräte vorhanden. Mit 9.1 m^3 pro Hektar weist der westliche Jura den Schweiz weit tiefsten Wert auf (Brändli 2010). Die Daten für alle Schweizer Regionen sind in Anhang 4 ersichtlich.

Tabelle 2: Totholzvorrat in m^3/ha und 1‘000 m^3 gemäss LFI3 im Jura und Mittelland getrennt nach Produktions- und Wirtschaftsregionen für den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald im terrestrischen Netz LFI3 (Speich et al 2010).

	Totholzvorrat in m^3/ha			**Totholzvorrat in 1'000 m^3**		
	stehend	**liegend**	**Total**	**stehend**	**liegend**	**Total**
Wirtschaftsregion						
Jura West	6.2	2.9	**9.1**	956	439	**1'395**
Jura Ost	8.0	2.6	**10.6**	378	124	**502**
Mittelland West	11.5	5.9	**17.4**	568	290	**857**
Mittelland Mitte	7.4	3.2	**10.6**	512	226	**738**
Mittelland Ost	10.0	4.6	**14.6**	1'110	512	**1'621**
Produktionsregion						
Jura	6.6	2.8	**9.4**	1'330	564	**1'894**
Mittelland	9.5	4.4	**13.9**	2'177	1'019	**3'196**
Schweiz*	10.8	7.7	**18.5**	12‘658	9‘007	**21‘664**

* Werte basierend auf Produktionsregionen.

Zudem wurde im LFI3 erstmals das **Totholzvolumen** erfasst. Der Wert setzt sich zusammen aus dem Totholzvorrat und der Menge toter Probebäume, deren Baumart nicht mehr bestimmbar ist. Das Totholzvolumen ist nicht mit den vorgängigen Inventuren vergleichbar. Es dient dem Vergleich mit Sollwerten und internationalen Daten (Brändli 2010).

Mit 21.5 m^3 pro Hektar ist das Totholzvolumen um 16 Prozent höher als der Totholzvorrat. Im Jura und Mittelland beträgt das Totholzvolumen 12.1 respektive 14.9 m^3 pro Hektar (siehe Tabelle 3). Es zeigt sich, dass die tiefsten Werte mit etwa 11 m^3 pro Hektar in den Wirtschaftsregionen Jura West und Mittelland Mitte zu finden sind. Die Daten für alle Schweizer Regionen sind in Anhang 4 ersichtlich.

Tabelle 3: Totholzvolumen in m^3/ha und 1‘000 m^3 gemäss LFI3 im Jura und Mittelland getrennt nach Produktions- und Wirtschaftsregionen für den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald im terrestrischen Netz LFI3 (Speich et al 2010).

	Totholzvolumen in m^3/ha			**Totholzvolumen in 1'000 m^3**		
	stehend	**liegend**	**Total**	**stehend**	**liegend**	**Total**
Wirtschaftsregion						
Jura West	7.9	3.7	11.6	1'221	571	1'791
Jura Ost	9.8	4.0	13.8	462	191	653
Mittelland West	11.8	6.8	18.7	585	337	922
Mittelland Mitte	7.7	3.4	11.0	535	234	769
Mittelland Ost	10.5	5.4	16.0	1'168	602	1'770
Produktionsregion						
Jura	8.3	3.8	12.1	1'678	761	2'439
Mittelland	9.9	5.1	14.9	2'275	1'162	3'437
Schweiz*	12.0	9.5	21.5	14'055	11'126	25'181

* Werte basierend auf Produktionsregionen.

Es ist zu berücksichtigen, dass die im LFI berechneten Totholzmengen auf der Annahme basieren, dass das gesamte Schaftholz der Probebäume im Wald steht oder liegt. Viele Bäume wurden aber möglicherweise teilweise genutzt. Nach gutachtlichen Einschätzungen beträgt die genutzte Menge etwa 10 Prozent. Es wird empfohlen, die Vorrats- und Volumenwerte des LFI beim Totholz für Vergleiche mit der Literatur entsprechend zu reduzieren (Brändli 2010).

Im LFI3 wurde neu das liegende Totholz ab 7 cm Durchmesser ergänzend zu den Aufnahmen an Probebäumen erfasst. Dieses sogenannte **LIS-Totholz** [6] umfasst alle liegenden Stämme, Stammstücke, Äste und anderen Holzteile mit mindestens 7 cm Durchmesser, die nicht bereits als LFI-Probebaum erfasst wurden. Künstlich angelegte oder natürliche Totholzhaufen, bei denen die Einzeldurchmesser nicht erfasst werden konnten, wurden nicht berücksichtigt. Wird das LIS-Totholz mit berechnet, beläuft sich die gesamte stehende und liegende Totholzmenge im Schweizer Wald auf durchschnittlich **32.8 m^3 pro Hektar**. Im LFI3 wurde das LIS-Totholz vorerst nur zur Abschätzung des Kohlenstoffvorrats verwendet. Da es erstmals im LFI3 aufgenommen wurde, sind Vergleiche mit Vorinventuren nicht möglich. Eine Untersuchung aus dem Jura und Mittelland zeigte aber beispielsweise, dass sich das Volumen bei einer Kluppschwelle von 7 cm beim liegenden Totholz um 28 Prozent gegenüber einer Kluppschwelle von 12 cm vergrössert (Brändli 2010).

[6] LIS = Line-Intersect-Sampling (Brändli 2010).

Auch wurden im LFI3 Daten zu **Asthaufen** und **Wurzelstöcken** gesammelt, jedoch qualitativ (als vorhanden oder nicht vorhanden) und nicht quantitativ erfasst. Dabei werden Asthaufen als kompakte, mindestens 30 cm hoch aufgeschichtete Holzansammlungen mit einer Fläche von mindestens 3 m^2 definiert. Nicht als Asthaufen gelten bereitgestelltes Büscheliholz und liegengelassener Schlagabraum. Stöcke werden als vorhanden erfasst, wenn die Probefläche mehr als fünf Baumstöcke mit einem Durchmesser von mindestens 30 cm und einer Minimalhöhe von 20 cm aufweist (Keller 2005). Eine Berechnung der Mengen ist prinzipiell möglich. Dies ist jedoch nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchung.

3.3.2 Biotopbäume im LFI

Biotopbäume werden im LFI noch nicht direkt erfasst. Einige Aspekte, die für Biotopbäume charakteristisch sind, werden aber erhoben, so dass sich Anteil und Entwicklung von Biotopbäumen über LFI-Daten prinzipiell herleiten lassen. Hierzu sind aber gemäss dem Projektbericht GNWB noch Methodentests nötig (Kaufmann et al 2010).

3.3.3 Verwertbares und nicht verwertbares Holz

Grundsätzlich ist es möglich, praktisch alle Baumteile eines Baumes zu verwerten. Beispielsweise wird bei der Vollbaumnutzung die gesamte oberirdische Biomasse genutzt und bei der Ganzbaumnutzung zusätzlich die unterirdische Biomasse sprich Wurzelstock und Hauptwurzeln (Englert 2009). Die Ganzbaumnutzung wird in der Schweiz mit grosser Wahrscheinlichkeit auch in Zukunft nur in sehr beschränktem Masse angewandt. Der massive Eingriff in den Boden hat infolge des Nährstoffentzugs negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit. Vermutlich wird aber die Vollbaumnutzung bei einer steigenden Holznachfrage vermehrt angewendet werden, obschon es ähnliche Vorbehalte bezüglich der Bodenfruchtbarkeit gibt (BAFU 2008).

Derzeit ist das gebräuchlichste Verfahren die Derbholznutzung. Dabei werden die unteren, stärkeren Baumteile und die daran anschliessenden Baumteile genutzt. Die nicht verwertbaren Baumteile verbleiben oft als Waldrestholz im Wald. Dazu zählen beispielsweise Stöcke, Äste, Kronenholz, Rinde, Derbholz, welches nicht verkauft werden kann, und in geringerem Umfang auch Holz aus Durchforstung und Waldpflege in jüngeren Beständen (Englert 2009).

Tabelle 4 zeigt den prozentualen Anteil der Biomasse verschiedener Kompartimente eines Baumes. Ausgehend von der Derbholznutzung (Derbholz und Rinde) kann vom gesamten Baum ungefähr 56 bis 74 Prozent des Holzes verwertet werden. Etwa 54 bis 26 Prozent verbleiben im Wald (Rademacher 2005; Kramer und Krüger 1981). Bei der Voll- und Ganzbaumnutzung ist die anfallende Menge an Waldrestholz deutlich geringer als bei der Derholznutzung. Waldrestholz wird aber praktisch vollständig entfernt, wenn beispielsweise sanitäre Gründe vorliegen wie etwa in von Borkenkäfern oder Pilzkrankheiten befallenen Flächen (Forster et al 1998). Zudem steigt die nicht verwertete Holzmenge beispielsweise in der Folge von Sturmereignissen stark an (Englert 2009).

Tabelle 4: Prozentualer Anteil der Biomasse verschiedener Baumkompartimente aus zwei verschiedenen Literaturquellen.

Baumart	Derbholz	Rinde	Äste	Nadeln/ Blätter	Wurzel/ Stock	Blüten	Quelle
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
Kiefer	56.1	4.6	15.2	2.5	21.6	-	Rademacher 2005*
Fichte	52.7	3.4	11.9	4.7	27.3		
Eiche	65.9	7.9	10.5	0.9	14.8		
Buche	68.4	2.7	10.7	1.2	17.0		
Ohne Angabe	55.8	6.2	14.0	5.4	18.3	0.3	Kramer und Krüger 1981

*Werte basierend auf der durchschnittlichen Biomasseproduktion in t/ha als Mittelwert der Einzelkompartimente in Fichten, Eichen, Buchen aus unterschiedlichen Herkunftsgebieten und bezogen auf eine Umtriebszeit.

Der Rohstoff Holz wird als Folge der Verknappung von nicht erneuerbaren Ressourcen sowie der Förderung der Holznutzung gemäss WAP-CH zukünftig verstärkt an Bedeutung gewinnen (Mollet et al 2005). Eine deutliche Zunahme der genutzten Holzmenge wird auch im Zusammenhang mit dem zunehmenden Einsatz von teil- und vollmechanisierten Holzerntetechnologien erwartet (Englert 2009). Bei einer gesteigerten Nachfrage nach Energieholz und Rationalisierung in der Holzernte und -verarbeitung wird voraussichtlich vermehrt Holz genutzt, das bisher als Waldrestholz im Wald verblieben ist. Vermutlich wird sich dies jedoch im Wesentlichen auf gut erschlossene und ausreichend produktive Standorte – namentlich im Mittelland und Jura – beschränken (Mollet et al 2005).

3.4 Sicherheitsaspekte bei der Waldbewirtschaftung

Bei einer Erhöhung der Anzahl Biotopbäume und der Totholzmengen ist mit einem höheren Gefahrenpotenzial bei der Waldbewirtschaftung zu rechnen. Stehende tote Stämme sowie herabfallende abgestorbene Äste können Forstleute bei ihrer Arbeit im Wald verletzen oder gar erschlagen. Die Gefahren gehen dabei nicht nur vom Fällen von Dürrständern und Bäumen mit toten Ästen aus. Auch das Fällen eines Baumes in der unmittelbaren Nachbarschaft eines Biotopbaumes mit dürren Ästen birgt Risiken. Durch die Erschütterung während des Fällens oder durch Streifen des Biotopbaumes kann Totholz abbrechen. Zudem besteht bei liegendem Totholz die Gefahr des Stolperns und Fallens. Bei Waldarbeiten ist auch das Arbeitsmaterial einem erhöhten Risiko ausgesetzt. Das Belassen von Biotopbäumen und Totholz kann somit mit verschiedenen Erschwernissen in der Bewirtschaftung des Restbestandes verbunden sein.

Gefahren bestehen nicht nur im unmittelbaren Standraum von Biotopbäumen und Totholz. Auch der Sturzraum nach aussen – etwa eine Baumlänge – muss als erweiterter Gefährdungsbereich berücksichtigt werden. Aus Abbildung 3 wird ersichtlich, dass dieser Bereich bei einer Biotopbaumgruppe mit fünf Bäumen pro Hektare ungefähr 50 Prozent der Fläche entspricht. Der Gefahrenbereich reduziert sich, wenn die Biotopbäume nicht auf jeder

Hektare vorhanden sein müssen (Dietz et al 2010). Bei einer regelmässigen Verteilung der einzelnen Bäume über eine Hektare würde sich der Gefahrenbereich noch weiter erhöhen.

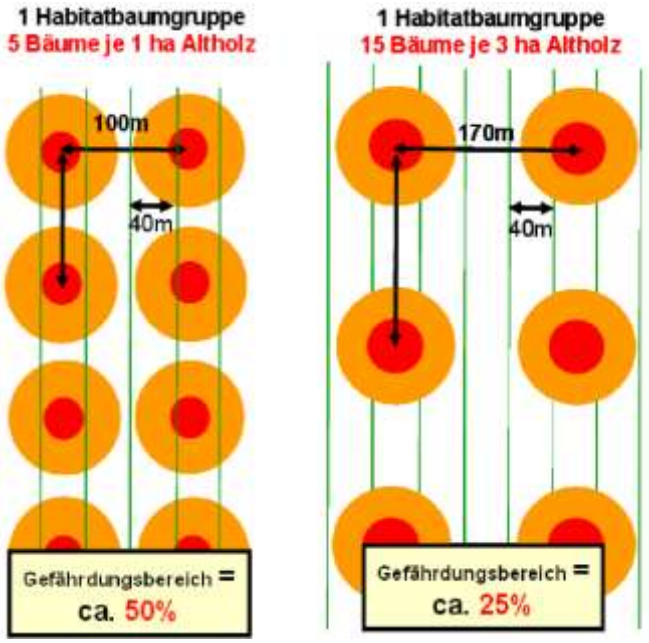

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Gefährdungsbereiche und -flächen von Habitatbaumgruppen (HBG).
Rot: Überschirmungsbereich HBG
Orange: Sturzraum umfallender Bäume
Grün: Rückegassennetz im Abstand von 40 m (Quelle: Dietz et al 2010).

Die Verantwortung zur Gewährleistung der Sicherheit und Umsetzung der entsprechenden Massnahmen liegt derzeit letztendlich beim Arbeitgebenden (Wettmann und Hartmann 2009). Folgende Aspekte können dazu beitragen, die Risiken zu minimieren:

- Die Holzereiarbeiten sollten nicht zusätzlich durch stehendes oder liegendes Totholz erschwert werden. Um den Gefahrenbereich zu verringern, wird empfohlen Biotopbäume und Dürrständer möglichst in Gruppen anstatt in einer regelmässigen Verteilung über die Waldfläche auszuscheiden (Dietz et al 2010; Wettmann und Hartmann 2009; Bütler et al 2006; Bütler et al 2005; Arbeitsgruppe Forst 2004). Zusätzlich sollte das Alt- und Totholz bis zum Zerfall nicht genutzt werden (Bütler et al 2005).

- Soweit es mit den ökologischen Ansprüchen und den örtlichen Gegebenheiten vereinbar ist, sollen bevorzugt schwer zugängliche oder aufwändig zu bewirtschaftende Teile für das Belassen von Habitatbäumen und Dürrständern ausgewählt werden (Meier 2009).

- Sicherheitsaspekte sollten bereits in der längerfristigen waldbaulichen Planung und der Arbeitsplanung berücksichtigt werden. So muss der zeitliche und finanzielle Mehraufwand bei Holzereiarbeiten in Beständen mit vielen Biotopbäumen und Totholz einkalkuliert werden, denn wo der wirtschaftliche Druck gross ist, wird die Wahrnehmung der Gefahren eingeschränkt. Auch sollten die Arbeiten durch gut geschultes und erfahrenes Personal ausgeführt werden (Wettmann und Hartmann 2009; Arbeitsgruppe Forst 2004).

Eine Aufstellung von Gefährdungen und zu ergreifenden Massnahmen bei Forstarbeiten durch das Vorhandensein von stehendem und liegendem Totholz im Bestand ist in Anhang 5 zu finden.

3.5 Haftung bei der Erholungsnutzung

Erholungssuchende im Wald wie Spaziergänger, Jogger, Radfahrer, Reiter oder Pilzsammler können durch herunterfallendes beziehungsweise liegendes Totholz oder umstürzende morsche Bäume zu Schaden kommen. Mit einer flächigen Ausscheidung von Biotopbäumen und Totholz kann sich das Schadensrisiko erhöhen. Für einen Waldeigentümer stellt sich die Frage, inwiefern er für Schäden durch Biotopbäume und Totholz haftbar gemacht werden kann. In diesem Kapitel werden die rechtlichen Rahmenbedingungen bezüglich der Haftung von Waldeigentümern umrissen. Die verwendeten Gesetzestexte sind in Anhang 6 aufgeführt.

Recht auf Zutritt und Zugänglichkeit

Grundsätzlich ist das Betreten des Waldes gemäss Art. 699 Abs. 1 Zivilgesetzbuch (ZGB)[7] allen Personen gestattet. Die Kantone müssen dafür sorgen, dass der Wald der Allgemeinheit auch zugänglich ist (Art. 14 Abs. 1 Waldgesetz, WaG). Obschon Zutritt und Zugänglichkeit gewährleistet sein müssen, betreten Erholungssuchende den Wald grundsätzlich immer auf eigenes Risiko, denn das WaG kennt keine generelle Bewirtschaftungspflicht für die Waldeigentümerschaft[8]. Auch wird durch den Projektbericht GNWB, wie in Kapitel 3.2 erläutert, keine Bewirtschaftungspflicht begründet, wenn einzelne Minimalwerte nicht erfüllt sind (Kaufmann et al 2010).

Trotz des Betretens auf eigene Gefahr durch die Erholungssuchenden kann ein Waldbesitzer in bestimmten Fällen haftbar gemacht werden. Bei einem Schaden sind für die Haftung von Waldeigentümern im Zusammenhang mit der Erholungsnutzung im Wesentlichen die Gesetze der Verschuldenshaftung (Art. 41 Obligationenrecht, OR [9]), der Grundeigentümerhaftung (Art 679 ZGB), der Werkeigentümerhaftung (Art. 58 OR) und der Geschäftsherrenhaftung (Art. 55 OR) sowie das kantonal geltende Recht massgebend.

Verschuldenshaftung

Abseits von Waldstrassen und befestigten Waldwegen kann bei einem Unfall bestenfalls die Verschuldenshaftung (Art. 41 Abs. 1 Obligationenrecht, OR) geltend gemacht werden. Dabei muss dem Waldeigentümer nicht nur eine Bewirtschaftungspflicht, sondern auch ein Verschulden nachgewiesen werden können: der Geschädigte hat zu beweisen, dass in seinem Fall vorsätzlich oder fahrlässig gehandelt wurde. In Wäldern mit Erholungsfunktion darf dabei vom Waldeigentümer eine höhere Sorgfaltspflicht verlangt werden als in abgelegenen Wäldern, weil dort der Publikumsverkehr grösser und die Nutzung intensiver

[7] Zivilgesetzbuch (ZGB) vom 10. Dezember 1907 (SR 210, Stand am 1. Januar 2011).

[8] Einzig die Kantone sind gemäss Gesetz verpflichtet, Wälder mit Schutzfunktion zu bewirtschaften. Ein Verzicht auf die Pflege und Nutzung ist aus ökologischen Gründen generell möglich (Art. 20 Abs. 4 und 5 WaG).

[9] Bundesgesetz vom 30. März 1911 betreffend die Ergänzung des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (Fünfter Teil: Obligationenrecht (OR, SR 220, Stand am 1. Januar 2011).

ist. In Naturwaldreservaten hingegen haftet der Waldeigentümer im Allgemeinen nicht für Unfälle wie etwa durch herabstürzende Äste, da das Bestehenlassen von Totholz der rechtlichen Ordnung entspricht (Brun 1996; Trüeb 1995).

Grundeigentümerhaftung

Die Haftung eines Grundeigentümers gegenüber seinen Nachbarn ist in Art. 679 ZGB geregelt. Die Grundeigentümerhaftung tritt dann ein, wenn durch eine allfällige Bewirtschaftung (z.B. durch Fällen von Bäumen) Schäden auf dem Nachbargrundstück entstehen. Dabei gilt nicht nur ein unmittelbarer Anstösser als Nachbar, sondern jeder, der von einer bestimmten Einwirkung betroffen ist (Helbling 2009). So kann eine Grundeigentümerhaftung im Wald beispielsweise dann entstehen, wenn von Bäumen, die durch die Holzernte beschädigt sind, eine Gefahr für Gebäude, Wege oder Strassen eines Nachbarn ausgeht. Die Grundeigentümerhaftung ist im Wald eine seltene Haftungsart. Dennoch ist es für einen Waldeigentümer wichtig, sich der Gefahren, die von seinem Grundstück ausgehen können, bewusst zu sein, und darauf zu achten, dass durch die Bewirtschaftung keine gefährlichen oder schädigenden Situationen entstehen (Helbling 2010).

Werkeigentümerhaftung

Anders sieht es zum Beispiel auf Waldstrassen aus. Eigentümer von Werken haben gemäss Werkeigentümerhaftung (Art. 58 Abs. 1 OR) den Schaden zu ersetzen, der durch fehlerhafte Bauten und Anlagen im Wald oder durch deren mangelhaften Unterhalt verursacht wird. Als Werke werden „stabile, mit der Erde direkt oder indirekt verbundene, künstlich hergestellte oder angeordnete Gegenstände“ verstanden (Honsell et al 1996). Im Wald sind dies Waldstrassen, befestigte Waldwege (jedoch keine unbefestigten Trampelpfade) sowie übrige Anlagen wie beispielsweise Sitzbänke, Feuerstellen und Waldhütten (Brun 1996; Trüeb 1995). Im Fall von stark befahrenen Strassen durch den Wald gehören zum Unterhalt, falls die Verkehrssicherungspflicht auf den Waldeigentümer übertragen wurde, sowohl das „Freihalten des notwendigen Luftraums oberhalb der Strasse als auch die Beseitigung von Gefahrenpotenzial neben der Strasse (z.B. morsche Bäume)“ (Leuch 2007).

Ob der Unterhalt einer Strasse als mangelhaft bezeichnet werden kann, ist in jedem Einzelfall zu prüfen. Eine grosse Rolle spielt hierbei die Zumutbarkeit, das heisst „ob der für eine Strasse Verantwortliche nach den zeitlichen, technischen und finanziellen Gegebenheiten in der Lage war, seine Aufgabe zu erfüllen“ (Honsell et al 1996). Gemäss Brun (1996) dürfte das Zumutbare bereits erfüllt sein, wenn der Waldeigentümer beispielsweise „bei der Räumung der Waldstrassen nach einem Sturmwind seine knappen Mittel (Personal, Maschinen) unverzüglich so einsetzt, dass er zuerst jene Wege instand stellt, die erfahrungsgemäss am meisten benützt werden“.

Geschäftsherrenhaftung

Neben der Werkeigentümerhaftung gemäss Art. 58 OR gibt es noch die Geschäftsherrenhaftung gemäss Art. 55 OR. Danach kann ein Geschäftsherr für das geschäftliche Handeln seiner Arbeitnehmer oder Hilfspersonen haften.

Kantonales Recht

Zusätzlich kann gegebenenfalls auch kantonales Waldrecht bzw. Staatshaftungsrecht zur Anwendung kommen. In diesem Bericht wird nicht weiter darauf eingegangen.

Darüber hinaus ist bei einer Haftungsfrage das Verhalten der geschädigten Person relevant. Bei der Nichtbeachtung von warnenden Hinweisen oder einem Spaziergang bei starkem Wind kann der Person ein Selbstverschulden angerechnet werden (Brun 1996; Trüeb 1995).

