



Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
Wald, Naturgefahren und Landschaft

Holzaufkommens und Biomassen- potentialstudie für Tirol

Endbericht



Wien, 20071031

Projektleitung

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft:
Klemens Schadauer

Mitarbeiter

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft:
Markus Neumann, Richard Büchsenmeister, Richard Bauer, Thomas Gschwantner und
Thomas Ledermann
Universität für Bodenkultur: Otto Eckmüllner, Pascal Schedl

Im Auftrag von ProHolz Tirol
Geschäftsfeld Holzcluster

1 Inhalt

1	Inhalt.....	3
2	Auftrag	4
3	Ausgangssituation	4
4	Übersicht über die Bearbeitungsmethode.....	5
5	Wachstums- und Nutzungssimulation mit PROGNAUS.....	6
5.1	Datenaufbereitung und Modellentwicklungen	6
5.2	Modellimplementierungen	6
5.3	Simulation	7
6	Sortimentierung.....	7
6.1	Entwicklung von neuen Schaftkurven.....	7
6.2	Ausformung der Einzelstämme	8
7	Ökonomische Einschränkungen	8
7.1	Holzerntekosten.....	9
7.1.1	Leistungsfunktionen	9
7.1.2	Kostensätze.....	9
7.1.3	Berechnungsvorgang.....	9
7.2	Erlöse aus der Holzernte und Abschätzung des Deckungsbeitrags.....	12
8	Hochrechnung und Ergebnisse für Tirol	12
8.1	Nutzungsszenarien	13
8.2	Sortimentierung.....	14
8.3	Ökonomische Einschränkungen	15
8.4	Potentialabschätzung.....	16
9	Gegenüberstellung der Nutzholzpotentiale mit den Tiroler Nutzungsstatistiken	23
	GLOSSAR	

2 Auftrag

ProHolz Tirol betraute am 17.11. 2006 das Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) mit der Durchführung der Forschungsarbeiten zu einer Holzaufkommens- und Biomassepotentialstudie für das Land Tirol. Dabei sollen in einer landesweiten Gesamtbeurteilung die im Tiroler Wald aktuell verfügbare oberirdische Holz- und Biomasse, ihre Veränderung und die nachhaltig nutzbaren Mengen in den nächsten 20 Jahren unter verschiedenen Szenarien abgeschätzt werden. Diese Aufkommensstudie beinhaltet Prognosen der Waldentwicklung ab der Erhebungsperiode 2000/2002 der Österreichischen Waldinventur (ÖWI). Sie soll Grundlage für die Bewertung der nachhaltig nutzbaren Holzbiomasse für die nächsten 20 Jahre an Hand verschiedener Szenarien sein, wobei der Begriff der Nachhaltigkeit im Rahmen der Studie quantitativ definiert wird. Folgende thematische Schwerpunkte werden bearbeitet:

- Ausformung und Biomassenfunktionen
- ertragskundliche Nachhaltigkeit
- Bringungstechnologie
- Potentialabschätzung und räumliche Stratifizierung

Generell profitieren die Arbeiten für das Projekt HOBI Tirol von dem bundesweiten Projekt Holz und Biomassenaufkommensstudie für Österreich. Daher kann sich das BFW auf die ersten abgeschlossenen Arbeiten aus diesem Projekt stützen. In Zukunft wird aber auch das bundesweite Projekt von Arbeiten zu HOBI Tirol profitieren. Diese wechselseitigen Ergänzungen wurden auch bei der Aufwands- und Kostenkalkulation beider Projekte berücksichtigt. Als wesentlicher Unterschied zum Bundesprojekt wurde für Tirol die Frage der Nährstoffentzüge durch Biomassenutzung aus dem Projektumfang herausgenommen.

Die Datenlage in Tirol weicht von der Datenlage für ganz Österreich ab. Daher wird bei der Ausarbeitung des Projektes diesem Umstand Rechnung getragen. Im speziellen erfolgt die Auswertung entsprechend der Tiroler Waldkategorisierung, bzw. in enger Absprache mit der LFD Tirol. Die Regionalisierung der Ergebnisse für Bezirksforstinspektionen basiert auf den nur in Tirol verfügbaren Forsteinrichtungsdaten.