3.6 Fazit

- Alte Bäume, Bäume mit Strukturen wie Höhlen und Risse sowie Totholz sind Schlüsselelemente für die Biodiversität im Wald. **Biotopbäume und Totholz** ausserhalb von Naturwaldreservaten und Altholzinseln sind dabei wichtige Elemente zum langfristigen Erhalt von saproxylischen Organismen.

- Dokumentierte Werte zur **Lebenserwartung** von Bäumen zeigen, dass in Wirtschaftswäldern in der Regel ein geringeres Baumalter erreicht wird. Zur **Zerfallsdauer** von abgestorbenen Bäumen bestehen lediglich wenige Untersuchungen. Durch grosse Spannweiten in Schätzungen der Lebensdauer respektive geringe Datenmengen zum Totholzzerfall ist es schwierig abzuschätzen, wie lange ein potenzieller Biotopbaum im Bestand verbleibt bis er abstirbt und zu stehendem bzw. liegendem Totholz wird und ein abgestorbener Baum vollständig zersetzt ist.

- Laut **Projektbericht GNWB** sollen mindestens 5 Biotopbäume und 10 m^3 Totholz pro Hektare erhalten werden. Als Empfehlung für die konkrete Umsetzung dieser Vorgaben in der Praxis wurde bewusst ein gewisser Interpretationsspielraum zugelassen. Hingegen bestehen so verschiedene Unsicherheiten.

- Im Laufe der Zeit variierte die Bewirtschaftungsintensität in den Schweizer Wäldern stark. Während lange Zeit intensiv genutzt und dem Wald viel Totholz entnommen wurde, blieb in den letzten Jahrzehnten immer mehr Holz ungenutzt. Seit Mitte der 1990er Jahre nimmt das Totholz stetig zu. Gesamtschweizerisch **stieg der durchschnittliche Totholzvorrat** auf den gemeinsamen Probeflächen des LFI2 und LFI3 von 10.3 auf 18.5 m^3 pro Hektar um 80 Prozent an. Überdurchschnittlich waren die Zunahmen beim liegenden Totholz, was insbesondere als Folge des Extremereignisses Lothar im Jahr 1999 angesehen werden kann (Brändli 2010).

- Im Projektbericht GNWB werden zur **Quantifizierung des Indikators „Totholz“** alle stehenden und liegenden toten Bäume ab einem BHD von 12 cm eingerechnet. Diese Menge entspricht dem Totholzvorrat gemäss LFI3. Regional ist das Totholz ungleich verteilt. In den Alpen und Voralpen beläuft sich der Totholzvorrat auf etwa 20 bis 40 m^3 Totholz pro Hektare. Die tiefsten Totholzvorräte finden sich im Jura und Mittelland mit durchschnittlich 9 bis 14 m^3 Totholz pro Hektare. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass Totholz in tiefen Lagen in der Regel schneller abgebaut wird und die Wälder stärker genutzt werden, da sie meist gut zugänglich sind (Brändli 2010).

- Die LFI3-Daten zeigen, dass der im Projektbericht GNWB formulierte Minimalwert von mindestens **10 m^3 Totholz pro Hektare basierend auf dem Totholzvorrat in allen Wirtschaftsregionen ausser im Jura West derzeit erreicht wird**. In den Regionen Jura Ost und Mittelland Mitte liegen die Totholzvorräte mit 10.6 m^3 pro

Hektare knapp über dem Minimalwert. Bezieht sich die Analyse auf das Totholzvolumen oder das LIS-Totholz sind sogar noch höhere Totholzmengen vorhanden.

- In die Berechnung des Minimalwerts des Indikators „Totholz“ gemäss Projektbericht GNWB werden zusätzlich **Asthaufen** und **Wurzelstöcke** mit einbezogen [10] . Asthaufen wurden laut Projektbericht als kompakte, mindestens 30 cm hoch aufgeschichtete Holzansammlungen mit einer Fläche von mindestens 3 m^2 definiert, was der Definition gemäss LFI3 entspricht (Keller 2005). Es ist offensichtlich, dass vorhandene Asthaufen und Wurzelstöcke mit einer Erhöhung der Totholzmenge auf einer Fläche verbunden sind. Beim Vergleich mit dem Minimalwert ist dies zu berücksichtigen. Ob es überhaupt sinnvoll ist, grosse Asthaufen aufzuschichten, ist unter Experten umstritten: Einerseits sind die Asthaufen willkommene Habitate für spezialisierte Insekten, Kleinsäuger und Vogelarten. Andererseits wird dem Waldboden grossflächig der Nährstoff entzogen und auf wenige Punkte konzentriert. Der Versauerung des Waldbodens wird mit diesem Vorgehen Vorschub geleistet (Braun und Flückiger 2009). Auf kritischen Bodentypen empfiehlt sich ein flächiges Belassen des Schlagabraumes (Lemm et al 2010).

- Es ist zu beachten, dass die **regionalen Mittelwerte keine ausreichende Auskunft über die genaue Verteilung des Totholzes** geben. Daten aus dem LFI2 zeigten beispielsweise, dass im Mittelland auf 84 Prozent und im Jura auf 76 Prozent der Probeflächen kein Totholz (BHD > 12 cm) vorhanden war (Bütler et al 2005). Vermutlich konzentriert sich das Totholz aktuell mehrheitlich auf von Lothar betroffene Gebiete (Brändli 2010).

- Es gilt zudem zu berücksichtigen, dass die Definitionen von Totholzvorrat und Totholzvolumen unterschiedlich angewendet werden. Im internationalen Vergleich ist beispielsweise schwer einsehbar, warum in der Schweiz oft der tiefere Wert kommuniziert wird. Auch erschweren die teilweise unterschiedlichen Inventurmethoden auf kantonaler und nationaler Ebene eine Überprüfung der tatsächlich vorhandenen Totholzmengen. Es ist zu empfehlen, dass sich die forstlichen Akteure auf eine **einheitliche Bemessungsmethode** für die Bestimmung des Totholzes einigen. Die Waldbesitzer sollten nicht die Leidtragenden für derartige Unstimmigkeiten sein.

- Derzeit werden **Biotopbäume im LFI** noch nicht ausgewiesen.

- Die Menge des **effektiv verwerteten Holzanteils** respektive des Waldrestholzes ist stark abhängig von den wirtschaftlichen, aber auch der technischen, standörtlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen. Aktuell wird aus ökonomischen Gründen vielfach auf die Nutzung von stehendem und liegendem Totholz verzichtet, da der Holzerlös in vielen Fällen unter den Kosten der Nutzung liegt (BAFU 2008).

- Die **erwartete Steigerung in der Holznutzung** beim Energieholz wird voraussichtlich dazu führen, dass insbesondere auf produktiven und gut erschlossenen Standorten im Mittelland und Jura, wo aktuell im Schweiz weiten Vergleich wenig Biotopbäume und tiefe Totholzvorräte bestehen, vermehrt Waldrestholz genutzt wird. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass unter günstigeren wirtschaftlichen und technischen Voraussetzungen Biotopbäume und Totholz im selben Umfang vorhanden sind.

[10] Die Mengen aus dem Indikator „Moderholz“ werden im Rahmen dieses Projekts nicht betrachtet, müssten aber dem vorhandenen Totholz hinzugerechnet werden.

- Die Klimaänderung führt möglicherweise zu einer erhöhten Frequenz von Schadenereignissen grösseren Ausmasses in den Waldökosystemen. In der Folge könnte wieder schubweise Totholz anfallen, das zu nutzen sich nicht lohnt.

- Mit einer Erhöhung der Anzahl Biotopbäume und der Totholzmenge steigt auch das **Risiko von Unfällen bei Waldarbeiten** an. Unter Beachtung verschiedener Sicherheitsaspekte können diese Risiken verringert werden. Ein wichtiger Faktor stellt dabei die Verteilung der Bäume dar. Durch eine gruppenweise Ausscheidung kann sich der Gefährdungsbereich gegenüber einer Verteilung über die Fläche stark verkleinern.

- Waldbesitzer müssen heute damit rechnen, dass bei einem Unfall im Wald durch umstürzende Bäume oder herabfallende Äste häufiger als früher versucht wird, **haftungsrechtliche Ansprüche** geltend zu machen. Dies ist einerseits eine Folge des verstärkten Nutzungsdruckes durch Erholungssuchende auf den Wald und andererseits die Tendenz zur „Amerikanisierung" des schweizerischen Haftpflichtrechts, für jede Art von Unfall eine haftpflichtige Person zu suchen (Brun 1996). Bezüglich der Verschuldenshaftung dürfte es relativ schwierig sein, einen haftungsrechtlichen Anspruch geltend zu machen. Dem Waldbesitzer muss Vorsätzlichkeit, Grobfahrlässigkeit oder einfache Fahrlässigkeit nachgewiesen werden, was in vielen Fällen schwierig zu beweisen ist. Anders sieht es in Bezug auf die Werkeigentümerhaftung aus, da der Unterhalt von Werken sehr schnell als mangelhaft bezeichnet werden kann. Allerdings können als haftungsmindernde Umstände unter anderem grobe Selbstverschuldung geltend gemacht werden, etwa wenn Warnschilder missachtet wurden (Brun 1996; Trüeb 1995). In einem Gerichtsfall können zudem noch die Grundeigentümer- und Geschäftsherrenhaftung zum Zuge kommen.

- Aufgrund der rechtlichen Situation ist eine **allgemeingültige und abschliessende Beurteilung zur Haftung eines Waldbesitzers nicht möglich**. Jeder Haftpflichtfall ist ein Einzelfall mit einem schwer vorhersehbaren Entscheid. Eine Erhöhung der Anzahl Biotopbäume und der Totholzmenge kann zu einer Verschärfung der Situation führen. Die Frage, wer in welchem Fall welchen Anteil der Kosten übernehmen muss, führt zu grossen Unsicherheiten bei Waldbesitzern. Eine mögliche Alternative bietet der Abschluss einer noch nicht abgeklärten Betriebshaftpflichtversicherung, welche jedoch die betrieblichen Fixkosten erhöhen würde.

4 Forstbetriebliche Auswirkungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der Literaturrecherche und dem Input-Workshop zu Mindererträgen und Mehraufwänden, die durch Biotopbäume und Totholz entstehen können, dargestellt.

4.1 Generelle Einflussfaktoren

Die forstbetrieblichen Auswirkungen von Biotopbäumen und Totholz hängen von einer Vielzahl an Faktoren ab. Eine allgemeine, umfassende Beurteilung ist deshalb komplex. Insbesondere die langen Zeiträume in der Holzproduktion haben grossen Einfluss auf Abschätzungen der Auswirkungen. So bestehen beispielsweise Unsicherheiten zur zukünftigen Nachfrage. Unsicher sind somit auch die künftigen Preise und Erträge sowie Aufwände und Kosten. Auch die abiotischen und biotischen Risiken spielen eine wichtige Rolle und sie sind oft nicht vorhersehbar. Meistens liegen grosse Unterschiede in den konkreten betrieblichen Rahmenbedingungen und natürlichen Standortsverhältnissen vor. So hängen die forstbetrieblichen Auswirkungen auch von Faktoren wie Baumartenverteilung, natürliche Wuchsverhältnisse, Bestandesalter, Bedingungen der Holzernte und Bringung sowie der Wichtigkeit eines Waldes für die Erholungsnutzung ab (Oesten und Roeder 2008; Küpker et al 2005; Von Petz 2005; Thoroe et al 2003).

Der Verzicht auf die Nutzung eines Baumes im Wirtschaftswald ist in der Regel mit einer unmittelbaren Minderung des Ertrages für die Waldeigentümer verbunden. Und zwar in zweifacher Hinsicht:

1. Der gegenwärtige Wert bei (hiebsreifen) Bäumen wird nicht realisiert.

2. Der Baum beansprucht eine Fläche, die für einen zukünftigen Wertträger genutzt werden könnte.

Die finanziellen Auswirkungen hängen massgeblich von der Auswahl der einzelnen Bäume, aber auch vom betrachteten Zeitraum der Bewertung ab. Bei einem unbefristeten Nutzungsverzicht verbleiben die Totholzanwärter und das Totholz in der Regel noch viele Jahrzehnte im Bestand. Bei einem zeitlich befristeten Verzicht auf die Nutzung nimmt der Waldeigentümer in der Regel unmittelbar eine Ertragseinbusse in Kauf. Dies trifft insbesondere in jenen Fällen zu, in denen allenfalls auch Bäume einer hohen Qualität im hiebsreifen Zustand und auf Standorten mit einer hohen Produktivität belassen werden[11]. Mittelfristig können zusätzliche Aspekte zu Mindererträgen führen. Je länger ein Baum erhalten wird, desto grösser ist das Ausfallrisiko bedingt durch äussere Einwirkungen wie beispielsweise Sturmereignisse. Zudem erhöht sich die Gefahr von altersbedingten Holzentwertungen (zum Beispiel Rotkern bei der Buche) und der Verkauf von Stämmen mit grossen Durchmessern kann aufgrund der Verarbeitungsmöglichkeiten in Sägereien erschwert sein (Winkel und Volz 2003).

[11] Im Projektbericht GNWB wird davon ausgegangen, dass im Normalfall ökonomisch entwertete Bäume für diesen Zweck verwendet werden. Die bisher vorliegenden Fallstudien und Erfahrungen der Praktiker zeigen jedoch teilweise eine gegenteilige Tendenz, speziell bei dicken Eichen.

4.2 Mindererträge

Mindererträge können in den Bereichen Holznutzungsentgang und Verlust an Produktionsfläche entstehen. Die beiden Faktoren werden im Folgenden betrachtet.

4.2.1 Holznutzungsentgang

Bei einer Abschätzung des Holznutzungsentgangs sind vor allem Faktoren wie die wirtschaftlichen und standörtlichen Rahmenbedingungen, der betrachtete Zeitraum sowie die Auswahl der Biotopbäume (Alter und Baumart) relevant.

In einer Untersuchung aus Deutschland wurde der Nutzungsverzicht von Biotopbäumen, die nach der Endnutzung im Bestand verbleiben und der natürlichen Zersetzung überlassen werden, bewertet. Die Berechnungen der Nutzungsverzichte erfolgten auf der Basis einer mittleren Ertragsklasse anhand der Erlöse und Kosten aus dem Forstwirtschaftsjahr 2002 (Küpker et al 2005). Es wurde angenommen, dass als Biotopbäume in der Regel Bäume mit geringer Holzqualität ausgewählt werden und mit der Auswahl erst zu Beginn der Endnutzung begonnen wird. Bestände jüngeren und mittleren Alters wurden nicht einbezogen. Die Ergebnisse zeigten, dass der Nutzungsverzicht ausgedrückt als kalkulatorischer erntekostenfreier Holzerlös bei durchschnittlichen Sortenverhältnissen höher ausfiel als bei einer Auswahl von Bäumen mit geringerem Wert. Es zeigte sich aber auch eine Abhängigkeit der Höhe des Nutzungsverzichts vom Bestandesalter und der Baumart. Ein höheres Bestandesalter beispielsweise führte zu höheren Nutzungsverzichten (Küpker et al 2005).

Auch Flade et al (2003) untersuchten anhand von verschiedenen Szenarien betriebswirtschaftliche Konsequenzen des Erhalts von Biotopbäumen in Nordostdeutschland. Dabei wurden Varianten des Belassens von 1 bis 15 Totholzanwärtern pro Hektare mit einem Mindestdurchmesser von 40 cm über den Deckungsbeitrag zum Untersuchungszeitpunkt errechnet. In die Berechnungen wurden verschiedene Bewirtschaftungsvorgaben, der Standort und die Wuchsbedingungen sowie Schadens- und Qualitätsmerkmale der Bäume einbezogen. Die Untersuchung zeigte, dass sich die Beträge je nach Auswahlkriterien der Biotopbäume stark unterschieden. Bei einer Auswahl der Bäume beispielsweise, die vorrangig bei dicken und sekundär bei qualitativ schlechteren Bäumen begann, entstanden beim Belassen einzelner oder weniger Bäume bereits Verluste im Deckungsbeitrag. Wurden in erster Linie die für die Holznutzung geringwertigsten Bäume ausgewählt, also vorrangig vom schlechten und dann vom dicken Ende beginnend, entstanden beim Belassen von vier Bäumen pro Hektare keine Deckungsbeitragsverluste, sondern Kosteneinsparungen, da die Bäume nicht aufgearbeitet werden mussten. Daraus wurde geschlossen, dass bei einer Auswahl von unverwertbaren Bäumen oder Bäumen mit schlechter Qualität praktisch in jedem Buchen-Wirtschaftswald im norddeutschen Tiefland durchschnittlich vier bis fünf Bäume über 40 cm BHD vorkommen, die kostenneutral bis kostensparend als Biotopbäume bis zum natürlichen Lebensende erhalten werden können.

Bei Höbarth und Landschützer (2002) wurde der Nutzungsverzicht von lebenden und toten Einzelbäumen wie Horst- und Spechtbäumen im Rahmen des Vertragsnaturschutzes im Zusammenhang mit Natura2000-Gebieten bewertet. Darauf basierend wurden Abgeltungen für Waldbesitzer berechnet. Sie schlagen vor, die Abgeltungen je nach Baumzustand

abgestuft festzulegen. Dabei sollte ein gesunder Baum, der beispielsweise als Horstbaum fungiert, höher bewertet werden als ein ökonomisch entwerteter Baum. Bäume mit aussergewöhnlich hohen ökonomischen Werten sollten zudem gesondert abgegolten werden.

Eine Untersuchung von Mordini (2009) auf zwei ehemaligen Mittelwaldflächen im Kanton Thurgau zeigte, dass insbesondere die alten Mittelwaldeichen gleichzeitig ökologisch und ökonomisch sehr wertvoll sein können. Den höchsten ökonomischen Wert (erntekostenfreier Erlös) von über 9‘200 CHF erzielte eine Stieleiche, die aber zugleich den zweithöchsten ökologischen Wert auf der Fläche aufwies. Bei der Auswahl von Biotopbäumen können demnach grosse Konflikte zwischen einem Nutzungsverzicht unter Berücksichtigung eines hohen ökologischen Wertes und der Nutzung des Baumes aus ökonomischen Gründen auftreten.

Möhring et al (2010) schlagen zudem vor, bei einem zeitlich befristeten Nutzungsverzicht das Risiko von Holzentwertungen und Absterberisiken, die bei einer Verschiebung der Nutzung auf einen späteren Zeitpunkt bestehen können, in eine Bewertung einzubeziehen.

4.2.2 Produktionsfläche

Durch das Belassen von Biotopbäumen und Totholz wird über einen befristeten oder unbefristeten Zeitraum hinweg eine bestimmte Produktionsfläche in Anspruch genommen, auf der keine oder lediglich eine beschränkte Holzproduktion möglich ist. Insbesondere bei einer mittel- und langfristigen Betrachtung respektive bei Bäumen und Beständen im hiebsreifen Zustand können dadurch Mindererträge für einen Forstbetrieb entstehen. Auf der besetzen Produktionsfläche wird die alternative Nutzung mit einer Folgebestockung verhindert, was zu einem Ertragsverlust führt (Möhring et al 2010).

Eine Abschätzung des Minderertrags kann beispielsweise über den Bodenverkehrswert erfolgen. Der Preisrahmen bewegt sich gemäss den Richtlinien zur Schätzung von Waldwerten in einem Bereich von 0.15 bis 2.00 CHF pro m^2 Waldboden. Der Mindestwert von 0.15 CHF pro m^2 ist als Bodenwertgarantie für schwachproduktive Standorte, auf welchen die forstliche Bewirtschaftung bei durchschnittlichen Verhältnissen nicht kostendeckend möglich ist, zu verstehen. Für sehr produktive Standorte sowie günstige Holzernteverhältnisse und Verkehrslagen beträgt der Wert 2.00 CHF pro m^2 Waldboden. Dieser Wert kann anhand von standörtlichen Bedingungen respektive über die Ertragsfähigkeit des Bodens weiter abgestuft werden. Tabelle 5 zeigt die Wertebereiche für fünf Ertragsklassen. Zusätzlich können weitere Einflussfaktoren zur Differenzierung des Wertes einbezogen werden (Iseli et al 1999). Im Privatwald beispielsweise könnten höhere Preise veranschlagt werden.

Tabelle 5: Wertebereich Bodenverkehrswert in CHF pro m^2 bei fünf Ertragsklassen (Iseli et al 1999).

Ertragsklasse	I	II	III	IV	V
Wertebereich in CHF pro m^2	1.60 – 2.00	1.20 – 1.60	0.80 – 1.20	0.40 – 0.80	0.15 – 0.40*

*Der Bodenwert beträgt mindestens 0.15 CHF pro m^2.

Die in Anspruch genommene Fläche kann über die Abschätzung des Standraumes eines Baumes erfolgen. Dieser korreliert in der Regel baumartenspezifisch stark mit dem BHD (Möhring et al 2010). Die Kronengrösse ist aber auch abhängig von den Standortsbedingungen und dem Zustand des Baumes. Ein absterbender Baum oder stehendes Totholz weisen meist kleinere Kronen auf. Überhälter aus ehemaligen Mittelwäldern, die sich als Biotopbäume ausgezeichnet eignen, hingegen können sehr grosse Kronen haben. Über Mittelwerte zu Stammzahlen der Zukunftsbäume (Z-Bäume) kann vereinfacht abgeschätzt werden, welche Fläche in etwa durchschnittlich durch Biotopbäume besetzt wird (siehe Tabelle 6). Es zeigt sich, dass die durchschnittliche Standfläche von fünf Biotopbäumen basierend auf der Anzahl Zukunftsbäume 2 bis 8 Prozent einer Hektare einnehmen kann.

Tabelle 6: Schätzung zur Standfläche pro Zukunftsbaum (Z-Baum) und pro 5 Biotopbäume (BB) sowie beanspruchten Flächen von 5 BB in Prozent einer Hektare (eigene Berechnungen). Die Zahlen basieren auf folgenden Werten: *Mittelwerte für die Anzahl Z-Bäume verschiedener Baumarten (Klädkte und Abetz 2004); +Anzahl Z-Bäume für verschiedene Werthölzer basierend auf einer Produktionszeit von 100 Jahren (Hein 2007).

	N/ha [Stück]	**Standfläche/ Z-Baum [m²]**	**Standfläche/ 5 BB [m²]**	**Beanspruchte Fläche von 5 BB [%]**
Fichte, Tanne*	250	40	200	2
Erle*	150	67	333	3
Douglasie, Kiefer*	120	83	417	4
Europäische Lärche*	100	100	500	5
Buche, Eiche, Esche, Pappel*	80	125	625	6
Eiche, Esche, Bergahorn+	70	143	714	7
Buche+	65	154	769	8

Ein dauerhafter Nutzungsverzicht entspricht wirtschaftlich einem Waldverkauf (Von Bethmann 2008). Unter der Annahme, dass ein Biotopbaum durchschnittlich ungefähr eine Fläche von 100 m^2 beansprucht, verringert sich die Produktionsfläche bei 5 Biotopbäumen um 500 m^2. Dies entspricht 5 Prozent einer Hektare. Bei einem geschätzten Bodenwert von 2.00 CHF/m^2 würde sich eine Mindestabgeltung auf 1‘000 CHF pro Hektare belaufen.

4.3 Mehraufwände

Im Folgenden werden Faktoren, die zu Mehraufwänden führen können, beschrieben.

4.3.1 Erschwernisse in der Waldbewirtschaftung

Waldbauliche Eingriffe können durch Biotopbäume und Totholz erschwert sein. Das Ausmass der Erschwernisse hängt massgeblich von den vorherrschenden Bedingungen und der Auswahl der Bäume respektive deren Anzahl und Verteilung ab.

Basierend auf der Aufstellung von Gefährdungen und zu ergreifenden Massnahmen im Zusammenhang mit der Waldbewirtschaftung (siehe Kapitel 3.4 und Anhang 5) lassen sich verschiedene Erschwernisse ableiten, die für einen Forstbetrieb einen Mehraufwand zum Beispiel in Form von Arbeitszeit oder Anschaffung und Betrieb spezieller Geräte und Maschinen generieren respektive einen Minderertrag darstellen. Diese werden im Folgenden beschrieben[12].

- Vorbereitung: Vor einem Eingriff muss der Holzschlag durch Vorgesetzte und ausführende Mitarbeitenden besichtigt und klar geplant werden.

- Holzhauerei: Im direkten Umfeld von Biotopbäumen und insbesondere beim Totholz besteht bei Forstarbeiten stets ein besonders hohes Sicherheitsrisiko. Im Abstand von mindestens einer Baumlänge zu Biotopbäumen und zu Totholz sollte das Fällen von Bäumen vermieden werden. Ist dies nicht möglich, müssen Dürrständer vorgängig entfernt werden. Die Beurteilung der Gefahren durch tote Äste im umgebenden Bestand ist für den ausführenden Forstwart besonders heikel. Zusätzlich sollte nicht in Richtung von stehendem Totholz gefällt werden, wodurch die Fällrichtung vorgegeben ist. Eine vorgegebene Fällrichtung beispielsweise kann zu grossen Mehraufwänden führen. In Waldwirtschaftsverband St. Gallen und Lichtenstein (2006) werden die Kosten hierfür am Beispiel der SBB mit 25 CHF/m^3 Holz entlang von Bahntrassen angegeben.

- Holzrückearbeiten: Liegendes Totholz kann die Arbeiten im Bestand erschweren. Der Arbeitsbereich und die Rückegassen müssen von liegendem Totholz befreit werden (ausgenommen beispielsweise die Astteppiche bei Vollerntereinsätzen). Bei einem besonders hohen Sicherheitsrisiko durch angrenzende Biotopbäume und stehendes Totholz muss gegebenenfalls die Rückgasse verlegt werden.

- Arbeitsmittel und -technik: Im Umgang mit Biotopbäumen und Totholz ist die Verwendung von geeigneten Arbeitsmitteln bedeutend. So können beispielsweise beim Fällen eines Dürrständers durch die Erschütterungen abgestorbene Baumteile herunterfallen. Beste Sicherheit für die Mitarbeitenden gegen herabfallende Äste bietet die vollmechanisierte Holzernte. Beim Rücken mit Helikoptern ist zu beachten, dass durch den Rotorabwind ein Risiko von Totholzabbrüchen besteht. Bei einer zu hohen Gefährdung müsste im Extremfall auf die Holzernte im Bestand verzichtet werden. Um Gefährdungen weiter zu minimieren, muss die Kommunikation im Team gewährleistet sein. Dazu können Anschaffungen wie beispielsweise ein Helmfunksystem notwendig sein. Es ist zu beachten, dass auch die Arbeitsgeräte einem erhöhten Schadenrisiko ausgesetzt sind.

Im Input-Workshop wurde geschätzt, dass der Aufwand für den Arbeits- und Maschineneinsatz bis zu 200 Prozent höher sein könnte als im Normalfall. Aus der Literatur konnten diesbezüglich keine Referenzwerte entnommen werden.

4.3.2 Bereitstellung von Asthaufen, Biotopbäumen und Totholz

Das gezielte Bereitstellen von Asthaufen ist meist mit einem Mehraufwand für den Forstbetrieb verbunden. In der Regel werden diese Arbeiten manuell verrichtet, denn eine maschinelle Ausführung kann sich nachteilig auf die Böden auswirken. Das Aufschichten von

[12] Die Schulung von Forstpersonen im Zusammenhang mit Sicherheitsaspekten ist in Kapitel 4.3.5 beschrieben.

Hand ist sehr arbeitsintensiv und führt zu einem hohen Aufwand, insbesondere wenn die Arbeiten durch das Forstpersonal ausgeführt werden. Mittels teilmechanisierter Schlagräumung (z.B. Schreitbagger mit Zange) sind keine weiteren massgebenden Kostensenkungen zu erwarten. Die Einbindung von Vereinen, Zivildienstleistenden oder Personen aus Arbeitslosenprogrammen kann den finanziellen Aufwand verringern. Allerdings entstehen bei solchen „kostenlosen" Einsätzen nicht zu unterschätzende Aufwände für die Organisation, Instruktion und Betreuung durch das Forstpersonal.

Andererseits ist aber zu beachten, dass eine vollständige Schlagräumung mit einem Mehraufwand verbunden sein kann, welcher durch das Belassen von Totholz im Wald nicht entsteht.

In den meisten Fällen wird davon ausgegangen, dass Biotopbäume und Totholz sich natürlicherweise im Wald befinden. Es müssen jedoch im Wirtschaftswald auch Überlegungen angestellt werden, wie die Grundanforderungen erfüllt werden können, sofern die Indikatorwerte sich nicht durch natürliche Abgänge ergeben. Das aktive Nachhelfen im Absterbeprozess wird im Projektbericht GNWB nicht ausdrücklich gefordert, aber es stellt in einer akuten Mangelsituation eine ökologische Option dar, die auch von Bütler et al (2005) in Erwägung gezogen wird. Allerdings sei an dieser Stelle ausdrücklich vor den verschärften haftungsrechtlichen Folgen solcher Eingriffe gewarnt.

Liegengelassenes Totholz und Asthaufen werden fälschlicherweise oft als Abfalldeponie betrachtet. Es ist möglich, dass dies durch eine vermehrte Bildung von Asthaufen häufiger auftreten wird. Die Abfälle müssen entweder durch das Forstpersonal selbst entfernt werden oder zumindest einer für die Entsorgung zuständigen Stelle gemeldet werden. Dieser Mehraufwand ist vor allem in Siedlungsnähe und in viel begangenen Wäldern relevant.

Abschätzung des Aufwandes für die Bereitstellung von Asthaufen

Der Arbeitsaufwand für die Bereitstellung von Asthaufen kann beispielsweise über Angaben zur Schlagräumung im Rahmen von Kultur- und Pflegearbeiten grob abgeschätzt werden. Unter der Annahme einer Minimalräumung[13], bei welcher der Schlagabraum von Hand auf Haufen zusammengetragen wird, beläuft sich der Zeitbedarf auf 33 Personenstunden pro Hektare (Breitenstein und Erni 2004). Bei einem durchschnittlichen Stundenansatz von 65 CHF/h ergibt sich dabei ein Aufwand von 2'145 CHF pro Hektare bearbeitete Fläche, wobei Maschinen- und Transportkosten sowie ein gewisser Anteil Organisationsaufwand des Försters einzukalkulieren sind. Es ist folglich mit rund 2'500 CHF pro Hektare zu rechnen.

Abschätzung des Aufwandes im Zusammenhang mit Abfällen

An exponierten Stellen kann das Belassen von Asthaufen dazu verleiten, Gartenabfälle und Sperrgut illegal im Wald zu deponieren. Eine sogenannte „Unordnung" verleitet zum sorglosen Umgang mit der Natur. Bei Bernasconi et al (2003) wurden die Kosten für Spezialarbeiten, die im Zusammenhang mit Abfällen (Melden, Begutachtung, Aufräumen, Kontrollen usw.) stehen, mit gesamthaft 10 CHF pro Hektare und Jahr für Wälder mit einer

[13] Breitenstein und Erni (2004) unterscheiden drei Arten von Schlagräumung: Minimal (33 h), Normal (50 h) und Maximal (80 h); Ausführung durch zwei Personen; Hangneigung <50 Prozent. Zu den Arbeitsstunden kommen noch Kosten für Maschinen und Transporte. Hier wird mit dem Minimalansatz gerechnet, weil angenommen wird, dass zur Erfüllung der Grundanforderungen keine ganzflächige Schlagräumung notwendig ist.

bedeutenden Erholungsfunktion und mit 100 CHF pro Hektare und Jahr für Wälder im Bereich von Anlagen wie Feuerstellen angegeben. Es ist zu beachten, dass die Beträge auch das Löschen von Feuern und das Vorbeugen der Feuergefahr beinhalten.

4.3.3 Sicherheit bei der Erholungsnutzung

Die Ausführungen in Kapitel 3.5 zeigen, dass das Betreten des Waldes grundsätzlich allen gestattet ist, jedoch in der Regel keine Bewirtschaftungspflicht seitens eines Waldeigentümers besteht. In der Beschreibung der Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ gemäss Projektbericht GNWB darf von bewusst stehen gelassenen Biotopbäumen und Totholz keine akute Gefährdung der Waldbesuchenden ausgehen. Der Sicherheitsaspekt wird hier prioritär gegenüber dem Belassen von Biotopbäumen und Totholz gewichtet (siehe Kapitel 3.2.1und 3.2.2). Die rechtlich unklare Situation führt dazu, dass gerade das Betretungsrecht den Waldbesitzenden Zusatzkosten in folgenden Bereichen verursachen kann:

- Regelmässige Kontrollen von Bäumen entlang von Wegen und Anlagen: Die Zahl der Gefahrenherde nimmt tendenziell zu. Mit zunehmender Bedeutung des Waldes für die Erholungsnutzung sowie bei ausgebauten waldpädagogischen Angeboten (z.B. Waldkindergärten) stellen sich vermehrt Haftungsfragen (siehe Kapitel 3.5). Deshalb sind in der Regel mehr Kontrollen notwendig als in abgelegenen Gebieten oder bei sehr intensiver Nutzung mit kurzen Nutzungszeiträumen.

- Pflegemassnahmen und vorbeugende Sicherheitsholzerei: Gefährdende Dürrständer und Biotopbäume sollten insbesondere entlang von Verkehrsachsen und vielbegangenen Wegen, bei Park- und Picknickplätzen gefällt und liegen lassen werden. Dabei wird eine Distanz von Biotopbäumen und Dürrständern zu vielbegangenen Strassen und Wegen von ≥ 30 Metern empfohlen (Lachat und Bütler 2007; Bütler et al 2006). Auch die Totholzastung verursacht Mehraufwände.

- Haftpflichtbedingte Abklärungen: Bei Unsicherheiten zu Haftungsfragen muss der Forstbetrieb entsprechende Abklärungen durchführen.

- In Zukunft allenfalls Prämien und Selbstbehalte für die entsprechende Haftpflichtversicherung.

Abschätzung des Aufwandes im Zusammenhang mit der Erholungsnutzung

Laut Bernasconi et al (2003) entsteht in Wäldern mit einer sehr wichtigen Erholungsfunktion ein Mehraufwand von 30 CHF pro Hektare und Jahr für periodische Sicherheitskontrollen. Die Sicherheitskontrollen und -massnahmen für Wälder im Bereich von Anlagen wie Feuerstellen werden mit 200 CHF pro Hektare und Jahr beziffert.

In Waldwirtschaftsverband St. Gallen und Lichtenstein (2006) wird der Arbeitsaufwand für Kontrollen und Massnahmen in stark frequentierten Waldbereichen und entlang von Wegen mit etwa 40 h pro 100 ha Wald und Jahr angegeben. Bei einem geschätzten Stundenansatz von 65 CHF entspricht dies ungefähr 26 CHF/ha/Jahr.

Für die Abklärung von Haftungsfragen sowie die vorbeugende Sicherheitsholzerei bei Fällen, in denen ein Waldeigentümer für die Sicherheit haftbar gemacht werden kann, entsteht in Wäldern mit einer geringen und wichtigen Bedeutung für die Erholung kein Mehraufwand. In sehr wichtigen Erholungswäldern werden die Kosten für die Sicherheitsholzerei und Kontrolle

mit 140 CHF pro Hektare und Jahr angegeben. Bei Wäldern im Bereich von Anlagen entstehen durch eine periodische Totholzastung Aufwände von 2000 CHF pro Hektare und Jahr (Bernasconi et al 2003).

4.3.4 Waldränder im urbanen Raum

Seitens der Experten der Arbeitsgruppe erfolgte der wichtige Hinweis, dass Wälder und Siedlungen immer öfter sehr eng verflochten sind: Unterschrittene Sicherheitsabstände von Bauwerken zum Waldrand sind heute eher die Regel als die Ausnahme. Es geht aber nicht nur um Neubauten, auch im historisch gewachsenen Siedlungskontext kann es zu kritischen Situationen kommen.

Nun sind oft die mächtigen, heraus hängenden Waldrandbäume ökologisch interessant und bieten sich als Biotopbäume an. Stehendes Totholz ist in solchen Situationen nicht zu verantworten und muss rechtzeitig gefällt werden. Der Mehraufwand ist zwar offensichtlich, kann jedoch nicht kausal den Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau angelastet werden.

4.3.5 Schulung von Forstfachleuten

Aus Kapitel 3.4 geht hervor, dass Gefährdungen durch Biotopbäume und Totholz vermindert werden können, wenn das Forstpersonal bezüglich Sicherheit gut geschult ist. Prinzipiell sollte die gezielte Schulung der Forstpersonen im Umgang mit Biotopbäumen und Totholz zur guten Praxis gehören. Derzeit ist dies noch nicht überall gewährleistet. Durch die besondere Berücksichtigung von Biotopbäumen und Totholz wird die Ausbildung möglicherweise aufwändiger und somit teurer. Bei der Umsetzung des Projektberichts GNWB ist daher mit einem erhöhten Aufwand für die Forstbetriebe zur Schulung ihres Personals zu rechnen.

Auch besteht ein Bedarf einer verstärkten Sensibilisierung von Forstpersonen zur ökologischen Bedeutung von Alt- und Totholz und einer gezielten Schulung zur Ausscheidung von Biotopbäumen (Bütler et al 2005). Im Projektbericht GNWB wird davon ausgegangen, dass die Umsetzung des Indikators „Biotopbäume“ durch die Fortbildung, Sensibilisierung und Beratung von Forstpersonen und Waldeigentümern vereinfacht und machbar ist (Kapitel 3.2.1). Zum jetzigen Zeitpunkt müssen die Kosten solcher spezifischen Kurse durch die Waldeigentümer und Forstbetriebe getragen werden.

Eine Kostenschätzung ergibt folgende Werte pro Kurstag für einen Forstwart: Kursbeitrag 300 CHF + Arbeitszeit (8.5 h * 65 CHF/h) 553 CHF + Spesen 100 CHF = Total pro Kurstag 953 CHF, also rund 1‘000 CHF.

Eine standardmässige Integration der Ausweisung von Biotopbäumen und Totholz in die Ausbildung von Forstleuten wäre wünschenswert, da dies zu einer Reduktion der späteren Weiterbildungskosten für die einzelnen Betriebe und Eigentümer führt.

4.3.6 Öffentlichkeitsarbeit

Die Sicherheitsrisiken in Erholungswäldern können trotz Präventionsmassnahmen nicht restlos ausgeschlossen werden. Zudem sind Waldeigentümer und Forstpersonal oft der

Kritik der Öffentlichkeit ausgesetzt, da im Wald belassenes Totholz (vor allem in Erholungsgebieten) als „Unordnung“ und „Verschwendung von Ressourcen“ empfunden wird. Mit einer verstärkten Öffentlichkeitsarbeit kann die Bevölkerung diesbezüglich sensibilisiert werden. Die Eigenverantwortung der Waldbesuchenden und die Akzeptanz von Alt- und Totholz kann beispielsweise gefördert werden mit der Anbringung von didaktischen Hinweisen zu: Gefahren durch herabfallendem Totholz oder umstürzenden Bäumen, Haftungsfragen, ökologischen Zusammenhängen bei Feuerstellen und Picknickplätzen (Bütler et al 2006; Brun 1996). Diese Arbeiten sind mit einem Mehraufwand für die Forstbetriebe verbunden.

4.3.7 Verwaltungsaufwand

In Bezug auf die Administration und Planung, den Nachweis und die Kontrolle, die Entwicklung von Konzepten sowie die Kartierung und Umsetzung (Auswahl von Biotopbäumen, Begehungen, Markierung, Sicherheitsaspekte) ist ein Mehraufwand zu erwarten. Dieser ist abhängig von den Rahmenbedingungen, Vorgaben und der Aufgabenverteilung. Der Aufwand steigt beispielsweise mit einem höheren Detaillierungsgrad in der Planung und Kartierung an.

4.3.8 Versicherungen

Betriebsunfallversicherung: Die Prämien der Betriebsunfallversicherung bei der SUVA werden in Prozent der Lohnsumme festgelegt und durch den Arbeitgeber bezahlt. Für sehr kleine Unternehmen (in Abhängigkeit der Lohnsumme bereits ab ein bis zwei Personen) werden die Prämien zu einem Einheitstarif berechnet. Die Prämientarife für kleine und mittelgrosse Unternehmen werden, ausgehend von einem Basisprämiensatz, anhand eines Bonus-Malus-Systems unter Berücksichtigung der Risikoerfahrungen errechnet. Die Höhe der Prämie ist folglich unter anderem abhängig vom Unfallgeschehen respektive der Unfallstatistik in einem Betrieb. Konkrete Daten zu Kosten oder Prämienerhöhungen im Zusammenhang mit Unfällen in Bezug auf Biotopbäume und Totholz liegen nicht vor (Ritter 2011, persönliche Mitteilung). Es ist aber möglich, dass die Unfallhäufigkeit nicht zunimmt, wenn dafür der Aufwand in Arbeitsplanung, Schulung und Sicherheitskontrollen erhöht wird.

Betriebshaftpflichtversicherung: Unter der Annahme, dass durch Biotopbäume und Totholz erhöhte Risiken in Bezug auf Personen- und Sachschäden bestehen, müssten allenfalls die Versicherungssumme und der Leistungsumfang einer bestehenden Haftpflichtversicherung angepasst werden. Diese Vertragsanpassung ist in der Regel mit einer Verteuerung der Versicherungsprämie verbunden. Diesbezüglich konnten im Rahmen vorliegender Untersuchung keine genauen Informationen gewonnen werden, denn solche Fragen müssen fallweise zwischen Versicherungsnehmer und Versicherungsunternehmen verhandelt werden. Offenbar sind auf dem Markt geeignete Versicherungsprodukte verfügbar, sofern der Betriebsleiter bei Vertragsabschluss die entsprechende Deckung einfordert.

4.3.9 Zusätzliche Aspekte

Die Ausscheidung von fixen Biotopbäumen über einen längeren Zeitraum oder gar bis zum Absterben des Baumes führt automatisch zu einem Verlust an betrieblicher Flexibilität.

Hierbei stellt sich die Frage, inwiefern bei der Umsetzung ein dynamisches Konzept angewendet werden kann, das es ermöglicht einen Biotopbaum nach einer bestimmten Zeit zu ernten und stattdessen einen anderen Baum als Biotopbaum zu belassen.

Durch eine allfällige vertragliche Bindung eines Forstbetriebs in Bezug auf Biotopbäume kann sich der Bodenwert beispielsweise bei einer Waldveräusserung vermindern (Möhring et al 2010). Im Input-Workshop wurde darauf hingewiesen, dass dieser Aspekt von sehr geringer Bedeutung ist, da Biotopbäume flächendeckend ausgeschieden werden sollen und somit theoretisch der gesamte Waldboden betroffen ist.

4.4 Beispiele aus der Praxis und Vergleichswerte

Die Literaturrecherche ergab, dass verschiedene Untersuchungen und Konzepte zur Abgeltung von Biotopbäumen und Totholz bestehen. Exemplarisch werden an dieser Stelle Beispiele aus der Praxis und weitere Vergleichswerte aufgeführt.

4.4.1 Fallbeispiel Baden

Am Beispiel der Untersuchung zum ökologischen und ökonomischen Wert von Habitatbäumen (= Biotopbäume) in Wirtschaftswäldern des Forstbetriebs Baden aus dem Jahr 2009 werden die Methodik und die hergeleiteten Resultate bezüglich der Mindererträge und Mehraufwände durch Biotopbäume und Totholz analysiert (Meier 2009). Es liegt dort kein Abgeltungstatbestand vor, sondern es geht um eine hypothetische Betrachtung zum monetären Nachweis dieser ökologischen Leistungen des Forstbetriebes.

Die Untersuchung fand im Wirtschaftswald des Forstbetriebs Baden statt (ohne Sturmschadenflächen). Gesamthaft wurden 461 Bäume erfasst, wobei nur lebende Bäume betrachtet wurden. Die Stichprobenerhebung basierte auf den Annahmen, dass Bäume erst ab einem BHD von 40 Zentimeter ökologisch wertvoll sind, Fichten und Tannen selten ökologisch wertvolle Strukturen aufweisen und der BHD innerhalb von zehn Jahren weniger als zehn Zentimeter zunimmt (Niedermann-Meier et al 2010). Auf 129 Stichprobenflächen wurden alle Bäume erfasst, die einen BHD ab 40 Zentimeter aufwiesen (N=375). Auf 38 Probeflächen wurden zusätzlich alle Bäume mit einem BHD von 20 bis 40 Zentimetern (N=86 Bäume) untersucht, um zu überprüfen, ob dünnere Bäume weniger ökologische Strukturen aufweisen als dickere (Meier 2009).

Die ökologische Bewertung der Bäume erfolgte anhand des in Kapitel 3.1.5 beschriebenen Kriterienkatalogs mit Strukturmerkmalen, die für den Erhalt von saproxylischen Arten relevant sind (Meier 2009; Mordini 2009). Der ökonomische Wert eines Baumes wurde mit einem Computerprogramm von Bont (2005) berechnet. Dieses wurde für die Optimierung der Sortiments-Aushaltung unter besonderer Berücksichtigung des Energieholzes bei der Holzernte für Buche und Fichte mit einem BHD zwischen 15 und 70 Zentimeter konzipiert. Das bestehende Programm wurde um mehrere Baumarten erweitert. Der ökonomische Wert eines Baumes entspricht dem erntekostenfreien Erlös (Verkaufserlös abzüglich Aufwand für die Holzerei) zum Zeitpunkt der Untersuchung. Die Berechnungen des Verkaufserlöses basieren auf folgenden Grössen (Meier 2009):

- Parameter zur Berechnung des Holzvolumens wie zum Beispiel BHD und Baumhöhe

- Aktuelle Holzpreise aus dem Aargau bzw. aus Zürich (Winter 2008/09) sowie ein Preis für Hackschnitzel von 42 CHF/Sm^3 ab Waldstrasse

- Gutachtliche Schätzung anhand einer Sortiments-/Qualitätsansprache am stehenden Baum (Qualitäten Furnier, B, C und D sowie Brennholz).

Die Holzerntearbeiten werden zum Grossteil von einem Forstunternehmer ausgeführt, weshalb für Stammholz und Energieholz folgende Fixkosten pro m^3 basierend auf den aktuellen Werten der Erntekosten des Betriebs verwendet wurden (Meier 2009):

- Stamm- und Energieholz: 39.40 CHF pro m^3 Festmeter (Fm)

- Zusätzlicher Aufwand beim Energieholz (Hacken und Transport): 47.20 CHF pro m^3 Fm

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Untersuchung in Baden führte unter anderem zu folgenden Ergebnissen und Schlussfolgerungen (Niedermann-Meier 2010; Meier 2009):

- Der mittlere entgangene erntekostenfreie Erlös beim Erhalt von fünf Habitatbäumen beträgt 860 CHF pro Hektare respektive **172 CHF pro Baum**, was bei der gesamten Wirtschaftswaldfläche (ohne Sturmschadenfläche) von 390 Hektaren etwa 340‘000 CHF entspricht.

- Der Baumdurchmesser und die Baumart haben einen signifikanten Einfluss auf den ökologischen und ökonomischen Wert eines Baumes. Bäume können über alle Baumarten hinweg gleichzeitig einen hohen ökologischen und tiefen ökonomischen Wert haben. Diese Bäume kommen aber in beschränkter Anzahl vor. Es gibt aber auch Bäume, die gleichzeitig einen hohen ökologischen und hohen ökonomischen Wert haben, wie beispielsweise einige Eichen. In solchen Fällen besteht ein grosser Konflikt, denn der Erhalt des Baumes ist mit einem hohen Holznutzungsentgang verbunden.

- Die Waldbewirtschaftung führt dazu, dass qualitativ schlechte, ökonomisch uninteressante Bäume offensichtlich im Laufe der Bestandesentwicklung zugunsten qualitativ besserer Bäume entfernt werden. Der Mangel an ökologisch wertvollen Bäumen mit einem tiefen ökonomischen Wert lässt sich nur langfristig beheben.

4.4.2 Alt- und Totholz im Kanton Thurgau

Im Kanton Thurgau werden der Erhalt von solitären Altbäumen und das Schaffen von Altholzinseln seit 2007 abgegolten. Die Beiträge sind in Tabelle 7 ersichtlich. Es ist zu beachten, dass die Ziele nicht zwingend auf jeder Hektare erfüllt sein müssen. Die Beurteilung der Flächen bezieht sich auf Einheiten von etwa 100 Hektaren. Der konkrete Betrag für die Altholzbäume wird bei der Holzanzeichnung festgelegt, die Bäume werden mit Farbe am Stammfuss markiert. Der Kanton empfiehlt zusätzlich, bestimmte Mengen an stehendem und liegendem Totholz sowie hohen Stöcken zu erhalten und auf jeder Schlagfläche sogenannte „Ökohaufen“ zu bilden. Das Totholz wird aktuell nicht entschädigt, da davon ausgegangen wird, dass die Nutzung derzeit meist defizitär ist (Forstamt Kanton Thurgau 2007).

Tabelle 7: Zielsetzungen und Beiträge für solitäre Altholzbäume und Altholzinseln im Thurgauer Wald (Quelle: Forstamt Kanton Thurgau 2007).

Kategorie	**Voraussetzung/Zielsetzung**	**Beiträge für 10 Jahre**	
Solitäre Altholzbäume	• BHD ab 60 cm: Buche, Esche, Tanne, Fichte • BHD ab 52 cm: Eiche und übrige Baumarten • Sehr gute bis mässig wüchsige Standorte: 5-10 Bäume/ha	1 bis 5 Bäume: Ab 6 Bäumen:	120 CHF/Baum *(max. 600 CHF/ha)* 90 CHF/Baum *(max. 900 CHF/ha)*
Altholzinsel	• Mindestens 0.5 ha • Sehr gute bis mittlere Standorte: 1-3 % der Fläche • Mässig wüchsige Standorte: 3-5 % der Fläche	Abstufung nach Wuchskraft	900/1‘150/1‘400 CHF/ha

Die Entschädigung der Altholzinseln wurde als durchschnittlicher ständiger Ertrag pro 10 Jahre anhand von Erfahrungszahlen aus mehreren Jahren aus der Forstbetriebsabrechnung für die verschiedenen Standorte abgeschätzt. Die Beiträge für die solitären Altholzbäume wurden anhand der Flächenbeiträge für die Altholzinseln abgeschätzt. Unter der Annahme einer bestimmten Anzahl Bäume am Ende der Umtriebszeit ergeben sich die ungefähren Zahlen für die solitären Altholzbäume. Die Zahlen geben den Stand von 2007 wieder und müssten aktuell überprüft und allenfalls angepasst werden (Schwager 2011, persönliche Mitteilung).

4.4.3 Alt- und Totholzkonzept im Freistaat Bayern

In vielen deutschen Bundesländern werden verschiedene Alt- und Totholzkonzepte und Programme umgesetzt (Möhring et al 2010; Schaber-Schoor 2010; Schaber-Schoor 2008). Beispielhaft wird im Folgenden das Konzept des Freistaates Bayern aufgezeigt.

Im Freistaat Bayern wird mit der Förderung nach den Richtlinien zum Vertragsnaturschutz (VNP WaldR 2007) die freiwillige Verpflichtung zum Erhalt von ökologisch wertvollen Flächen und Naturzuständen abgegolten. Aktuell gehört der Erhalt von Alt- bzw. Biotopbäumen sowie das Belassen von Totholz zu den förderungsfähigen Massnahmen. Die Förderung ist auf bestimmte Gebiete beschränkt (VNPWaldR 2007). Die Abgeltungen sind in Tabelle 8 aufgezeigt. Es ist ersichtlich, dass der Erhalt von mindestens 6 Alt- bzw. Biotopbäumen mit umgerechnet 96 CHF pro Jahr und Hektare abgegolten wird. Ausgehend von genau 6 Bäumen, beträgt der Förderhöchstsatz **für einen Alt- bzw. Biotopbaum** umgerechnet **16 CHF pro Jahr.**

Tabelle 8: Abgeltung für Alt- bzw. Biotopbäume, Totholz und Nutzungsverzicht im Rahmen der Richtlinien zum Vertragsnaturschutz VNP Wald (VNPWaldR 2007).

Kategorie	**Voraussetzungen**	**Massnahmen**	**Förderhöchstsatz pro Jahr** Zeitraum: 5 Jahre
Erhalt von Alt- bzw. Biotopbäumen	• Vorrangig förderungsfähige Baumarten: Laubbäume, Tanne und Kiefer. Keine Einschränkungen bei Horst- und Höhlenbäumen. • Altbäume: BHD mind. 50 cm • Biotopbäume: Horst- und Höhlenbäume, Bäume mit Faulstellen oder Pilzbefall sowie bizarre Bäume und „Methusaleme“	Mind. 6 Bäume/ha	80 EUR/ha (96 CHF/ha*)
Belassen von Totholz	• Alle standortheimischen Baumarten ausser Fichte • Stehendes Totholz: BHD mind. 40 cm • Liegendes Totholz: Durchmesser mind. 40 cm am stärkeren Ende und Länge mind. 3 m	Über 7 Bäume, Baumteile/ha	40 EUR/ha (48 CHF/ha*)
		Mehr als 20 Bäume, Baumteile/ha	70 EUR/ha (84 CHF/ha*)

* Basierend auf einem Umrechnungskurs von 1 EUR = 1.20 CHF

4.4.4 Eichenförderung im Kanton Thurgau

Der Kanton Thurgau verfügt zusätzlich zur Alt- und Totholzentschädigung (siehe Kapitel 4.4.2) über ein spezifisches Eichenförderungsprogramm. Bei einem teilweisen Nutzungsverzicht verpflichtet sich ein Waldbesitzer vertraglich dazu, mindestens sieben Eichen pro Hektare mit einem Vorrat von mindestens 50 m^3 über einen Zeitraum von 30 Jahren zu erhalten. Aktuell erhält ein Waldbesitzer hierfür eine Abgeltung von 50 CHF pro Jahr und Hektare. Die Entschädigungshöhe wird jeweils nach 10 Jahren neu vereinbart (Forstamt Kanton Thurgau 2008). Unter der Annahme, dass genau sieben Eichen erhalten werden, beträgt die Entschädigung ungefähr 7 CHF pro Baum und Jahr respektive 70 CHF pro Baum für eine Periode von 10 Jahren.

4.4.5 NFA-Ansätze Waldbiodiversität

Laut den Programmvereinbarungen im Umweltbereich des BAFU wird im Mittelland und Jura für vertraglich gesicherte Altholzinseln (AHI) mit einer Flächengrösse von 0.2 bis 0.5 Hektaren ein Flächenbeitrag von 60 CHF/ha/Jahr ausgerichtet. Objektpauschalen gelten erst ab 0.5 Hektaren. Die Abgeltung beinhaltet die Planung und Dokumentation der einzelnen Objekte, die Entschädigung der Waldeigentümer für die ganze oder teilweise Abtretung des Nutzungsrechts an den Kanton sowie die Kennzeichnung bzw. Ausschilderung der Objekte im Gelände und die Öffentlichkeitsarbeit (BAFU 2011).

Unter der Annahme, dass 5 Biotopbäume von 0.05 Hektaren (500 m^2) resp. 1 Biotopbaum 0.01 Hektaren (100 m^2) Fläche beanspruchen (siehe Kapitel 4.2.2) und diese Fläche analog zu Altholzinseln mit 60 CHF/ha/Jahr abgegolten wird, würde eine Abgeltung wie folgt aussehen:

- 5 Biotopbäume: 3.00 CHF pro Jahr
- 1 Biotopbaum: 0.60 CHF pro Jahr

Der Erhalt von Biotopbäumen und Totholz ist jedoch nicht direkt mit Massnahmen wie Naturwaldreservaten und Altholzinseln vergleichbar. Bei Altholzinseln ist im Normalfall keine umfassende Bewirtschaftung vorgesehen, so dass verschiedene Mehraufwände nicht im selben Ausmass entstehen.

4.5 Fazit

- Der Erhalt von Biotopbäumen und Totholz kann sich in vielfältiger Weise auf einen Forstbetrieb auswirken. In Tabelle 9 sind die zu **Mindererträgen und Mehraufwänden führenden Faktoren** zusammengefasst dargestellt. Es ist zu beachten, dass die Auswirkungen im Einzelfall zusätzlich durch folgende Faktoren beeinflusst werden können:
  - Betriebliche Rahmenbedingungen (beispielsweise Betriebsgrösse)
  - Nachfrage (Preise und Erlöse) sowie abiotische und biotische Risiken
  - Produktionsbedingungen und natürliche Standorts- und Wuchsverhältnisse, Baumarten, Baum- und Bestandesalter, Geländeverhältnisse und Erschliessung, Qualität der Bäume
  - Bedeutung des Waldes für andere Leistungen wie beispielsweise die Erholungsnutzung
  - Sachliche, zeitliche und räumliche Abgrenzung wie Bewertungszeitraum, Menge und Verteilung von Biotopbäumen und Totholz sowie qualitative Vorgaben
- Die Auswahl von Bäumen mit geringer Holzqualität als Biotopbäume führt zu einem geringeren **Holznutzungsentgang**. Praktisch in jedem Wald können unverwertbare Bäume oder Bäume geringer Qualität gefunden werden, deren Nutzung derzeit defizitär oder wenig gewinnbringend ist. Aus ökologischer Sicht kann es aber sinnvoll oder notwendig sein, auf die Nutzung von gesunden Bäumen oder Bäumen von hoher Qualität zu verzichten (zum Beispiel Horst auf einem gesunden Baum). Dies ist mit höheren Mindererträgen verbunden. Zudem ist zu beachten, dass die Nutzung von ökonomisch entwerteten Bäumen und Totholz bei steigender Nachfrage nach Energieholz zunehmen kann. Es kann nicht vorausgesetzt werden, dass diese stets in einem Bestand verbleiben.
- Biotopbäume und Totholz beanspruchen eine **Produktionsfläche**, auf der eine alternative Nutzung nicht oder nur eingeschränkt möglich ist. Mindererträge, die daraus resultieren, können beispielsweise über die Kronenschirmfläche (Standraum) eines Baumes und den Bodenverkehrswert abgeschätzt werden. Der Standraum unterscheidet sich je nach Baum teilweise sehr stark (zum Beispiel eine grosskronige

Mittelwaldeiche verglichen mit einem stehenden toten Baum mit wenig Ästen). Eine grobe Abschätzung über Stammzahlen von Z-Bäumen zeigt, dass bei 5 Biotopbäumen ungefähr 2 bis 8 Prozent einer Hektare besetzt werden kann.

- Das Vorhandensein von Biotopbäumen und Totholz kann diverse Mehraufwände verursachen. Mehrere Faktoren sind auf **Sicherheitsaspekte** zurückzuführen (Erschwernisse in der Waldbewirtschaftung, Sicherheit für Erholungssuchende, Schulung von Forstpersonen, Öffentlichkeitsarbeit, Versicherungen). Im Zusammenhang mit der Erholung sind die Aufwände im Bereich von Anlagen wie Feuerstellen und in viel begangenen Wäldern im Allgemeinen höher als in abgelegenen Gebieten. Zusatzkosten können auch im Bereich der **Arbeitsmittel** entstehen (Anschaffung geeigneter Geräte, unfallbedingte Reparatur oder Neuanschaffung von Arbeitsgeräten). Der Erhalt von Biotopbäumen und Totholz kann sich zudem in erhöhten **Verwaltungskosten** niederschlagen.

- Die Bereitstellung von **Asthaufen** kann zu Zusatzkosten in zwei Bereichen führen. Das Aufschichten des Holzes geschieht oft von Hand. Zusätzlich werden vor allem in Siedlungsnähe und viel begangenen Wäldern Abfälle bei Totholzhaufen deponiert, die angezeigt und gegebenenfalls entfernt werden müssen. Beide Faktoren sind mit hohen Personalkosten verbunden.

- Das **Ausmass der Mehraufwände** ist stark von den vorherrschenden Bedingungen und tatsächlich vorliegenden Zusatzarbeiten abhängig. Ein Abschätzung und Quantifizierung der Auswirkungen im Einzelfall ist nicht vollumfänglich möglich. Auch aus der Literatur konnten diesbezüglich nur wenige Informationen gewonnen werden. Teilweise müssen die Ansätze gutachtlich von Experten geschätzt werden.

Tabelle 9: Aufstellung von möglichen Mindererträgen und Mehraufwänden durch die Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ basierend der vorliegenden Untersuchung.

Mindererträge	
Nutzungsverzicht	• Ernteausfall, Wertminderung, Zinsverlust
Produktionsfläche	• Besetzte Produktionsfläche • Nachfolgebestand
Mehraufwände	
Erschwernisse in der Waldbewirtschaftung	• Vorbereitung • Holzhauerei • Holzrücken • Arbeitsmittel und -technik, Risiko für Arbeitsmaterial
Bereitstellung von Asthaufen, Biotopbäumen und Totholz	• Asthaufen, Biotopbäume und Totholz • Abfallentsorgung und -meldung
Sicherheit bei der Erholungsnutzung	• Regelmässige Kontrollen • Pflegemassnahmen, Sicherheitsholzerei • Haftpflichtbedingte Abklärungen

Waldränder im urbanen Raum	• Sicherheitsholzerei
Schulung von Forstpersonen	• Sicherheitsaspekte • Bedeutung von Biotopbäumen und Totholz
Öffentlichkeitsarbeit	• Kommunikation, Sensibilisierung
Verwaltungsaufwand	• Verwaltung von Biotopbäumen und Totholz
Versicherungen	• Betriebsunfallversicherung • Haftpflichtversicherung
Zusätzliche Aspekte	• Verlust an betrieblicher Flexibilität • Waldveräusserung

- Im **Fallbeispiel Baden** wurde der ökologische und ökonomische Wert von Bäumen im Forstbetrieb Baden untersucht. Der ökonomische Wert eines Baumes entspricht dabei dem erntekostenfreien Erlös. Die Ergebnisse zeigten auch bei dieser Untersuchung, dass unter Biotopbäumen nicht zwingend ökonomisch entwertete Bäume zu verstehen sind und durch einen Nutzungsverzicht bedeutende Werte nicht realisiert werden können. In der Untersuchung sind die effektiven Mindererträge und Mehraufwände im Rahmen des vorliegenden Projekts nicht ausreichend abgebildet. Aufgrund dessen wurde ein **weiterer Bewertungsansatz** ausgearbeitet (siehe Kapitel 5)

- Tabelle 10 zeigt weitere **Vergleichswerte zur Abgeltung von Biotopbäumen**. In den Altholz- und Totholzentschädigungen des Kantons Thurgau und des Freistaates Bayern bestehen konkrete Vorgaben bezüglich der Baumarten und Mindestdurchmesser. Zusätzlich können die Anforderungen eine Mindestvertragsdauer umfassen. Im Konzept des Freistaates Bayern ist – im Gegensatz zum Konzept des Kantons Thurgau – beispielsweise auch die Abgeltung von Totholz vorgesehen. Hierbei ist zu beachten, dass die Förderung in Bayern nur in bestimmten, besonders schutzwürdigen Gebieten möglich ist. Ein Vergleich mit Abgeltungen von Altholzinseln der NFA-Programmvereinbarungen zeigt, dass der anhand von verschiedenen Annahmen berechnete Höchstbeitrag deutlich tiefer ist, als die anderen Abgeltungen. Es ist zu beachten, dass Altholzinseln aufgrund eines geringeren Aufwands bei der Bewirtschaftung wahrscheinlich mit geringeren Mehraufwänden verbunden sind als der Erhalt einzelner Biotopbäume.

Tabelle 10: Zusammenstellung verschiedener Höchstbeiträge für Biotopbäume (BB).

Quelle	Ausgangswert	Höchst-beitrag: 1 BB pro 1 J in CHF	Höchst-beitrag: 5 BB pro 10 J in CHF	Erläuterungen
Habitatbäume im Wirtschaftswald Meier (2009)	172 CHF/Baum/ha			Berechnungen über den erntekostenfreien Erlös ohne Angabe der Dauer des Nutzungsverzichts (Kapitel 4.4.1)
Alt- und Totholzkonzept Kanton Thurgau (Forstamt Kanton Thurgau 2007)	120 CHF/Baum/10 J (1 bis 5 Bäume)	12	600	Spezifische Anforderungen zu Baumart, BHD und Verpflichtungsdauer (Kapitel 4.4.2)
Altholz- und Totholzkonzept Freistaat Bayern (VNP WaldR 2007)	96 CHF/ha/J (mind. 6 Bäume/ha)	16	800	Höchstförderzeitraum 5 Jahre, spezifische Anforderungen zu Baumart und BHD (Kapitel 4.4.3)
Eichenförderung Forstamt Kanton Thurgau (Kanton Thurgau 2008)	50 CHF/ha/J (mind. 7 Eichen/ha)	7	350	Ermittlung der Höchstbeiträge unter der Annahme, dass genau 7 Bäume erhalten werden (eigene Berechnungen). Spezifische Anforderungen wie Verpflichtungsdauer (Kapitel 4.4.4)
NFA-Programm-vereinbarungen (BAFU 2011)	60 CHF /ha/J (Altholzinsel ab 0.2 ha)	0.60	30	Ermittlung der Höchstbeiträge basierend auf Abgeltungen für Altholzinseln unter der Annahme, dass 1 Biotopbaum eine Fläche von 0.01 ha beansprucht (eigene Berechnungen), siehe Kapitel 4.4.5

5 Alternativer Bewertungsansatz von Biotopbäumen

Aus dem Input-Workshop und der Analyse der Fallstudie Baden ging hervor, dass die dort verwendete Methodik eine grobe Einschätzung des Ertragsausfalls liefert, der durch Biotopbäume entstehen kann. Die effektiven Mindererträge und Mehraufwände werden jedoch nicht ausreichend aufgezeigt. Deshalb soll hier ein weiterer Bewertungsansatz vorgeschlagen werden. Basierend auf dem Input-Workshop und weiterführenden Überlegungen liegen der Bewertung folgende Faktoren und Annahmen zu Grunde:

- Berücksichtigung der beanspruchten Produktionsfläche und des Ertragsausfalls
- Einbezug der effektiven Mehraufwände, der Bonität, Umtriebszeit und Baumart sowie des vollmechanisierten Holzernteverfahrens
- Betrachtung von Biotopbäumen, ab schwachem Baumholz (BHD 30 cm), ohne Berücksichtigung des stehenden und liegenden Totholzes und Jungwuchses
- Einmal ausgewählte Biotopbäume bleiben in der Regel bis ans Ende ihres Lebens stehen, sind also der Nutzung entzogen
- Berechnungsperiode: Alle Mehraufwände und Minderträge werden auf 10 Jahre berechnet, im Bewusstsein, dass sich dieses Zeitintervall auf unbeschränkte Zeit wiederholen wird, solange die gleichen Rahmenbedingungen gelten.

5.1 Methodische Umsetzung und Berechnungsgrundlagen

Zur Berechnung der Mehraufwände und Mindererträge, die aus einem befristeten Nutzungsverzicht resultieren, wurde in Anlehnung an eine Berechnungsmethodik, die von Möhring et al (2010) zur Bewertung von Einzelbäumen im Vertragsnaturschutz veröffentlicht wurde[14], eine alternative Berechnungsmethodik entwickelt. In das Modell fliessen folgende Grössen und Parameter ein:

1. Gesamtkosten
2. Abtriebswert, Verkaufserlös und Erntekosten
3. Periodendauer und Kalkulationszins
4. Einzelbaumdaten
   a. Baumart
   b. Baumdurchmesser (BHD)
5. Bestand
   a. Kosten für Auswahl und Markierung
   b. Erlösverzicht pro Periodendauer
   c. Zinsertragsverlust pro Periodendauer
6. Boden
   a. Bodenzinskosten pro Periodendauer
7. Konstanten

[14] Original der Excel-basierten Berechnungsmethodik:
http://www.dfwr.de/download/Einzelbaumbewertung_DFWR_Alternative_Entgelt.xls.

a. Kosten für Erschwernisse und Erschwernisfaktor
b. Nutzungsverzichtsfaktor

Die Grössen und Parameter werden nachfolgend erläutert.

Allgemeine Hinweise

Sämtliche mit t_0 bezeichneten Werte beziehen sich auf den Ist-Zustand und jene mit t_{10} auf den Zustand in 10 Jahren (siehe 3.a. Periodendauer). Detaillierte Berechnungsgrundlagen sind in Anhang 7 und das Bewertungsschema mit berechneten Werten in Anhang 8 ersichtlich.

1. Gesamtkosten

Die Gesamtkosten für den Nutzungsverzicht setzen sich aus einzelnen Komponenten der oben aufgeführten Parameter zusammen. Sie werden wie folgt berechnet:

Gesamtkosten pro 10-Jahresperiode = (Auswahl und Markierung + Erlösverzicht + Zinsertragsverlust + Bodenzinskosten + (Erschwernisse * Erschwernisfaktor)) * Nutzungsverzichtsfaktor

2. Abtriebswert, Verkaufserlös und Erntekosten

Eine wichtige Ausgangsgrösse bildet der **Abtriebswert**. Er wird für die Berechnung des Erlösverzichtes und des Zinsertragsverlustes verwendet, ist aber nicht explizit im Bewertungsschema aufgeführt. Der Abtriebswert entspricht dem erntekostenfreien Erlös. Er wird als Differenz des Verkaufserlöses und der Erntekosten berechnet:

$Abtriebswert_{t0} = Verkaufserlös_{t0} – Erntekosten_{t0}$
$Abtriebswert_{t10} = Verkaufserlös_{t10} – Erntekosten_{t10}$

Der **Verkaufserlös** wird über den Verkaufspreis und das Volumen pro Sortiment hergeleitet.

Das Volumen im Ist-Zustand ($Volumen_{t0}$) wurde für die BHD-Werte im Ist-Zustand (30, 40, 50, 60 und 70 cm) über die Massentafel des Kantons Luzern (Schweizerischer Forstkalender 2011, Schweizer 2010) ermittelt. Für Nadelholz wurden die Werte des Tarifs II und für Laubholz die Werte des Tarifs III verwendet. Das $Volumen_{t10}$ wurde für geschätzte BHD-Werte in 10 Jahren hergeleitet. Anhand der Ertragstafeln wurde für Fichte ein Zuwachs von 5 cm und für Lärche von 4 cm ermittelt. Für alle Laubhölzer wurde basierend auf den Werten der Buche mit einem Zuwachs von 4 cm gerechnet (EAFV 1983).

Das Nadel- und Laubholz wurde in Haupt- und Nebensortimente eingeteilt. Für die Hauptsortimente wurden Durchschnittswerte der Preise für die Qualitäten B und C pro BHD-Wert ermittelt. Die Preise setzen sich zusammen aus Durchschnittswerten der Schweiz von Januar 2006 bis August 2009 basierend auf Daten des Bundesamtes für Statistik BFS und aus Werten der Preisempfehlungen zum Rundholzverkauf 2009/2010 der Holzproduzenten

der Kantone Aargau, beide Basel, Bern, Freiburg und Solothurn. Als Preis für das Nebensortiment Industrieholz (Nadelholz) wurde mit einem Preis von 38.03 CHF/m^3 und für Hackschnitzel (Laubholz) mit einem Preis[15] von 95.83 CHF/m^3 gerechnet.

Aus diesen Eingangsgrössen wird der Verkaufserlös wie folgt berechnet:

$$Verkaufserlös_{t0} = (Preis_{HS} * Volumen_{t0} * Anteil_{HS}) + (Preis_{NS.} * Volumen_{t0} * Anteil_{NS})$$

$$Verkaufserlös_{t10} = (Preis_{HS} * Volumen_{t10} * Anteil_{HS}) + (Preis_{NS} * Volumen_{t10} * Anteil_{NS})$$

Es ist zu beachten, dass der Verkaufserlös im Ist-Zustand und in 10 Jahren auf gleichen Preisen und Sortimentsanteilen basieren. Die Veränderung des Erlöses beruht ausschliesslich auf der Volumenänderung über die Zeit.

Die **Erntekosten im Ist-Zustand** ($Erntekosten_{t0}$) wurden mit dem Holzernteproduktivitätsmodell HeProMo der WSL getrennt nach Nadel- und Laubholz für die einzelnen BHD-Werte berechnet. Es wurden die gleichen Volumina wie bei der Ermittlung des Verkaufserlöses verwendet. Die Berechnungen des vollmechanisierten Holzernteverfahrens basierten auf folgenden Annahmen:

- Vorfällen ab 60 cm, in Abhängigkeit des Mittelstamms werden 6.00 bis 7.00 CHF addiert
- Holzmenge als Berechnungsbasis: 500 m^3
- Feinerschliessung bis 20 % Neigung
- Durchschnittliche Holzlänge 4 m

Die **Erntekosten in 10 Jahren** ($Erntekosten_{t10}$) wurden analog zum Verkaufserlös über die Volumenänderung errechnet. Es ist zu beachten, dass die $Erntekosten_{t10}$ somit proportional von den $Erntekosten_{t0}$ abhängen. Folgende Berechnung wurde angewandt:

$$Erntekosten_{t10} = Erntekosten_{t0} * \frac{Volumen_{t10}}{Volumen_{t0}}$$

3. Periodendauer und Kalkulationszins

a. Periodendauer

Mit der Periodendauer (n) wird die Dauer des Nutzungsverzichts angegeben. Im Input-Workshop wurde ein Zeitraum von 10 Jahren festgelegt, weil dies einen überschaubaren Rahmen für die administrative Abwicklung der Zahlungen und Festlegung der ökologischen Verbindlichkeiten darstellt. Das Intervall liesse sich rechnerisch problemlos auf die 4-jährige Vertragsdauer nach dem Neuen Finanzausgleich NFA oder auf eine andere Richtgrösse ausrichten. Die hier errechneten Werte im Modell basieren auf einer Periodendauer von n = 10 Jahren.

[15] Pro Kubikmeter Festholz, franko Schnitzelsilo geliefert.

b. Kalkulationszins

Der Kalkulationszins (p) wurde analog zu Möhring et al (2010) auf 1.5 % festgesetzt. Laut den Richtlinien zur Schätzung von Waldwerten ist die Annahme eines Zinssatzes in der Bandbreite des landesüblichen mittleren Zinsfusses der Bundesobligationen gerechtfertigt (Iseli et al 1999). Aktuell liegt der Zinssatz in etwa im Bereich von 1.5 %[16] Es ist zu beachten, dass die Berechnungen bereits auf geringe Änderungen des Zinssatzes sehr sensibel reagieren können (Iseli et al 1999).

4. Einzelbaumdaten

a. Baumarten

Für die Berechnungen wurden die Baumarten Fichte, Lärche, Buche, Eiche, Esche berücksichtigt. Limitierend wirkte hierbei unter anderem die Berechnung der Kronenbreite (siehe 4. Boden: Kronenschirmfläche).

b. Baumdurchmesser

Grundsätzlich ist es möglich, im Modell mit unterschiedlichen Baumdurchmessern (BHD) zu rechnen. Im Input-Workshop wurde festgelegt, dass Bäume ab Stangenholzstufe I (BHD 30 cm) betrachtet werden sollen. In die Berechnungen wurden deshalb beispielhaft Bäume mit einem BHD von 30, 40, 50, 60 und 70 cm einbezogen.

5. Bestand

a. Auswahl und Markierung

Die Auswahl und gegebenenfalls die Markierung von Biotopbäumen können einen bedeutenden Mehraufwand für einen Forstbetrieb darstellen. Dieser Aufwand fällt zu Beginn des Nutzungsverzichts an. Für die Auswahl und Markierung von Biotopbäumen wird ein Pauschalbetrag 18 CHF (15 €) pro Baum für die gesamte Periodendauer angenommen. Das Entgelt wurde analog zu Möhring et al (2010) festgelegt, also mit einem Arbeitsaufwand von 18 Minuten pro Baum[17] bei einem Stundenansatz von 60 CHF (50 €). Es wird davon ausgegangen, dass dieser Aufwand bei einer Verlängerung des Nutzungsverzichts wieder als Aufwand fällig wird, da überprüft werden muss, ob der Baum noch vorhanden ist oder nicht.

b. Erlösverzicht pro Periodendauer

Es wird davon ausgegangen, dass im Normalfall ein ausgewählter Biotopbaum bis ans Ende seines Lebens – oder zumindest deutlich über seinen optimalen Wertzuwachs hinaus –

[16] Renditen von Bundesobligationen bei einer Laufzeit von 10 Jahren gemäss http://www.snb.ch/de/iabout/stat/statpub/zidea.

[17] Auf den ersten Blick erscheint dies viel Zeit. Werden jedoch Anfahrt, die Schwierigkeiten der Ansprache (z.B. Spechtlöcher erkennen) und der Aufwand für dauerhaftes Markieren (in Analogie zu den Bayerischen Staatsforsten) in Betracht gezogen, so erscheint der Wert plausibel. In der Schweiz dürfte der Stundensatz nach Möhring et al (2010) für die Personalkategorien Förster oder Vorarbeiter nicht reichen.

stehen bleibt, also der Nutzung dauerhaft entzogen ist. Mit dem Erlösverzicht pro Periodendauer wird ausgedrückt, dass der Abtriebswert eines Baumes während der Dauer des Nutzungsverzichts zu keinem Zeitpunkt realisiert werden kann. Durch den Verzicht auf die Nutzung ist das Kapital gebunden. Der Erlösverzicht entspricht dem Wert einer alternativen Nutzung des Kapitals (beispielsweise Anlage bei der Bank bei einer Realisierung der Nutzung des Baumes im Zeitraum t_0 und t_{10}). Die Differenz der Abtriebswerte zum Zeitpunkt t_{10} und t_0 wird dabei auf den Ist-Zustand diskontiert. Der Erlösverzicht wird wie folgt berechnet:

$$\text{Erlösverzicht pro Periodendauer} = \frac{\text{Abtriebswert}_{t10} - \text{Abtriebswert}_{t0}}{(1+p)^n}$$; mit p = Zins, n = Periodendauer

c. Zinsertragsverlust pro Periodendauer

Beim Verzicht auf die Nutzung eines Baumes kann der Abtriebswert nicht unmittelbar realisiert werden. Die finanziellen Mittel stehen erst nach Ablauf der Dauer des Nutzungsverzichts zur Verfügung und können nicht für eine alternative Finanzierung eingesetzt werden. Dadurch entsteht ein Zinsertragsverlust, der als Minderertrag in die Berechnung der Gesamtkosten einfliesst. Der Zinsertragsverlust wird wie folgt berechnet:

$$\text{Zinsertragsverlust pro Periodendauer} = \text{Abtriebswert}_{t0} * (1+p)^n - \text{Abtriebswert}_{t0}$$

mit p = Zins, n = Periodendauer

6. Boden

Es wird angenommen, dass auf dem von einem Baum eingenommenen Standraum keine alternative Nutzung des Bodens möglich ist. Die Bewertung dieses Mindererlöses erfolgt über die **Bodenzinskosten pro Periodendauer**. Die Kosten werden wie folgt berechnet:

$$\text{Bodenzinskosten pro Periodendauer} = \text{Bodenverkehrswert}_{\text{Schirmfläche}} * (1+p)^n - \text{Bodenverkehrswert}_{\text{Schirmfläche}}$$

mit p = Zins, n = Periodendauer

Der **Bodenverkehrswert,** bezogen auf die **Kronenschirmfläche** ($\text{Bodenverkehrswert}_{\text{Schirmfläche}}$), entspricht dem Verkaufswert der Fläche, die durch einen Baum beansprucht wird. Der Wert wird nach folgender Formel berechnet.

$$\text{Bodenverkehrswert}_{\text{Schirmfläche}} = \text{Bodenverkehrswert} * \text{Kronenschirmfläche}$$

Dabei entspricht der **Bodenverkehrswert** dem Verkaufswert des Waldbodens. Für Nadelholz wurde der mittlere Bodenverkehrswert der Ertragsklasse II und für Laubholz der Ertragsklasse III verwendet. Der Wert beträgt 1.40 CHF pro m^2 für Nadelholz und 1.00 CHF pro m^2 für Laubholz. Die Werte wurden den Richtlinien zur Schätzung von Waldwerten (Isleli

et al 1999) entnommen (siehe Kapitel 4.2.2). Der von einem Baum eingenommene Standraum wird über die **Kronenschirmfläche** berechnet. Die Fläche wird für jede Baumart anhand der bei Möhring et al (2010) verwendeten Formel nach Nagel (2009) abgeschätzt. Detaillierte Angaben zur Berechnung sind in Anhang 7 ersichtlich.

7. Konstanten

a. Erschwernisse und Erschwernisfaktor

Der Nutzungsverzicht ist mit verschiedenen laufenden Mehraufwänden verbunden (Möhring et al 2010). Dazu zählen die in Kapitel 4.3 aufgeführten Faktoren: Erschwernisse in der Waldbewirtschaftung, die Bereitstellung von Biotopbäumen und Totholz, Sicherheit bei der Erholungsnutzung, Schulung von Forstpersonen, Öffentlichkeitsarbeit, Verwaltungsaufwand sowie Versicherungen. Die Kosten wurden gutachtlich[18] pauschal auf **18 CHF pro Baum und 10-Jahresperiode** geschätzt.

Eine Anpassung des Betrages kann über einen **Erschwernisfaktor** erfolgen. Dieser kommt zur Anwendung, wenn besondere Verhältnisse mit erhöhten Aufwänden vorliegen, wie zum Beispiel stark begangene Wege bei der Erholungsnutzung. Der Faktor wurde für die Berechnungen auf 1.0 gesetzt, das heisst er beeinflusst den errechneten Betrag nicht.

b. Nutzungsverzichtsfaktor

Die errechneten Kosten können um einen sogenannten Nutzungsverzichtsfaktor erhöht werden. Damit wird ausgedrückt, dass in der Regel ein **zusätzlicher Anreiz für einen Waldbesitzer** bestehen sollte, einen Nutzungsverzicht einzugehen. Für die Berechnungen wurde er auf 1.0 gesetzt. Der Faktor hat keinen Einfluss auf die resultierenden Werte.

[18] Es fehlen entsprechende Zeitstudien, weshalb eine gutachtliche Schätzung vorgenommen wurde.

5.2 Resultate und Diskussion des Modells

Mit dem Bewertungsmodell wurden verschiedene Kosten-Varianten berechnet. In einem ersten Schritt wurden die Gesamtkosten für die Baumarten Buche, Eiche, Esche, Fichte, Lärche für folgende BHD-Werte ermittelt: 30, 40, 50, 60 und 70 cm. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 aufgeführt.

Tabelle 11: Kosten pro Biotopbaum und Jahr, berechnet für verschiedene Baumarten und BHD.

Baumart	BHD	Kosten pro Baum
	cm	CHF/Jahr
Buche	30	4.17
Buche	40	8.22
Buche	50	12.09
Buche	60	15.55
Buche	70	18.44
Summe		**58.47**
Eiche	30	4.93
Eiche	40	10.18
Eiche	50	19.88
Eiche	60	27.96
Eiche	70	33.29
Summe		**96.25**
Esche	30	4.80
Esche	40	8.86
Esche	50	13.35
Esche	60	16.98
Esche	70	19.74
Summe		**63.73**
Fichte	30	4.56
Fichte	40	8.56
Fichte	50	11.46
Fichte	60	14.53
Fichte	70	17.61
Summe		**56.72**
Lärche	30	6.44
Lärche	40	14.96
Lärche	50	22.08
Lärche	60	26.69
Lärche	70	33.40
Summe		**103.57**

Diese Zwischenergebnisse zeigen, dass:

- Fichten und Buchen relativ kostengünstige Biotopbäume sind, während Lärchen und Eichen als Biotopbäume einen verhältnismässig hohen finanziellen Aufwand mit sich bringen.
- Es gilt die Regel „je dicker, desto teurer“, was der logischen Erwartung entspricht. Allerdings sind die Sprünge pro 10 cm BHD nicht linear.

Auf der Basis dieser Kosten pro Biotopbaum wurden in einem zweiten Schritt sechs Varianten mit je fünf Biotopbäumen pro Hektare und einer Periodizität von 10 Jahren durchgespielt (Tabelle 12). Diese Modellrechnung erlaubt es, unterschiedlich zusammengesetzte Bestände zu simulieren.

Die Varianten können wie folgt charakterisiert werden:

- Variante 1: Reiner Buchenwald mit regelmässig verteilten BHD-Anteilen von 30-70 cm
- Variante 2: Dieselbe Zusammensetzung wie Variante 1, mit Fichten
- Variante 3: Reiner Buchenbestand, aber im Mittel dickere Biotopbäume
- Variante 4: Dieselbe Zusammensetzung wie Variante 3, mit Eichen
- Variante 5: Nadelholz Mischbestand mit Fichte und Lärche
- Variante 6: Nadel- und Laubholz-Mischbestand

Tabelle 12: Exemplarische Modellierung von 6 Varianten mit unterschiedlich zusammengesetzten Beständen; Kosten für 5 Biotopbäume pro Hektare und eine Abrechnungsperiode von 10 Jahren.

Varianten	Baumart	BHD	Kosten pro Baum	Kosten für 5 Bäume
		cm	CHF/10 Jahre	CHF/10 Jahre
Variante 1	Buche	30	41.75	
	Buche	40	82.21	
	Buche	50	120.86	
	Buche	60	155.50	
	Buche	70	184.39	
	Summe			**584.71**
Variante 2	Fichte	30	45.62	
	Fichte	40	85.61	
	Fichte	50	114.62	
	Fichte	60	145.26	
	Fichte	70	176.12	
	Summe		**567.23**	**567.23**
Variante 3	Buche	40	82.21	
	Buche	50	120.86	
	Buche	50	120.86	
	Buche	60	155.50	
	Buche	70	184.39	
	Summe			**663.82**
Variante 4	Eiche	40	101.80	
	Eiche	50	198.84	
	Eiche	50	198.84	
	Eiche	60	279.63	
	Eiche	70	332.88	
	Summe			**1'111.99**
Variante 5	Fichte	30	45.62	
	Fichte	40	85.61	
	Lärche	50	220.80	
	Lärche	60	266.89	
	Lärche	70	333.98	
	Summe			**952.90**
Variante 6	Fichte	30	45.62	
	Eiche	40	101.80	
	Buche	50	120.86	
	Esche	60	169.80	
	Eiche	70	332.88	
	Summe			**770.96**

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Gesamtkosten für den Nutzungsverzicht je nach Baumart und BHD zum Bewertungszeitpunkt unterscheiden. Die Gesamtkosten für 5

Biotopbäume liegen bei einer 10-jährigen Nutzungsverzichtsperiode zwischen etwa 585 CHF und 1‘112 CHF. Dabei fallen jeweils konstant eingerechnete Kosten (Aufwand für die Auswahl und Markierung und die laufenden Erschwernisse) von 180 CHF an. Die höchsten Gesamtkosten ergeben sich bei den Varianten der Baumarten Lärche und Eiche. Dies hängt insbesondere mit den höheren Abtriebswerten dieser Baumarten im Vergleich zur Buche, Esche und der Fichte zusammen.

Bei den Varianten 1, 2, 5 und 6 sind zudem kleinere BHD-Werte mit geringeren Gesamtkosten verbunden, da diese sowohl tiefere Abtriebswerte als auch eine kleinere Kronenschirmfläche aufweisen. Dabei stellt sich die Frage, ob auch Bäume im nicht hiebsreifen Zustand bewertet werden sollten. Da es aber in der betrieblichen Freiheit eines Waldbesitzers liegt, ob er einen Baum nutzen möchte, erscheint auch hier eine Bewertung dieser nicht genutzten Bäume gerechtfertigt. Anders verhält es sich bei Bäumen, deren Abtriebswert negativ ausfällt. Hier müsste diskutiert werden, ob ein Baum, der bei der Nutzung defizitär ist, über den Abtriebswert bewertet werden kann. Eine Möglichkeit bestünde im Modell darin, negative Erlösverzichte und Zinsverluste als Null anzunehmen. So würden dabei lediglich die Kosten für die Auswahl und Markierung und die laufenden Erschwernisse als auch die Bodenzinskosten in die Gesamtkosten einfliessen.

Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse von verschiedenen Modellannahmen und Berechnungsgrundlagen abhängen und unter diesen Bedingungen zu interpretieren sind:

Die Periodizität wird im Modell aus vorher genannten Gründen auf zehn Jahre festgelegt. Alternativ bietet sich auch die NFA-Vertragsdauer von vier Jahren für die Entschädigungszahlungen an. Oder es wird – in Analogie zu vielen Naturwaldreservaten – eine Vertragsdauer von 50 Jahren mit einmaliger Entschädigung vereinbart.

Der Aufwand für die Planung, Auswahl, Markierung und das Monitoring der Biotopbäume wurde aus den Berechnungen nach Möhring et al (2010) übernommen. Die 18 CHF (15 €) pro Baum und 10-Jahresperiode basieren auf Lohnkosten von 50 € pro Stunde. Da diese Arbeit durch gut qualifiziertes Forstpersonal ausgeführt wird (i.d.R. Förster), müsste dieser Ansatz für Schweizer Verhältnisse angehoben werden. Bei einem zweiten Durchgang hingegen (nach 10 Jahren) dürfte der Zeitbedarf pro Baum sinken, so dass im Durchschnitt diese Entschädigung als gerechtfertigt erscheint.

Die entstehenden Mindererträge werden über den Erlösverzicht, Zinsverlust sowie Bodenzinsverlust über zehn Jahre berechnet. Dabei handelt es sich um eine vereinfachte lineare Betrachtungsweise. In der Realität verzeichnet jedoch ein relativ junger Biotopbaum (z.B. Buche mit BHD 30 cm) möglicherweise einen markanten Wertzuwachs bis zu seiner ökonomisch optimalen Hiebsreife. In dieser Zeitspanne entsteht noch kein Erlösverzicht, im Gegenteil. Bleibt der Baum hingegen länger stehen, was ebenfalls der Realität entsprechen dürfte, dann nimmt sein Wert rapide ab. Sollten die effektiven Zu- und Abnahmen des Wertes berechnet werden, so müsste jeder Baum einzeln inventarisiert (Baumart, Alter, BHD, Qualität) und alle zehn Jahre der Ansatz frisch berechnet werden. Theoretisch ist dies machbar, für die Praxis erscheint uns dieser Aufwand jedoch unrealistisch. Aus diesem Grund schlagen die Autoren ein vereinfachtes lineares Modell auf der Basis des Ausgangszustandes vor.

Der Abtriebswert als Basis zur Berechnung des Erlösverzichtes und Zinsverlustes wird über den Verkaufserlös und die Erntekosten ermittelt. Für den Verkaufserlös wiederum wurden unter anderem für die Hauptsortimente die durchschnittlichen Qualitäten B und C verwendet. Dieser Durchschnittswert ist plausibel unter der Annahme, dass nicht nur ökonomisch entwertete Bäume als Biotopbäume ausgewählt werden, sondern auch gesunde Bäume von höherer Qualität (siehe auch Kapitel 4.2.1).

Auch die Höhe der Erntekosten beeinflusst den Abtriebswert, denn je tiefer diese ausfallen, desto höher ist der erntekostenfreie Erlös. Die Erntekosten basieren auf einem vollmechanisierten Verfahren. Sie liegen beim Nadelholz sowie bei den BHD-Werten von 30, 40 und 50 cm des Laubholzes tiefer als bei einem motormanuellen Verfahren (siehe Anhang 6), was mit einem höheren Abtriebswert verbunden ist. Bei einem motormanuellen Verfahren wäre also diesbezüglich mit tieferen Gesamtkosten zu rechnen. Es gilt aber zu bedenken, dass die Kosten für Erschwernisse in der Waldbewirtschaftung bei einem motormanuellen Verfahren höher ausfallen können als bei einem vollmechanisierten Verfahren.

Möhring et al (2010) beziehen zusätzlich einen möglichen Wertverlust des Baumes von pauschal 25 Prozent ein. Hingegen werden der Zuwachs und ein dadurch resultierender Wertgewinn nicht einbezogen. Im vorliegenden Bewertungsmodell wird auf die Quantifizierung des Wertverlustes verzichtet, der Zuwachs ist aber mit eingerechnet. Es wäre zu diskutieren, ob und in welchen Fällen der Einbezug eines Wertverlustes als sinnvoll erachtet werden könnte.

Die Kosten für die laufenden Erschwernisse wurden ebenfalls mit 18 CHF pro Baum für 10 Jahre abgeschätzt. Der Erschwernisfaktor wurde nicht einbezogen. Die Untersuchung im vorliegenden Projekt brachte nur wenige Vergleichswerte für diese Erschwernisse hervor. Ein Vergleich mit Zusatzaufwänden zur Herstellung der Sicherheit bei der Erholungsnutzung beispielsweise zeigt aber, dass die geschätzten Kosten für stark frequentierte Wälder oder Wälder im Bereich von Anlagen tendenziell tief angesetzt sind.

Mit dem Bewertungsmodell wird eine Berechnung der Gesamtkosten bei einem Nutzungsverzicht ermöglicht. Die Ergebnisse geben erste Hinweise auf eine mögliche Spannweite der Kosten. Da die Ergebnisse stark von den getroffenen Annahmen abhängen, ist eine verallgemeinerte Aussage zu den tatsächlichen Kosten nicht zulässig.

6 Bewertungsansatz für Totholz

In Analogie zum Bewertungsansatz für Biotopbäume können zur Bereitstellung von Totholz folgende Überlegungen angestellt werden:

- Stehendes Totholz verursacht im Prinzip keine direkten Kosten. Solche entstehen erst, wenn im Vergleich zu den Indikatoren gemäss Projektbericht GNWB zu wenig Totholz vorhanden ist und sich im Wirtschaftswald allenfalls aktive Massnahmen aufdrängen. Wegen der verschärften Haftungsfragen muss jedoch von einem derartigen Vorgehen abgeraten werden.

- Die Erlösminderung kann, zum heutigen Zeitpunkt, als neutral betrachtet werden: es ist davon auszugehen, dass vorwiegend minderwertige Bäume absterben, wo der erntekostenfreie Erlös in etwa Null sein wird. Diese Ausgangslage könnte sich jedoch bei verstärkter Holznachfrage ändern.

- Das Aufschichten von Asthaufen verursacht Kosten in der Grössenordnung von rund 2‘500 CHF pro Hektare in einem Holzschlag. Es handelt sich um Handarbeit oder den Einsatz von Schreitbaggern mit Greifzangen. Das Rationalisierungspotenzial ist gering. Weil in verjüngten Beständen erst nach rund 30-40 Jahren neues Totholz grösserer Dimension aus dem nachwachsenden Bestand nachgeliefert wird, muss das Totholzvolumen nach einem Verjüngungshieb wesentlich mehr als 10 m^3 pro Hektare betragen. Nur so kann dieser Mindestwert über Jahrzehnte ohne Nachlieferung gewährleistet werden.

- Die Beanspruchung von Waldboden durch Totholz kann vernachlässigt werden: liegendes Totholz ist ein ideales Keimbeet für die Naturverjüngung. Unter stehendem Totholz stellt sich erfahrungsgemäss rasch Naturverjüngung ein. Einzig auf den Flächen von grösseren Asthaufen kommt es zu einer Verzögerung der Verjüngung.

- Als Grundlage für die Quantifizierung des Totholzes dienen die LFI-Kriterien, damit der örtliche Zustand mit den regionalen und nationalen Werten verglichen werden kann. Beim Totholz ist jedoch nicht nur der Zustand massgebend, sondern auch die **Dynamik: Wie lange dauert es, bis Totholz, das den LFI-Kriterien genügt, soweit zersetzt ist, dass es aus der Inventur heraus fällt?** In diesem Moment entfällt die Erfassung des restlichen Moderholzes gemäss der Definition im Projektbericht GNWB und kann daher nicht mehr angerechnet werden. Erfahrungsgemäss spielt das Mikroklima beim Abbauprozess eine entscheidende Rolle. Untersuchungen aus anderen Teilen Europas können nicht unbesehen übernommen werden. Eine wissenschaftliche Grundlage zur Abschätzung in unseren Verhältnissen, mit Bezug auf die LFI-Kriterien, fehlt.

- Die indirekten Kosten für Totholz wie Monitoring, Behinderungen, Haftpflichtfragen usw. können in Analogie zum vorher vorgestellten Modell für Biotopbäume taxiert werden. Dort wurden 2x 18 CHF pro Baum und 10-Jahresperiode vorgeschlagen. Übertragen auf das Totholz würde dies **180 CHF pro Hektare Wald und 10-Jahresperiode** bedeuten. Diese vereinfachte Berechnung basiert auf der Annahme, dass für 10 m^3 Totholz fünf Bäume zu je 2 m^3 pro Hektare belassen werden. In Kombination mit grossen Wurzelstöcken und Asthaufen kann dieser Wert reduziert werden. Die vorgestellten Abschätzungen sind noch sehr rudimentär und bedürfen weiterer Abklärungen.

Aus den genannten Gründen kann hier noch kein vollständiges Bewertungsmodell für Totholz vorgestellt werden. Wir schlagen vor, die Entschädigung von Totholz auf die

indirekten Kosten zu beschränken und in analoger Weise wie für die Biotopbäume zu berechnen. Als andere Möglichkeit bietet sich die Übernahme von kantonalen Entschädigungsansätzen an, wie sie in Kapitel 4.4 vorgestellt wurden.

7 Diskussion und Schlussfolgerungen

- Mit den im Projektbericht GNWB definierten Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ soll der langfristige Erhalt der saproxylischen Lebewesen in der Schweiz sichergestellt werden. Eine konkrete Umsetzung in der Praxis ist jedoch vor allem in Bezug auf die Biotopbäume in vielerlei Hinsicht mit Unklarheiten verbunden. Die breit gefassten Vorgaben ermöglichen eine betriebliche Freiheit bei der Auswahl der Bäume. Sie führt aber auch zu Unsicherheiten und erschwert eine Abschätzung der betrieblichen Folgen für die Waldbesitzer.

- In vorliegender Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die beiden Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ weitreichende forstbetriebliche Auswirkungen haben können. Aufgrund der Vielzahl an möglichen Einflussfaktoren ist jedoch eine allgemeine und umfassende Quantifizierung der entstehenden Mindererträge und Mehraufwände schwierig. Eine Ermittlung der effektiven Auswirkungen im Einzelfall wäre wünschenswert, um eine möglichst faire Beurteilung herbeizuführen. Diese umfassenden Kalkulationen sind jedoch wenig realistisch, da der Aufwand hierfür sehr gross wäre.

- Durch den Erhalt von Biotopbäumen können bedeutende Mindererträge und Mehraufwände entstehen. Insbesondere scheinen Faktoren, die im Zusammenhang mit Sicherheitsaspekten bei der Waldbewirtschaftung und bei der Erholungsnutzung stehen, einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Mehraufwände zu haben.

- Mit dem erarbeiteten Bewertungsmodell ist es möglich, Eckwerte für die mit Biotopbäumen verbundenen Gesamtkosten zu generieren. Die errechneten Resultate spiegeln die Werte auf der Basis der Modellannahmen wider. Insbesondere gehen die Autoren von der Annahme aus, dass einmal gewählte Biotopbäume im Normalfall bis ans Lebensende diese Funktion ausüben werden und somit für eine kommerzielle Nutzung ausser Betracht fallen. Weitere Resultate können unter Berücksichtigung von veränderten Eingangsgrössen generiert werden.

- Die im LFI3 ausgewiesen Daten zeigen, dass der Totholzvorrat in allen Produktionsregionen ausser dem Jura über dem Mindestwert von 10 m^3 Totholz pro Hektare liegt. Das durchschnittliche Totholzvolumen (ohne Zuordnung zu den Baumarten) ist sogar um 16 Prozent höher[19]. Zum Teil ist diese Zielerfüllung eine direkte Folge des Orkans Lothar. Auch werden derzeit entwertete Bäume und solche von schlechter Holzqualität aus ökonomischen Überlegungen oftmals nicht genutzt. Bei einer steigenden Nachfrage nach Holz und mit rationelleren Holzernteverfahren ist aber zu erwarten, dass solche Bäume sowie auch bisher im Bestand verbleibendes Tot- und Waldrestholz genutzt werden wird. Zugleich vermodert das vorhandene Totholz nach und nach. In der Folge ist auch mit einer Verringerung der bestehenden Totholzmengen zu rechnen.

- Der Projektbericht GNWB fordert klar eine Mindestmenge von 10 m^3 Totholz pro Hektare. Ob es hierfür im bewirtschafteten Wald spezielle Massnahmen braucht und welche Mehrkosten sowie Mindererträge dadurch verursacht werden, ist noch nicht abschliessend diskutiert. Das Gesetz sieht keine Bewirtschaftungspflicht für solche Fälle vor. Wer hingegen seinen Wald aus eigenem Antrieb bewirtschaftet, ist dazu angehalten, sich an die Indikatoren aus dem Projektbericht GNWB zu halten. Um zuverlässig abschätzen zu können, welche Mehrkosten und Mindererträge anfallen, muss unter anderem die Dauer bekannt sein, in der stehendes oder liegendes

[19] In Deutschland wird diese Unterscheidung offenbar nicht praktiziert (Meyer et al 2009).

Totholz (nach LFI-Kriterien gemessen) vermodert. Leider fehlt diese wichtige Information bisher. Aufgrund des Informationsdefizites kann eine vollständige Modellrechnung nicht hergeleitet werden. Im Minimum sollten jedoch die indirekten Kosten entschädigt werden, insbesondere für Erschwernisse bei der Bewirtschaftung, für die Planung und das Monitoring sowie für die Haftungsfragen. In Analogie zu den Biotopbäumen steht ein Betrag von 180 CHF pro Hektare Wirtschaftswald für eine 10-Jahresperiode zur Diskussion.

- Die räumliche Beschränkung dieses Projektes auf das Mittelland und den Jura begründet sich einerseits durch die Vereinfachung der Modellrechnung bezüglich der Holzernteverfahren. Andererseits wird in diesen Regionen der Fokus klar auf die Waldfunktionen Produktion, Erholung und Biodiversität gerichtet. Die hier gewonnenen Erkenntnisse lassen sich vermutlich mit wenigen Anpassungen auf weitere Landesteile übertragen.

8 Weiterer Forschungs- und Abklärungsbedarf

In vorliegender Untersuchung war das Ziel, Mindererträge und Mehraufwände in Bezug auf Biotopbäume und Totholz zu identifizieren und, wenn möglich, abzuschätzen. Aufgrund der Vielfalt an Einflussfaktoren und wenigen bestehenden Informationen aus der Literatur war eine umfassende und abschliessende Beurteilung und Quantifizierung jedoch nicht in allen Bereichen möglich. Insbesondere hinsichtlich der effektiven Mehraufwände wären weiterführende Untersuchungen wünschenswert.

Zudem bestünde die Möglichkeit, die vorgeschlagene Bewertungsmethodik anzupassen, um eine weitere Differenzierung der Resultate zu erreichen. So könnte beispielsweise eine Verfeinerung der laufenden Erschwernisse sowie der Einbezug weiterer Baumarten, Holzernteverfahren und Holzqualitäten eine grössere Bandbreite zu verschiedenen betrieblichen Situationen abdecken.

Im Verlauf der Untersuchung und im Input-Workshop wurde ein weiterer Abklärungs- und Informationsbedarf zu folgenden Punkten festgestellt:

- Das Totholz wird nach den LFI-Kriterien quantifiziert. Dadurch ergibt sich eine gute Vergleichbarkeit der lokalen mit den nationalen Daten. Zur Dynamik von Totholzabbau und Totholznachlieferung hingegen existieren kaum wissenschaftlich belegte Grundlagen, die auf die vielfältigen mikroklimatischen Bedingungen in der Schweiz Rücksicht nehmen. Ein praxisorientiertes Forschungsprojekt zu dieser Fragestellung könnte die fehlende Datengrundlage liefern. Dabei ist zu bedenken, dass Vermoderungsexperimente vermutlich zu lange dauern würden, um schlüssige Antworten zu finden. Hingegen könnten, im Verbund mit der Praxis, auf gut dokumentierten Flächen der Orkane Vivian/Wiebke und Lothar entsprechende Erkenntnisse gewonnen werden. Auch gibt es Forstbetriebe, die seit längerem nach Durchforstungen Stämme im Wald belassen, an denen die Abbauprozesse des liegen gebliebenen Holzes nachvollzogen werden könnten.

- Aufgrund der breit gefassten Definition ist die Identifikation und konkrete Auswahl von Biotopbäumen erschwert. Beispielsweise ist in der praktischen Anwendung relevant, ob ein Biotopbaum einen bestimmten BHD aufweisen müsste. Insbesondere wenn Biotopbäume und deren Entwicklung anhand des LFI beurteilt und erhoben werden, müsste auch in der Praxis Klarheit darüber bestehen, welche Faktoren und Merkmale in die Erfassung einbezogen werden.

- Aus forstbetrieblicher Sicht ist es relevant, ob ein Biotopbaum im Sinne eines Totholzanwärters bis zu seinem Zerfall im Bestand verbleiben soll oder ob er nach einer bestimmten Zeit wieder genutzt werden kann. Im Projektbericht GNWB sollte deshalb ein konkreter Zeitbezug aufgeführt werden.

- Die Fläche, welche die Krone eines Biotopbaumes beansprucht, wurde im Bewertungsmodell vereinfacht mit der Kronenschirmfläche der Z-Bäume gleich gesetzt. Diese Vereinfachung erfolgte aus dem Notstand, dass entsprechende referenzierte Zahlen zu Biotopbäumen nicht verfügbar sind, im Gegensatz zu den Z-Bäumen. Es besteht also Bedarf, diesen Flächenbedarf zu verifizieren.

- Laut den GNWB ist eine regelmässige Verteilung der Biotopbäume anzustreben. Aus praktischer Sicht stellt sich aber die Frage, ob für die Mindestanzahl jede einzelne Hektare oder die gesamte Betriebsfläche als Bezugsfläche gilt. Insbesondere in

kleinen Betrieben kann eine strikte Ausscheidung von fünf Bäumen pro Hektare aus Platzgründen problematisch sein. Zudem ist relevant, ob die Bäume regelmässig im Bestand verteilt sein müssten oder ob diese in Gruppen stehen könnten. Einzelne Bäume über eine Hektare verteilt sind in der Regel mit mehr Einschränkungen und Risiken verbunden.

- Weiter ist die effektiv notwendige Anzahl Biotopbäume auf einer Fläche unklar, um die Mindestanforderungen kontinuierlich sicherstellen zu können. Ein Biotopbaum kann aus natürlichen Gründen ausfallen oder muss beispielsweise aus Sicherheitsgründen entfernt werden. Es stellt sich deshalb die Frage, ob auf der Fläche bereits eine gewisse Anzahl an Ersatzbäumen bestehen muss, wodurch sich die effektiv vorhandene Anzahl ausgewählter Biotopbäume auf der Fläche automatisch erhöht.

- Zwar wird im Projektbericht GNWB klar formuliert, dass von bewusst stehen gelassenen Biotopbäumen und von Totholz keine akute Gefahr für die Sicherheit ausgehen darf. Die unklare rechtliche Situation erschwert jedoch Entscheidungen für oder gegen die Belassung von Biotopbäumen und Totholz.

    - Die Sicherheitsfrage und damit zusammenhängend die Haftungsansprüche müssen dringend geklärt werden. Solange dies nicht geschieht, ist es unwahrscheinlich, dass freiwillig Bäume, welche mit einem hohen Sicherheitsrisiko verbunden sind, erhalten werden, da sowohl Waldarbeiter als auch Erholungssuchende einer Gefährdung ausgesetzt werden.

    - Damit zusammenhängend müsste auch das Betretungsrecht gemäss Artikel 699 Zivilgesetzbuch (Betretungsrecht von Wald und Weide) diskutiert werden, denn es besteht ein hoher Sicherheitsbedarf insbesondere auch bei Erholungssuchenden.

Die Schweizer Waldbesitzer setzen sich mehrheitlich mit einer gewissen Selbstverständlichkeit für die Erhaltung und Förderung der Waldbiodiversität ein. Die vorliegende Untersuchung kann allenfalls dazu beitragen, auf sachlicher Grundlage eine politische Diskussion zu führen, ob diese Leistungen der Waldbesitzer zukünftig entschädigt werden sollen. Die Autoren des vorliegenden Projektberichts sind der Meinung, dass dieser Diskurs nicht vermieden werden soll – im Gegenteil.

Literaturverzeichnis

Arbeitsgruppe Forst, 2004. Gefährdungen bei forstlichen Tätigkeiten: Beurteilung und Dokumentation - Teil 2. InfoMediaVerlag e.K., Tharandt, 82 S.

BAFU (Bundesamt für Umwelt) (Hrsg.), 2008. Holznutzungspotenziale im Schweizer Wald auf Basis LFI3. Bericht, 38 S.

BAFU (Bundesamt für Umwelt) (Hrsg.), 2011. Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Umwelt-Vollzug Nr. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 222 S.

BAFU (Bundesamt für Umwelt) (Hrsg.), 2011. Waldpolitik 2020. Botschaft an den Bundesrat. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 21 S.

Bayerische Staatsforsten, 2009. Betriebsanweisung: Umgang mit stehendem Totholz bei der motormanuellen Holzernte.

Bernasconi A, Mohr C, Weibel F, 2003. Erholung und Walddynamik: Herleitung von Grundlagen zur Kosten im Erholungswald am Fallbeispiel Region Bern, 18 S.

Bont L, 2005. Kundenorientierte Optimierung der Sortiments-Aushaltung bei der Holzernte. Diplomarbeit, unveröffentlicht, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 205 S.

Brändli UB, 1996. Die häufigsten Waldbäume der Schweiz: Ergebnisse aus dem Landesforstinventar 1983-85: Verbreitung, Standort und Häufigkeit von 30 Baumarten. Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Landschaft und Schnee WSL 342, 278 S.

Brändli UB (Red.), 2010. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Landschaft und Schnee WSL, Birmensdorf, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 312 S.

Brändli UB, Abegg M, Bütler R, 2011. Lebensraum-Hotspots für saproxylische Arten mittels LFI-Daten erkennen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 162 (9), 312–325.

Braun S, Flückiger W, 2009. Wie geht es unserem Wald? 25 Jahre Walddauerbeobachtung. Interkantonales Walddauerbeobachtungsprogramm der Kantone AG, BE, BL, BS, FR, SO, TG, ZG, ZH und des BAFU - Ergebnisse von 1984 bis 2008, Bericht 3. Institut für angewandte Pflanzenbiologie IAP (Hrsg.), Schönenbuch, 45 S.

Breitenstein U, Erni V. 2004. Tabelle über den Arbeitsaufwand für Kultur- und Pflegekosten. In: Schweizer, S. (Red.), Schweizerischer Forstkalender 2011, Huber, Bern, S 191–194.

Brun C, 1996. Erholungsaktivitäten im Wald: Fragen zur Haftpflicht des Waldeigentümers. Bündnerwald (1), 60–65.

Burnard J, Keller F, Rutishauser U, Stocker R, Wohlgemuth T, 2007. Ein Werkzeug zur ökologischen Bewertung der Wirtschaftswälder im Mittelland. Projektbericht, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Landschaft und Schnee WSL, Birmensdorf, 109 S.

Bütler R, 2005. Alt- und Totholz: Ein Zeichen moderner, nachhaltiger Waldwirtschaft. Wald und Holz 86 (4), 45–48.

Bütler R, Lachat T, 2009. Wälder ohne Bewirtschaftung: eine Chance für die saproxylische Biodiversität. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 160 (11), 324–333.

Bütler R, Lachat T, Schlaepfer R, 2005. Grundlagen für eine Alt- und Totholzstrategie der Schweiz. Interner Projektbericht der EPF Lausanne, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, unveröffentlicht, 100 S.

Bütler R, Lachat T, Schlaepfer R, 2006. Saproxylische Arten in der Schweiz: ökologisches Potenzial und Hotspots. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 157 (6), 208–216.

Bütler R, Schlaepfer R, 2004. Wie viel Totholz braucht der Wald? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 155 (2), 31–37.

BUWAL, WSL, 2005. Waldbericht 2005 – Zahlen und Fakten zum Zustand des Schweizer Waldes. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, 152 S.

Christensen M, Hahn K, Mountford EP, Ódor P, Standovár T, Rozenbergar D, Diaci J, Wijdeven S, Meyer P, Winter S, Vrska T, 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forst reserves. Forest Ecology and Management 210, 267–282.

Christensen M, Vesterdal L, 2003. Physical and chemical properties of decaying beech wood in two Danish forest reserves. Nat-Man Working Report 25, abgerufen am 13.09.2005, http://www.flec.kvl.dk/natman/html/menu.asp?id=124

Dietz T, Planker A, Braun W, 2010. Totholz – das Ende der Arbeitssicherheit? AFZ-DerWald, 65 (1), 13-14.

EAFV (Eidgenössische Anstalt für Forstliches Versuchswesen), 1983. Ertragstafeln Buche, Fichte, Lärche und Tanne. Birmensdorf.

Englert H, 2009. Forstwirtschaftlich produzierte Lignocellulosepflanzen. In: Kaltschmitt M, Hartmann, H, Hofbauer, H (Hrsg.): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Auflage. Springer-Verlag, S 75–88.

Flade M, Winter S, Schumacher H, Möller G, 2003: Naturschutzstandards für die Bewirtschaftung von Buchenwäldern in nordostdeutschen Tiefland – F+E Vorhaben, Biologische Vielfalt und Forstwirtschaft. Sachbericht, unveröffentlicht, Landesanstalt für Grossschutzgebiete Brandenburg, 441 S.

Forstamt Kanton Thurgau, 2007. Empfehlung: Totholz und Altholz im Thurgauer Wald.

Forstamt Kanton Thurgau, 2008. Eichenförderung: Erhaltung und Erhöhung des Eichenanteils. Auflistung von Massnahmen und Kosten.

Forster B, Buob, Stefan, Covi S, Oehry E, Urech H, Winkler M, Zahn C, Zuber R, 1998. Schlagräumung. Merkblatt für die Praxis 30, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Landschaft und Schnee WSL, Birmensdorf.

Hein S, 2007. Wertholzproduktion mit Buche, Eiche, Esche und Ahorn. Hilfen für eine zielgerichtete Wachstumssteuerung, 5 S.

Helbling A, 2009. Die Haftung des Waldeigentümers für die Sicherheit im Wald, Diplomarbeit, unveröffentlicht, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft Zollikofen, 52 S.

Helbling A, 2010. Haftungsfragen des Waldeigentümers. Wald und Holz 2, 25–27.

Höbarth M, Lanschützer F (Red.), 2002. Entgelte für Waldflächen in NATURA 2000 Gebieten, 2. überarbeitete Auflage, Mai 2002, 32 S.

Honsell H, Vogt NP, Wiegand W (Hrsg.), 1996: Kommentar zum schweizerischen Privatrecht. Obligationenrecht 1, Art. 1-529 OR., Helbing & Lichtenhahn, Basel.

Iseli R, Jakob R, Hostettler T, Bernasconi A, 1999. Richtlinien zur Schätzung von Waldwerten. Schweizerischer Forstverein SFV (Hrsg.), 134 S.

Kaufmann G, Staedeli M, Wasser B, 2010. Grundandorderungen an den naturnahen Waldbau. Projektbericht. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

Keller M (Red.), 2005. Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004-2007, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Landschaft und Schnee, Birmensdorf, 393 S.

Klädtke J, Abetz P, 2004. Durchforstungshilfe. Eigenverlag, Freiburg i. B., 18 S.

Kramer H, Krüger H, 1981. Vorrat und Nutzungsmöglichkeiten forstlicher Biomasse in der Bundesrepublik Deutschland. Der Forst- und Holzwirt 36 (2), 33–37.

Küpker M, Küppers J, Elsasser P, Thoroe C, 2005. Sozioökonomische Bewertung von Massnahmen zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt der Wälder. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie 2005/1, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft und Zentrum Holzwirtschaft Universität Hamburg, 118 S.

Lachat T, Bütler R, 2007. Gestion des vieux arbres et du bois mort: Îlots de sénescence, arbres-habitat et métapopulations saproxyliques. Mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Laboratoire des systèmes écologiques, ECOS, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, 84 S.

Lachat T, Bütler R, 2009. Identifying Conservation and Restoration Priorities for Saproxylic and Old-Growth Forest Species: A Case Study in Switzerland. Environmental Management Nr. 44, 105–118.

Lemm R, Thees O, Hensler U, Hässig J, Bürgi A, Zimmermann S, 2010. Ein Modell zur Bilanzierung des holzerntebedingten Nährstoffentzugs auf Schweizer Waldböden. Schweiz. Z. Forstwes. 161, 10: 401-412

Leuch A, 2007. Die Haftung des Waldeigentümers im Waldbestand und entlang von Strassen (Essay). Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 158 (11), 337–341.

Meier S, 2009. Beurteilung des ökologischen und ökonomischen Wertes von Habitatbäumen in Wirtschaftswäldern am Beispiel des Forstbetriebs Baden. Masterarbeit, unveröffentlicht, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 117 S.

Meyer P, Menke N, Nagel J, Hansen J, Kawaletz H, Paar U, Evers J, 2009. Entwicklung eines Managementsmoduls für Totholz im Forstbetrieb. Abschlussbericht. Nordwestdeutsche forstliche Versuchsanstalt, 110 S., abgerufen am 15.11.2011, http://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Sachgebiet/Waldnaturschutz_Naturwald/dbu_totholz_abschlussbericht.pdf

Mollet P, Hahn P, Heynen D, Birrer S, 2005. Holznutzung und Naturschutz. Grundlagenbericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 378, Bern, 52 S.

Mordini M, 2009. Modellierung und Beurteilung der ökologischen und ökonomischen Wirkungen von waldbaulichen Eingriffen – Einrichtung zweier Marteloskope in eichenreichen Flächen. unveröffentlicht, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 118 S.

Möhring F, Tzschupke W, Oldenburg C, Schulz C, Schattenberg H, Jacobs H, Rummel D, Leefken G, Strugholtz A, 2010. Bewertungskonzept für Einzelbäume im Rahmen des freiwilligen Vertragsnaturschutzes. Erarbeitet von einer Arbeitsgruppe des Ausschusses für Betriebswirtschaft des DFWR. 16 S, abgerufen am 02.03.2011, http://www.dfwr.de/download/Langfassung_Bewertungskonzept_Einzelbaum.pdf

Nagel J, 2009. Handbuch zur Wachstumssimulation mit dem Java Software Paket TreeGrOSS: Parameter zur Schätzung der Kronenbreite (cw) mit der Formel cw=p0+(p1*BHD)*(1-exp(-(BHD/p3)^p4)).

Nagel J, Meyer P, 2011. Totholzkalkulator - Prototyp: Liegendes Totholz in Buchenbeständen, abgerufen am 15.11.2011, http://www.nw-fva.de/~nagel/forestapplets/THKalkulator.html

Niedermann-Meier S, Mordini M, Bütler R, Rotach P, 2010. Habitatbäume im Wirtschaftswald: ökologisches Potenzial und finanzielle Folgen für den Betrieb. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 161 (10), 391–400.

Nilsson SG, Niklasson M, Hedin J, Aronsson G, Gutowski JM, Linder P, Ljungberg H, Mikusinski G, Ranius T, 2002. Densities of large living and dead trees in old-gowth temperate and boreal forests. Forest Ecology and Management 161, 189–204.

Ódor P, Standovár, 2003. Changes of physical and chemical properties of dead wood during decay. Nat-Man Working Report 24.

Oesten G, Roeder A, 2008. Management von Forstbetrieben. Band I Grundlagen, Betriebspolitik, 2. Auflage, Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter, 412 S.

Projektleitung WAP-CH, Brugger & Partner, 2004. Waldprogramm Schweiz (WAP-CH). Schriftenreihe Umwelt Nr. 363, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 117 S.

Rademacher P, 2005. Nährelementgehalte in den Kompartimenten wichtiger Wirtschaftbaumarten und deren Bedeutung für die Reststoffverwertung. Holz als Roh- und Werkstoff 63, 285–296.

Ritter P, 2011. SUVA, Bereich Holz und Gemeinwesen. (mündl.) Gespräch am 25.05.2011.

Schaber-Schoor G, 2008. Wie viel Totholz braucht der Wald - Ergebnisse einer Literaturrecherche als Grundlage für ein Alt-, Totholz- und Habitatbaumkonzept. FVA-Einblick Nr. 2, 5–8.

Schaber-Schoor G, 2010. Fachliche Anforderungen, Ziele und Handlungsansätze verschiedener Alt- und Totholzkonzepte. AFZ-DerWald 65 (1), 8–9.

Scherzinger W, 1996. Naturschutz im Wald. Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Schiegg Pasinelli K, Suter W, 2000. Lebensraum Totholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Landschaft und Schnee, Birmensdorf.

Schwager G, 2011. Forstamt Kanton Thurgau (mündl.) Gespräch am 13.04.2011.

Schweizer S, 2010. Schweizerischer Forstkalender 2011. Taschenbuch für Forstwesen, Holzgewerbe, Jagd. 106. Jahrgang. Verlag Huber, Frauenfeld, Stuttgart, Wien.

Speich S, Abegg M, Brändli UB, Cioldi F, Duc P, Keller M, Meile R, Rösler E, Schwyzer A, Ulmer U, Zandt H, 2010. Drittes Schweizerisches Landesforstinventar - Ergebnistabellen im Internet, http://www.lfi.ch/resultate/.

Thoroe C, Dieter M, Elsasser P, Englert H, Küppers J, Roering H, 2003. Untersuchungen zu den ökonomischen Implikationen einer Präzisierung der Vorschriften zur nachhaltigen, ordnungsgemässen Forstwirtschaft bzw. von Vorschlägern zur Konkretisierung der Guten fachlichen Praxis in der Forstwirtschaft. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie 2003/3, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft und Ordinariate für Holzbiologie, Holztechnologie und Weltforstwirtschaft der Universität Hamburg,66 S.

Trüeb H. „Waldhaftpflicht“: Privatrechtliche Grundlagen. In: Ausgewählte Fragen des forstlichen Haftpflichtrechts, Tagung vom 25. Oktober 1995, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich, 3–13.

Van Hees AFM, 2003. Decay and physical-chemical characteristics of dead beech wood in The Netherlands. Nat-Man Working Report 46, abgerufen am 13.09.2005, http://www.flec.kvl.dk/natman/html/menu.asp?id=124

Von Bethmann C, 2008. Qualitätssicherung von Kompensationsmassnahmen im Wald. Totholzmanagement und Erfolgskontrolle. Workshop 18.11.2008, abgerufen am 13.04.2011, http://oekokonto-im-wald.de/dokument/C_v_Bethmann.pdf

Von Petz M, 2005. Umsetzungsmöglichkeiten des Vertragsnaturschutzes in der Forstwirtschaft. Schriften zur Forstökonomie. Sauerländer’s Verlag, Frankfurt am Main, 281 S.

VNPWaldR, 2007. Richtlinien über Zuwendungen nach dem Bayerischen Vertragsnaturschutzprogramm Wald (VPNWaldR 2007) vom 24. Mai 2007, abgerufen am 19.04.2011, http://www.lbv.de/fileadmin/www.lbv.de/biotopschutz/Wald/Naturschutz_im_Wald/VNP_Wald_Richtlinien_Saetze.pdf

Waldwirtschaftsverband St. Gallen und Lichtenstein, 2006. Inwertsetzung von Waldleistungen.

Wettmann O, Hartmann H, 2009. Totholz: besondere Gefahren erfordern besondere Sicherheitsmassnahmen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 160 (11), 346–349.

Winkel G, Volz K, 2003. Naturschutz und Forstwirtschaft: Kriterienkatalog zur "Guten fachlichen Praxis". Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 80084001 des Bundesamtes für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg, 194 S.

Anhang 1: Ergebnisse Input-Workshop vom 5. April 2011

Folgende Punkte sind von den Teilnehmenden der Arbeitsgruppe (während des Workshop-Tages und in der Nachbearbeitung) angesprochen worden:

Allgemeiner Aufwand

Welche Aufwände ergeben sich durch Biotopbäume und Totholz?

Stichworte	Erläuterungen zu einzelnen Punkten
• Planung • Nachweis/Kontrolle • Konzept	• Verwaltungsaufwand: Administration, Planung, Nachweis, Kontrolle, Konzeptentwicklung, Kartierung, Umsetzung (Markierung). Aufwand stark abhängig von Aufgabenverteilung und Detaillierungsgrad (zum Beispiel bei Planung). Je detaillierter, desto höher der Aufwand.

Erschwernisse Waldarbeiten

Welche Erschwernisse ergeben sich bei der Pflege, Bewirtschaftung und Holzernte (z.B. Unfallgefahr, Vorsichtsmassnahmen)? Aufwand für die Bildung von Totholzhaufen?

Stichworte	Erläuterungen zu einzelnen Punkten
• Erschwerte Holzernte (Rücken, Sicherheit, Behinderung, mehr Aufwand) • Erhöhtes Risiko eingehen • Betriebshaftpflicht • Unfallversicherung • Mehraufwand für Asthaufen • Feinerschliessung • „Wittwenmacher“	• Erschwerte Holzernte durch Fällen in Gegenrichtung aus Sicherheitsgründen, erhöhter Sicherheitsaufwand oder Behinderung beim Rücken. • Erhöhtes Risiko/Unfallgefahr: Waldarbeiter und Material. • Betriebshaftpflicht: Malus bei der SUVA durch Arbeitsunfall • Mehraufwand für Asthaufen: In der Regel manuell und arbeitsintensiv. Kostensenkung durch Beschäftigung von Vereinen, Zivildienstleistenden oder Personen aus Arbeitslosenprogrammen. Maschinelle Arbeiten können sich nachteilig auf den Boden auswirken. • Berücksichtigung der Feinerschliessung. Verlegung von Wegen führt zu Mehraufwand • Stichwort „Wittwenmacher“: Bezug zur Sicherheitsthematik. Beim unbedingten Erhalt eines Baumes aus ökologischen Gründen, einhergehend mit einem besonderes grossen Risiko bei Waldarbeiten, wäre eine Variante: Nichtnutzung von Bäumen in Risikodistanz mit entsprechender Entschädigung.

Erschwernisse Erholung

Welche Erschwernisse ergeben sich bezüglich den Waldbesuchenden (Unfallgefahr, Haftung und Haftpflichtversicherung)?

Stichworte	Erläuterungen zu einzelnen Punkten
• Herstellung der Sicherheit • Sensibilisierung der Öffentlichkeit • Unfallgefahr, Haftungsfrage • Unterstützung Waldbauer	• Regelmässige Kontrollen zur Herstellung der Sicherheit • Sensibilisierung der Öffentlichkeit über die Gefahren im Wald, da Restrisiken bestehen bleiben • Abklärung der Unfallgefahr und Haftungsfrage notwendig • Unterstützung Waldbauer z.B. beim Betretungsrecht ZGB, Erneuerung WaG?

Weitere Auswirkungen

Weitere Auswirkungen auf die Betriebsabläufe?

Stichworte	Erläuterungen zu einzelnen Punkten
• Gefahr Borkenkäferbefall • Verlust betrieblicher Flexibilität • Verminderung Bodenwert (eher gering)	• Risiko von Borkenkäferbefall steigt mit Totholzmenge • Verlust betrieblicher Flexibilität: Wie dynamisch ist das Konzept? Muss ein Biotopbaum fix bis zum Lebensende erhalten werden? Ist ein Wechsel möglich? • Verminderung Bodenwert z.B. bei Waldveräusserung (Faktor

	wird als eher als wenig bedeutend eingestuft)

Ertragsausfall auf der Fläche

Wie kann der Ertragsausfall quantifiziert werden?

Stichworte	Erläuterungen zu einzelnen Punkten
• Nutzungsverzicht • Erntekostenfreier Erlös • Reduzierter Restwert bei Nutzung? • Fläche Biotopbaum • Berechnungsmethode? • Zeithorizont? • Verlust der Produktionsfläche • „Verdrängung“ von ertragreichen Bäumen • Umtriebszeit • Boden-Wald-Gesellschaft • Energieholz → Totholznutzung • CO_2-Zertifikat	• Berechnung Nutzungsverzicht: 1. Erntekostenfreier Erlös (Unsicherheitsfaktoren), 2. Beanspruchte Fläche • Annahme: Im Durchschnitt beansprucht ein Biotopbaum eine Fläche von etwa 1 Are. 5 Biotopbäume = 5 Aren / 5 % von 1 ha • Einbezug Zeithorizont notwendig: Wie lange bleibt der Baum? Wie schnell muss ich ihn ersetzen? Zerfallsphase: Im Wirtschaftswald werden Eichen erfahrungsgemäss nicht so alt wie im Freistand. • Verlust der Produktionsfläche, auf der Produktionsfläche gibt es weniger Platz für die ertragreichen Bäume • Restwert bei Nutzung? Bei späterer Nutzung kann Restwert reduziert sein (verschiedene Einflüsse). Baum kann auch Wertsteigerung erfahren (Zuwachs) • Umtriebszeit einbeziehen (z.B. 180-200 Jahre), pro Baumart • Produktionsfläche: Einbezug Boden und Waldgesellschaft (Standortsgüte) • Energieholz → Totholznutzung. Nachfrage wird tendenziell steigen, womit der Druck auf die Totholznutzung zunehmen wird bzw. das Astmaterial, das heute liegen bleibt, vermehrt genutzt wird bzw. genutzt werden könnte. • Zu verwertbarem Holz: Holzerntemenge steigt tendenziell an, da sowohl Krone und Astmaterial entnommen werden (→ Vollbaumnutzung) • CO_2-Zertifikat: Wert der Speicherung nicht berücksichtigen

Lösungsansätze

Welche Lösungsansätze sollen weiterverfolgt werden?

Stichworte	Erläuterungen zu einzelnen Punkten
• Ab schwachem Baumholz 5 Biotopbäume • Zeithorizont: 10 Jahre • Kanton Thurgau • Richtlinien • Nutzungsverzicht/Minder-erträge/Erntekostenfreier Erlös/Produktionsfläche /Mehraufwände mit Abstufung der Werte • Erhöhter Zeitaufwand und Maschineneinsatz (Bereich 0-200%) • Versicherung (Suva → Prozentbereich des Lohns → etwa 1 % höher) • Schulung wahrscheinlich gute Praxis • Sicherung, Instruktion, Arbeitstechnik, Feinerschliessung über Arbeitszeit.	• Für die Abschätzung sollen folgende Annahmen gelten: ▪ Fünf Biotopbäume ab schwachem Baumholz, ohne Jungwuchs (Hypothese) ▪ Zeithorizont: 10 Jahre • Weitere Schritte: ▪ Anfrage Kanton Thurgau zur Herleitung der Zahlen ▪ Richtlinien zur Schätzung von Waldwerten konsultieren ▪ Konkreter Fall und Kosten abschätzen • Berechnung Nutzungsverzicht/Mindererträge (Ansatz): ▪ Verkaufserlös – Holznutzungskosten (verschiedene Verfahren betrachten) = Erntekostenfreier Erlös (untere Limite 0.00 CHF) ▪ Erntekostenfreier Erlös – Mehraufwände ▪ Produktionsfläche – Bodenwert oder Ertragsfläche, Bodenwertabschätzung 2 CHF pro m^2 (5 % von 1 ha) ▪ Abstufung der Werte wäre erwünscht. • Berechnung der Mehraufwände ▪ Grundsätzlich sollten mindestens alle Aufwände aus Aufwand und Betrieb berücksichtigt werden. ▪ Mehraufwand Holzernte/erhöhtes Risiko der Arbeitenden ▪ Erhöhter Zeitaufwand/Maschineneinsatz (Bereich 0-200%) ▪ Kosten für Versicherung (Suva → Prozentbereich des Lohns → etwa 1 % höher) ▪ Schulung sollte gute Praxis sein, im Moment ist dies jedoch noch nicht überall gewährleistet

	▪ Sicherung, Instruktion, Arbeitstechnik, Feinerschliessung über Arbeitszeit

Offene Fragen sowie weitere Diskussionspunkte

Weitere Punkte, die im Bericht diskutiert werden sollen

Stichworte	Erläuterungen zu einzelnen Punkten
• Definition Biotopbäume • Vorgaben Biotopbäume • Gruppierung Biotopbäume • Verwaltungsaufwand • Haftpflicht (versicherung) • Betretungsrecht ZBG • Weitere Punkte, die nicht spezifisch notiert wurden	• Unklarheiten bezüglich der Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ gemäss Projektbericht GNWB: ▪ Wissenschaftlichen Grundlagen für die Mindestwerte? ▪ Unklare Definition der Biotopbäume: Welche Merkmale und welchen BHD müssten sie haben? ▪ Dynamik: Über welchen Zeitraum müssen Biotopbäume erhalten werden? Was geschieht beim Wegfall eines Biotopbaumes (natürlicherweise oder aus Sicherheitsgründen)? Muss auf der Fläche bereits ein neuer Baum als Ersatz vorhanden sein? Wie viele Bäume müssen tatsächlich vorhanden sein? Müssen die Biotopbäume von jung an „gepflegt“ werden? Müssen allenfalls Biotopbäume und Totholz „künstlich“ geschaffen werden? ▪ Gruppierung von Biotopbäumen: Müssen auf jeder Hektare Biotopbäume vorhanden sein oder kann die Anzahl auf grösseren Einheiten (z.B. Betriebsfläche) bezogen werden? Müssen die Bäume über eine Hektare verteilt sein oder können sie in Gruppen stehen? ▪ Gäbe es die Möglichkeit anstelle der beiden Indikatoren „Biotopbäume“ und „Totholz“ andere Indikatoren zu definieren, die in der Praxis besser umsetzbar sind, damit der Projektbericht GNWB von den Waldbesitzenden besser akzeptiert wird? • An die Waldeigentümer werden immer höhere Forderungen gestellt, ohne Abgeltung der Leistungen und ohne Abklärung der rechtlichen Aspekte. • Verwaltungsaufwand ist abhängig von der zuständigen Stelle • Rechtliche Aspekte ▪ Sicherheitsfragen und Haftungsansprüche müssen dringend geklärt werden. Solange dies nicht geschieht, ist es unwahrscheinlich, dass freiwillig Bäume, die ein hohes Sicherheitsrisiko darstellen, erhalten werden, da sowohl Waldarbeiter als auch Erholungssuchende einer Gefährdung ausgesetzt werden. ▪ Damit zusammenhängend ist auch das Betretungsrecht gemäss ZGB 699 zu diskutieren, denn es besteht ein hoher Sicherheitsbedarf insbesondere auch bei Erholungssuchenden. • Totholz in Siedlungsnähe und in viel begangenen Wäldern schafft Probleme in folgenden Bereichen, welche auch (indirekte) Kosten verursachen können: ▪ Die Bevölkerung empfindet liegengelassenes Holz oftmals als Unordnung. ▪ Liegengelassenes Totholz und Asthaufen als Abfalldeponie • Bei der Methode, die in Niedermann-Meier et al (2010) angewandt wurde, fehlt ein Zeitraum. Die Werte beziehen sich auf eine einmalige Berechnung basierend auf dem Ist-Zustand und die Aufwände werden nicht differenziert ausgewiesen. Zudem erscheint der Forstbetrieb als nicht ausreichend repräsentativ zur Abbildung der Verhältnisse des Mittellandes respektive Juras.

Anhang 2: Lebensdauer verschiedener Baumarten

Nachfolgende Aufstellung zeigt die maximale natürliche Lebensdauer und Rekorddimensionen im Freistand sowie die wirtschaftliche Lebensdauer für verschiedene Bäume Europas (Quelle: Scherzinger 1996, verändert nach Brändli 1996, zitiert in Bütler et al 2005:17). Es ist zu beachten, dass die Schätzung der Lebenserwartung für die Buche mit 600 bis 900 Jahren eher zu hoch ist (Bütler et al 2005).

	natürliche Lebensdauer				
Baumgattung bzw. -art	**Durchmesser [m]**	**Umfang [m]**	**Lebenserwartung [Jahre] (Schätzung)**	**wirtschaftliche Lebensdauer (Umtriebszeit) [Jahre]**	**Anteil Umtriebszeit an Lebenserwartung [%]**
Taxus baccata	3.5-5.1	11-16	2000-3500	---	---
Quercus	4.5-5.7	14-18	1500-2000	140-160	7-11
Tilia	4.5-5.1	14-16	800-1000	80-120	8-15
Ulmus	4.8-5.4	15-17	500-800	80-120	10-24
Fagus sylvatica	1.9-2.5	6-8	600-900	120-160	13-27
Abies alba	2.2-2.5	7-8	300-400	90-120	23-40
Picea abies	1.3-1.6	4-5	200-500	80-100	25-50
Pinus sylvestris	1.3-1.6	4-5	300-600	100-150	17-50
Populus	---	---	200-400	50-80	13-40
Alnus	---	---	100-150	60-100	40-100
Salix	---	---	150	60-80	40-53

Anhang 3: Überblick GNWB

Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht zu allen Grundsätzen, Kriterien und Indikatoren aus dem Projektbericht „Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau“ GNWB (Quelle: Kaufmann et al 2010:11).

Grundsatz	Kriterium	Indikator	Verweis Text/Anhang	
Übergeordneter Grundsatz: Die Umsetzung wird durch Waldfachleute sichergestellt, die sich auf relevante Grundlagen und geltende Planungen stützen. Der Wildbestand erlaubt die natürliche Verjüngung der standortheimischen bzw. standortgerechten Baumarten ohne Schutzmassnahmen.				
	01 Aus- und Weiterbildung	-	Kap. 2.2.1	-
	02 Fachberatung	-	Kap. 2.2.1	-
	03 Forstliche Planung	-	Kap. 2.2.1	-
	04 Wildmanagement	-	Kap. 2.2.1	-
Grundsatz 1 Die naturgegebene Bodenfruchtbarkeit wird durch die Waldbewirtschaftung nicht beeinträchtigt.				
	11 Chemischer Bodenschutz	111 umweltgefährdende Stoffe	Kap. 2.2.2	-
		112 Nährstoffhaushalt	Kap. 2.2.2	-
	12 Physikalischer Bodenschutz	121 Rückegassen/Seillinien	Kap. 2.2.2	Anh. 1
Grundsatz 2 Die Fähigkeit des Waldes zur natürlichen Verjüngung wird erhalten oder verbessert. Die Naturverjüngung hat Vorrang.				
	21 Keimbett / Anwuchs	211 Moderholz	Kap. 2.2.3	Anh. 2
		212 Öffnungsgrösse	Kap. 2.2.3	Anh. 3
	22 Naturverjüngung	221 Pflanzungen	Kap. 2.2.3	Anh. 4
	23 Aufwuchs	231 Schlüsselbaumarten	Kap. 2.2.3	Anh. 5
Grundsatz 3 Die Baumartenmischung wird derart auf den Standort abgestimmt, dass dessen ökologische Eigenschaften nicht negativ beeinflusst werden.				
	31 Mischung	311 Laubholz-/Weisstannenanteil	Kap. 2.2.4	Anh. 6
Grundsatz 4 Bei den waldbaulichen Eingriffen werden die Möglichkeiten zur Erhaltung und Förderung der Vielfalt des Lebensraumes genutzt.				
	41 Struktur- und Artenvielfalt	411 Biotopbäume	Kap. 2.2.5	Anh. 7
		412 Totholz	Kap. 2.2.5	Anh. 8
		413 Ruhephasen in sensiblen Zonen	Kap. 2.2.5	Anh. 9

Anhang 4: LFI3-Ergebnisse zum Totholz

Die folgenden Tabellen enthalten die LFI3-Daten zum Gesamtvorrat, Totholzvorrat und Totholzvolumen in den Schweizer Wirtschaftsregionen.

Totholzvorrat in m^3/ha und 1‘000 m^3 gemäss LFI3 in den Schweizer Produktions- und Wirtschaftsregionen für den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald im terrestrischen Netz LFI3 (Speich et al 2010).

	Totholzvorrat in m^3/ha			Totholzvorrat in 1‘000 m^3		
	lebend	**tot**	**Total**	**lebend**	**tot**	**Total**
Wirtschaftsregion						
Jura West	6.2	2.9	9.1	956	439	1'395
Jura Ost	8.0	2.6	10.6	378	124	502
Mittelland West	11.5	5.9	17.4	568	290	857
Mittelland Mitte	7.4	3.2	10.6	512	226	738
Mittelland Ost	10	4.6	14.6	1'110	512	1'621
Voralpen West	20.4	23.8	44.2	931	1'082	2'013
Voralpen Mitte	14.7	11.9	26.7	1'462	1'184	2'646
Voralpen Ost	16.2	6.4	22.6	1'196	473	1'669
Alpen Nordwest	16.3	16.9	33.2	992	1'034	2'025
Alpen Mitte	15	9.1	24.1	416	251	667
Alpen Nordost	11.8	6.9	18.7	359	209	568
Alpen Südwest	10.6	9.3	19.9	1'176	1'038	2'214
Alpen Südost	7.8	9.7	17.5	1'120	1'382	2'503
Alpensüdseite	10.2	5.5	15.7	1'551	836	2'387
Schweiz	10.8	7.7	18.6	12'727	9'080	21'807
Produktionsregion						
Jura	6.6	2.8	9.4	1'330	564	1'894
Mittelland	9.5	4.4	13.9	2'177	1'019	3'196
Voralpen	16.4	12.4	28.8	3'585	2'717	6'301
Alpen	10.8	10.4	21.3	4'015	3'871	7'886
Alpensüdseite	10.2	5.5	15.7	1'551	836	2'387
Schweiz	10.8	7.7	18.5	12'658	9'007	21'664

Totholzvolumen in m^3/ha und 1‘000 m^3 gemäss LFI3 in den Schweizer Wirtschafts- und Produktionsregionen für den zugänglichen Wald ohne Gebüschwald im terrestrischen Netz LFI3 (Speich et al 2010).

	Totholzvolumen in m^3/ha			Totholzvolumen in 1'000 m^3		
	lebend	**tot**	**Total**	**lebend**	**tot**	**Total**
Wirtschaftsregion						
Jura West	7.9	3.7	11.6	1'221	571	1'791
Jura Ost	9.8	4.0	13.8	462	191	653
Mittelland West	11.8	6.8	18.7	585	337	922
Mittelland Mitte	7.7	3.4	11.0	535	234	769
Mittelland Ost	10.5	5.4	16.0	1'168	602	1'770
Voralpen West	20.7	25.9	46.6	941	1'179	2'120
Voralpen Mitte	15.6	13.6	29.2	1'551	1'347	2'899
Voralpen Ost	17.9	8.2	26.1	1'326	605	1'930
Alpen Nordwest	17.7	20.1	37.7	1'077	1'223	2'300
Alpen Mitte	15.8	9.9	25.7	438	273	711
Alpen Nordost	17.8	11.5	29.3	543	349	892
Alpen Südwest	11.5	12.7	24.3	1'285	1'418	2'703
Alpen Südost	8.9	12.6	21.5	1'272	1'800	3'072
Alpensüdseite	11.3	7.1	18.4	1'718	1'077	2'795
Schweiz	12.0	9.5	21.6	14'122	11'207	25'329
Produktionsregion						
Jura	8.3	3.8	12.1	1'678	761	2'439
Mittelland	9.9	5.1	14.9	2'275	1'162	3'437
Voralpen	17.5	14.2	31.7	3'816	3'108	6'924
Alpen	12.3	13.5	25.8	4'567	5'018	9'585
Alpensüdseite	11.3	7.1	18.4	1'718	1'077	2'795
Schweiz	12.0	9.5	21.5	14'055	11'126	25'181

Anhang 5: Waldbewirtschaftung und Sicherheit

Die nachfolgende Aufstellung enthält Gefährdungen und Massnahmen im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung eines Bestandes mit Totholz bei der Winterholzerei (Bayerische Staatsforsten 2009; Wettmann und Hartmann 2009; Arbeitsgruppe Forst 2004).

Gefährdung	**Massnahmen in der Vorbereitungsphase**	**Massnahmen in der Ausführungsphase**
Auf liegendem Totholz ausrutschen, stolpern, umknicken, fehltreten	• Prüfung des Geländes auf Gefahren durch liegendes Totholz und entsprechende Anpassung des Arbeitsverfahrens • Befreien des Arbeitsbereichs und der Rückweiche von liegendem Totholz • Tragen von Sicherheitsschuhen	• Wahl eines sicheren Standorts und sicheren Stands (nicht auf liegendes Totholz treten) • Wahl eines begehbaren Wegs
Beim Fällen und Rücken von Dürrständern oder herunterfallendem Totholz getroffen werden	• Gemeinsame Besichtigung des geplanten Schlags (ausführende Mitarbeiter, Vorgesetzter), Diskussion des Arbeitsauftrags (mit klaren Arbeitsanweisungen), der Vorgehensweise, Gefährdungen und Massnahmen sowie gemeinsames Anzeichnen und Beurteilung der Gefährdung durch Totholz bereits beurteilen (z. B. Bruchfestigkeit) • Idealerweise keine Anzeichnung in direktem Umfeld zu Totholz • Bestimmen des sichersten Arbeitsverfahrens • Gewährleisten der Kommunikation im Team • Sorgfältige Überprüfung des zu fällenden Baumes und der Umgebung auf Totholz, Planung der Fällrichtung. Kein Fällen in Richtung von stehendem Totholz. • Deutliche Markierung von Totholz und Anzeichnen der Fällrichtung • Festlegen der Rückweiche und eines sicheren Rückzugsorts • Vorgängige Entfernung von Totholz in der Fällschneise • Sorgfältige Prüfung der Bäume an der Rückegasse auf Totholz • Beim Rücken mit Helikopter Überprüfung des stehenden Totholzes auf Standfestigkeit und im Zweifelsfall Fällen (mögliche Totholzabbrüche durch Rotor-Abwind) • Das eingesetzte Forstpersonal muss sich der Risiken bewusst, gut geschult und erfahren im Umgang mit Biotopbäumen und Totholz sein	• Verwendung geeigneter Arbeitsmittel: Verzicht auf den Einsatz der Motorsäge in einer Umgebung mit sehr viel Totholz, denn durch die Erschütterungen könnten Baumteile abbrechen, Fällen der betreffenden Bäume mit Seilzug / Seilwinde • Bei Berührung der Krone mit gefährdendem Totholz, Fällen eines Baums mit Seilunterstützung. Vermeiden von Erschütterungen beim Anbringen des Seils. • Fällschnitt ausführen, nicht Mitschneiden • Verzicht auf Keilarbeit beim Fällen (Erschütterung), Verwenden von hydraulischen Fällhilfen • Beobachtung des Kronenraumes, Baumes und der Fällschneise während dem Fall • Kein Streifen von Totholz beim Holzrücken • Keine Begleitung der Last beim Holzrücken mit der Seilwinde, die Seilwinde ausserhalb des Gefahrenbereichs anbringen • Aufsuchen der Rückweiche und des sicheren Rückzugsorts nach dem Fällschnitt • Übertragung der Entscheidung „Fällen“ oder „Stehen lassen“ an ausführenden Mitarbeiter vor Ort. Beispielsweise Fällen von nicht markiertem Totholz, wenn davon eine Gefahr ausgeht oder Stehen lassen von markiertem Totholz und ausgezeichneten Bäumen wenn ein sicheres Fällen mit den vorhandenen Arbeitsmitteln nicht möglich ist

Anhang 6: Gesetzestexte Haftung

Die Haftung eines Waldeigentümers bei Wäldern mit Erholungsfunktion wurde basierend auf folgenden Gesetzesartikeln umrissen:

Recht auf Zutritt und Zugänglichkeit

Art. 699 ZGB
IV. Recht auf Zutritt und Abwehr
1. Zutritt
[1] Das Betreten von Wald und Weide und die Aneignung wildwachsender Beeren, Pilze u. dgl. sind in ortsüblichem Umfange jedermann gestattet, soweit nicht im Interesse der Kulturen seitens der zuständigen Behörde einzelne bestimmt umgrenzte Verbote erlassen werden.

Art. 14 WaG
Zugänglichkeit
[1] Die Kantone sorgen dafür, dass der Wald der Allgemeinheit zugänglich ist.

Art. 20 WaG
Bewirtschaftungsgrundsätze
[3] Lassen es der Zustand des Waldes und die Walderhaltung zu, so kann namentlich aus ökologischen und landschaftlichen Gründen auf die Pflege und Nutzung des Waldes ganz oder teilweise verzichtet werden.
[5] Wo es die Schutzfunktion erfordert, stellen die Kantone eine minimale Pflege sicher.

Verschuldenshaftung

Art. 41 OR
A. Haftung im Allgemeinen
I. Voraussetzungen der Haftung
[1] Wer einem andern widerrechtlich Schaden zufügt, sei es mit Absicht, sei es aus Fahrlässigkeit, wird ihm zum Ersatze verpflichtet.

Grundeigentümerhaftung

Art. 679 ZGB
V. Verantwortlichkeit des Grundeigentümers
Wird jemand dadurch, dass ein Grundeigentümer sein Eigentumsrecht überschreitet, geschädigt oder mit Schaden bedroht, so kann er auf Beseitigung der Schädigung oder auf Schutz gegen drohenden Schaden und auf Schadenersatz klagen.

Werkeigentümerhaftung

Art. 58 OR
E. Haftung des Werkeigentümers
I. Ersatzpflicht
[1] Der Eigentümer eines Gebäudes oder eines andern Werkes hat den Schaden zu ersetzen, den diese infolge von fehlerhafter Anlage oder Herstellung oder von mangelhafter Unterhaltung verursachen.

Geschäftsherrenhaftung

Art. 55 OR

C. Haftung des Geschäftsherren

[1] Der Geschäftsherr haftet für den Schaden, den seine Arbeitnehmer oder andere Hilfspersonen in Ausübung ihrer dienstlichen oder geschäftlichen Verrichtungen verursacht haben, wenn er nicht nachweist, dass er alle nach den Umständen gebotene Sorgfalt angewendet hat, um einen Schaden dieser Art zu verhüten, oder dass der Schaden auch bei Anwendung dieser Sorgfalt eingetreten wäre.[19]

[2] Der Geschäftsherr kann auf denjenigen, der den Schaden gestiftet hat, insoweit Rückgriff nehmen, als dieser selbst schadenersatzpflichtig ist.

[19]Fassung gemäss Ziff. II Art. 1 Ziff. 2 des BG vom 25. Juni 1971, in Kraft seit 1. Jan. 1972 (am Schluss des OR, Schl- und Ueb des X. Tit.).

Anhang 7: Modellgrundlagen und -daten

Zu Punkt 2: Berechnung des Abtriebswerts

Stammvolumen

Stammvolumen gemäss Massentafel des Kantons Luzern (Schweizerischer Forstkalender, Schweizer 2010): Werte für Nadelholz basierend auf dem Tarif II, für Laubholz basierend auf dem Tarif III. Abschätzung des $BHDt_{10}$ anhand der Ertragstafeln: Die Werte für das Laubholz basieren auf der Ertragstafel der Buche (EAFV 1983).

Baumart	BHD t_0	Volumen t_0	BHD t_{10}	Volumen t_{10}
Fichte	30	0.85	34	1.15
	40	1.60	44	2.00
	50	2.70	54	3.20
	60	3.95	64	4.50
	70	5.40	74	6.00
Lärche	30	0.85	35	1.08
	40	1.60	45	1.90
	50	2.70	55	3.08
	60	3.95	65	4.35
	70	5.40	75	5.85
Laubholz	30	0.70	34	0.90
	40	1.35	44	1.70
	50	2.30	54	2.75
	60	3.50	64	4.00
	70	4.75	74	5.25

Sortimente

Sortimentseinteilung in Haupt- und Nebensortimente sowie Anteil an den Sortimenten für Nadel- und Laubholz für verschiedene BHD-Werte.

BHD	Hauptsortiment	Anteil Haupt-sortiment [%]	Nebensortiment	Anteil Neben-sortiment [%]
Nadelholz				
30	Zerspaner B/C	50	kein	0
40	Sägeholz B/C	80	Industrie	20
50	Sägeholz B/C	80	Industrie	20
60	Starkholz B/C	70	Industrie	30
70	Starkholz B/C	70	Industrie	30
Laubholz				
30	Schleifholz/Papier	50	kein	0
40	Sägeholz B/C	60	Hackholz	40
50	Sägeholz B/C	60	Hackholz	40
60	Sägeholz B/C	60	Hackholz	40
70	Sägeholz B/C	60	Hackholz	40

Preise

Durchschnittswerte der Qualität A und B für verschiedene Baumarten. Die Preise basieren auf der folgenden Quellen: Preisstatistik Bundesamt für Statistik BFS, Durchschnittswerte Schweiz Januar 2006 bis August 2009 (blaue Werte) sowie Preisempfehlungen zum Rundholzverkauf 2009/2010 der Holzproduzenten der Kantone Aargau, beide Basel, Bern, Freiburg und Solothurn (rote, kursive Werte), http://www.awv.ch/cms2/fileadmin/bilder/Dateien/Holzpreisempfehlungen_2009-10_v4.pdf)

Baumart	**Qualität**	**Durchmesser [cm]**				
		30	40	50	60	70
		CHF/m^3				
Fichte	B	114.62	117.02	115.00	*145.00*	*145.00*
Fichte	C	95.37	90.00	93.57	*100.00*	*100.00*
Durchschnittswert Fichte		**105.00**	**103.51**	**104.29**	***122.50***	***122.50***
Lärche	B	*260.00*	*340.00*	*360.00*	*390.00*	*390.00*
Lärche	C	*170.00*	*200.00*	*220.00*	*240.00*	*240.00*
Durchschnittswert Lärche		***215.00***	***270.00***	***290.00***	***315.00***	***315.00***
Buche	B	82.50	105.02	*140.00*	*160.00*	*160.00*
Buche	C	70.00	68.06	*85.00*	*90.00*	*90.00*
Durchschnittswert Buche		**76.25**	**86.54**	***112.50***	***125.00***	***125.00***
Eiche	B	170.00	213.15	*420.00*	*500.00*	*500.00*
Eiche	C	100.00	96.13	*160.00*	*180.00*	*180.00*
Durchschnittswert Eiche		**135.00**	**154.64**	***290.00***	***340.00***	***340.00***
Esche	B	102.50	112.09	*170.00*	*200.00*	*200.00*
Esche	C	82.50	76.68	*100.00*	*100.00*	*100.00*
Durchschnittswert Esche		**92.50**	**94.39**	***135.00***	***150.00***	***150.00***

Industrieholz Nadelholz	CHF/m^3	38.03
Hackschnitzel Laubholz	CHF/m^3	95.83

Verkaufserlös, Erntekosten, Abtriebswert, Erlösverzicht und Zinsverlust

Baumart	BHD	Verkaufserlös t_0	Verkaufserlös t_{10}	Erntekosten t_0	Erntekosten t_{10}	Abtriebswert t_0	Abtriebswert t_{10}	Erlösverzicht für 10 Jahre	Zinsertragsverlust für 10 Jahre
	30	44.62	60.37	31.54	42.67	13.08	17.70	3.98	2.10
	40	144.66	180.83	27.19	33.99	117.47	146.84	25.31	13.86
Fichte	50	245.79	291.31	24.38	28.89	221.41	262.41	35.33	35.55
	60	383.77	437.21	31.54	35.93	352.23	401.28	42.26	56.55
	70	524.65	582.95	30.88	34.31	493.77	548.64	47.27	79.27
	30	91.38	116.10	31.54	40.07	59.84	76.03	13.95	9.61
	40	357.77	424.85	27.19	32.29	330.58	392.56	53.41	53.07
Lärche	50	646.93	737.98	24.38	27.81	622.55	710.17	75.50	99.95
	60	916.04	1008.80	31.54	34.73	884.50	974.07	77.18	142.00
	70	1252.30	1356.66	30.88	33.45	1221.42	1323.21	87.71	196.09
	30	26.69	34.31	25.97	33.39	0.72	0.92	0.18	0.12
	40	121.85	153.44	22.94	28.89	98.91	124.55	22.10	15.88
Buche	50	243.42	291.04	20.77	24.83	222.65	266.21	37.54	35.74
	60	396.67	453.33	29.95	34.23	366.72	419.10	45.14	58.87
	70	538.33	595.00	27.16	30.02	511.17	564.98	46.36	82.06
	30	47.25	60.75	25.97	33.39	21.28	27.36	5.24	3.42
	40	177.01	222.90	22.94	28.89	154.07	194.01	34.42	24.73
Eiche	50	488.37	583.92	20.77	24.83	467.60	559.08	78.83	75.07
	60	848.17	969.33	29.95	34.23	818.22	935.10	100.72	131.36
	70	1151.08	1272.25	27.16	30.02	1123.92	1242.23	101.94	180.44
	30	32.38	41.63	25.97	33.39	6.41	8.24	1.58	1.03
	40	128.20	161.44	22.94	28.89	105.26	132.55	23.51	16.90
Esche	50	274.47	328.17	20.77	24.83	253.70	303.33	42.77	40.73
	60	449.17	513.33	29.95	34.23	419.22	479.10	51.60	67.30
	70	609.58	673.75	27.16	30.02	582.42	643.73	52.83	93.50

Vergleich Erntekosten vollmechanisiert und motormanuell

BHD	Nadelholz		Laubholz	
	Vollmechanisiert	Motormanuell	Vollmechanisiert	Motormanuell
cm	CHF	CHF	CHF	CHF
30	31.54	65.05	25.97	36.56
40	27.19	50.81	22.94	29.86
50	24.38	42.60	20.77	25.71
60	31.54	38.02	27.95	24.08
70	30.88	34.91	27.16	22.06

Annahmen Holzernteverfahren:

Vollmechanisiert:
Holzmenge als Berechnungsbasis: 500 m^3
Feinerschliessung bis 20% Neigung
Durchschnittliche Holzlänge 4m
Ab 60 cm wird vorgefällt, in Abhängigkeit des Mittelstamms zusätzlich 6 bis 7 CHF

Motormanuelle Ernte:
Holzmenge als Berechnungsbasis: 150 m^3
Kronenlänge bis 33%
Geländeneigung bis 30%
Hindernisse gering

Zu Punkt 6: Boden

Berechnung der Kronenschirmfläche

Die Kronenschirmfläche wurde anhand der Kronenbreite (cw) berechnet:

$$\text{Kronenschirmfläche} = \frac{(\text{Kronenbreite})^2 * \pi}{4}$$

Schätzung der Kronenbreite: Formel und Parameter

Die Kronenbreite (cw) wurde über die Formel und Parameter geschätzt (Nagel 2009, zitiert in Möhring et al 2010):

$$cw = (p_0 + p_1 \cdot d_{13}) \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{d_{1.3}}{p_3}\right)^{p_4}}\right)$$

cw= crownwidth [m]; d=dbh [cm];

Parameter zur Schätzung der Kronenbreite (cw).

	Buche	Eiche	Esche	Fichte	Lärche
p0	2.083700	2.661800	17.372000	1.264400	3.696200
p1	0.150000	0.115200	-0.064600	0.107200	0.076200
p3	5.729200	8.338100	45.371000	0.000001	21.804600
p4	1.334100	1.408300	1.238000	1.000000	1.530000

Anhang 8: Bewertung Biotopbäume nach Baumarten und BHD

Bewertung Biotopbaum im Wirtschaftswald

Kalkulationsvorgaben	
Periodendauer in Jahren	10
Kalkulationszins	1.50%
Auswahl/Markierung in CHF/Baum	18.00
Bodenverkehrswert Nadelholz CHF/m²	1.40
Bodenverkehrswert Laubholz CHF/m²	1.00
Erschwernisse in CHF/Baum	18.00
Spezifischer Erschwernisfaktor	1.00
Vertragsabschlussfaktor	1.00

	Einzelbaumdaten			Kostenparameter									Kosten pro Periode	Kosten pro Jahr
				Bestand			Boden		Konstanten					
	Nr.	Baumart	BHD	Auswahl und Markierung	Erlösverzicht pro Periodendauer	Zinsertrags-verlust pro Periodendauer	Kronen-schirmfläche	Bodenverkehrs-wert Kronen-schirmfläche	Bodenzinskosten pro Periodendauer	Erschwernisse während der Periodendauer	Spezifischer Erschwernisfaktor	Nutzungsver-zichtsfaktor		
			cm	CHF/Baum	CHF	CHF/Baum	m^2	CHF/Baum	CHF	CHF			CHF/Baum	CHF/Baum
Variante 1	1	Buche	30	18.00	0.18	0.12	34.0	33.98	5.46	18.00	1.00	1.00	41.75	4.17
	2	Buche	40	18.00	22.10	15.88	51.3	51.31	8.24	18.00	1.00	1.00	82.21	8.22
	3	Buche	50	18.00	37.54	35.74	72.1	72.14	11.58	18.00	1.00	1.00	120.86	12.09
	4	Buche	60	18.00	45.14	58.87	96.5	96.48	15.49	18.00	1.00	1.00	155.50	15.55
	5	Buche	70	18.00	46.36	82.06	124.4	124.37	19.97	18.00	1.00	1.00	184.39	18.44
		SUMME		**90.00**	**151.31**	**192.67**	**378.28**	**378.28**	**60.73**	**90.00**			**584.72**	**58.47**
Variante 2	1	Eiche	30	18.00	5.24	3.42	29.0	29.03	4.66	18.00	1.00	1.00	49.32	4.93
	2	Eiche	40	18.00	34.42	24.73	41.4	41.41	6.65	18.00	1.00	1.00	101.80	10.18
	3	Eiche	50	18.00	78.83	75.07	55.7	55.68	8.94	18.00	1.00	1.00	198.84	19.88
	4	Eiche	60	18.00	100.72	131.36	72.0	71.98	11.56	18.00	1.00	1.00	279.63	27.96
	5	Eiche	70	18.00	101.94	180.44	90.4	90.35	14.51	18.00	1.00	1.00	332.88	33.29
		SUMME		**90.00**	**321.15**	**415.01**	**288.45**	**288.45**	**46.31**	**90.00**			**962.47**	**96.25**
Variante 3	1	Esche	30	18.00	1.58	1.03	58.4	58.45	9.38	18.00	1.00	1.00	**47.99**	**4.80**
	2	Esche	40	18.00	23.51	16.90	75.8	75.79	12.17	18.00	1.00	1.00	**88.58**	**8.86**
	3	Esche	50	18.00	42.77	40.73	87.1	87.05	13.98	18.00	1.00	1.00	**133.47**	**13.35**
	4	Esche	60	18.00	51.60	67.30	92.8	92.81	14.90	18.00	1.00	1.00	**169.80**	**16.98**
	5	Esche	70	18.00	52.83	93.50	94.1	94.12	15.11	18.00	1.00	1.00	**197.44**	**19.74**
		SUMME		**90.00**	**172.29**	**219.46**	**408.22**	**408.22**	**65.54**	**90.00**			**637.29**	**63.73**
Variante 4	1	Fichte	30	18.00	3.98	2.10	15.8	22.07	3.54	18.00	1.00	1.00	**45.62**	**4.56**
	2	Fichte	40	18.00	25.31	18.86	24.2	33.90	5.44	18.00	1.00	1.00	**85.61**	**8.56**
	3	Fichte	50	18.00	35.33	35.55	34.5	48.25	7.75	18.00	1.00	1.00	**114.62**	**11.46**
	4	Fichte	60	18.00	42.26	56.55	46.5	65.13	10.46	18.00	1.00	1.00	**145.26**	**14.53**
	5	Fichte	70	18.00	47.27	79.27	60.4	84.54	13.57	18.00	1.00	1.00	**176.12**	**17.61**
		SUMME		**90.00**	**154.15**	**192.32**	**181.35**	**253.89**	**40.76**	**90.00**			**567.23**	**56.72**
Variante 5	1	Lärche	30	18.00	13.95	9.61	21.7	30.35	4.87	18.00	1.00	1.00	**64.43**	**6.44**
	2	Lärche	40	18.00	53.41	53.07	31.5	44.15	7.09	18.00	1.00	1.00	**149.57**	**14.96**
	3	Lärche	50	18.00	75.50	99.95	41.6	58.30	9.36	18.00	1.00	1.00	**220.80**	**22.08**
	4	Lärche	60	18.00	77.18	142.00	52.1	72.95	11.71	18.00	1.00	1.00	**266.89**	**26.69**
	5	Lärche	70	18.00	87.71	196.09	63.1	88.35	14.18	18.00	1.00	1.00	**333.98**	**33.40**
		SUMME		**90.00**	**307.74**	**500.71**	**210.07**	**294.10**	**47.21**	**90.00**			**1'035.67**	**103.57**