3 Ausgangssituation

Mit der Inbetriebnahme von zahlreichen Biomasse-Heizkraftwerken in den letzten Jahren, der Planung weiterer derartiger Einrichtungen in Tirol sowie mit der Errichtung von neuen Sägewerken rund um Österreich wird ein markanter Anstieg des Holzbedarfs in Tirol prognostiziert. Auswertungen der Österreichischen Waldinventur 2000/02 (ÖWI) zeigen in Abhängigkeit von der Eigentumskategorie den Anteil der Nutzung am Zuwachs zwischen 43% und 72%. Sowohl die Gesamt- als auch die Hektarvorräte sind in den letzten Jahrzehnten deutlich angestiegen. Die letzte Holzaufkommensprognose von 1998 ermittelte bei einem gleich bleibenden Nutzungsverhalten wie bisher eine Zunahme der Vorräte in den nächsten 10 Jahren um weitere 9%. Diese prognostizierte Entwicklung wurde durch die Ergebnisse der ÖWI 2000/2002 auch bestätigt.

Vor diesem Hintergrund richten sich an die Tiroler Forstwirtschaft hohe Erwartungen, die steigende Nachfrage nach Holz (vor allem Sägerundholz, Schleifholz, Faserholz, Brennholz und Hackgut) durch vermehrte Nutzung rasch, zuverlässig und preisgünstig zu erfüllen. Gleichzeitig sollen aber im Rahmen der in Tirol praktizierten multifunktionalen Waldpolitik

und Forstwirtschaft auch alle anderen von der Gesellschaft gewünschten Wirkungen des Waldes sichergestellt werden. Daher muss diese Holz- und Biomassenaufkommensstudie mit einem umfassenden Ansatz andere Waldwirkungen und die sich daraus ergebenden Einschränkungen der Holz- und Biomassennutzung berücksichtigen.

Der oft gewählte einfache Ansatz, die Differenz zwischen Zuwachs und Nutzung als verfügbares Potential anzugeben, erbringt falsche Ergebnisse. Einerseits berücksichtigt dieser Ansatz die oben genannten Einschränkungen nicht. Andererseits beeinflussen Vornutzungen im üblichen Ausmaß den Gesamtzuwachs nicht bzw. nur kurzfristig, während Endnutzungen die Bestockungsverhältnisse stärker verändern und dadurch auch längerfristigen Einfluss auf die Zuwachsleistung haben, insbesondere wenn damit Änderungen der Baumartenanteile einhergehen. Um diese Effekte quantitativ abzubilden, werden im Projekt waldwachstumskundliche Modelle eingesetzt. Damit können für unterschiedliche Nutzungsszenarien, die ebenfalls modellhaft auf die Probestflächen der ÖWI umgelegt werden, die Auswirkungen auf den Zuwachs sowie auf den Gesamtvorrat abgeschätzt werden.

4 Übersicht über die Bearbeitungsmethode

Ausgehend von den Einzelbaum- und Flächendaten der ÖWI 2000/02 wird das Waldwachstum und die Holznutzung mit dem Waldwachstumsmodell PROGNAUS für die nächsten 20 Jahre simuliert und damit das theoretische Gesamtpotential ermittelt. Für die Vornutzung werden einerseits die von der ÖWI ausgezeichneten Stämme genutzt, da dieses Potential jedoch für eine zwanzigjährige Prognose zu gering ist, wurden andererseits Durchforstungsmodelle in Abhängigkeit von der Bestandesdichte und den Baumdimensionen entwickelt. Darüber hinaus gehend wurden auch für die Endnutzung spezielle Modelle für Tirol erstellt. Dabei werden in Abhängigkeit von der Waldkategorie und dem Waldaufbau Einzelstammnutzungen (Zielstärken) oder Kleinflächennutzungen modelliert. Im Schutzwald außer Ertrag nach ÖWI Klassifikation (SaE) wurden keine Nutzungen angenommen.

Um die verschiedenen, teilweise konkurrierenden, Verwendungsmöglichkeiten von Holz quantitativ bestimmen zu können, ist für jeden Probestamm der ÖWI nicht nur eine Trennung der Biomasse nach Kompartimenten, sondern auch eine Ausformung nach handelsüblichen Holzsortimenten erforderlich. Zur Beurteilung der ökonomischen Nachhaltigkeit werden die holzerntekostenfreien Erlöse abgeschätzt. Dazu müssen für alle Probestflächen Entscheidungen über die wahrscheinlich eingesetzte Ernte-, Aufarbeitungs- und Rücketechnologie getroffen werden. Darauf aufbauend werden an Hand von in der Literatur verfügbaren Leistungsmodellen die Kosten der unterschiedlichen Arbeitsschritte von der Fällung bis zum fertigen Sortiment ermittelt. Zur Bestimmung des Deckungsbeitrages wurden auf Preisbasis Jahreswechsel 2006/2007 (Preisszenario 1) und für den Durchschnittspreis der Jahre 2004 bis 2006 (Preisszenario 2) für alle handelsüblichen Sortimente Erlöse festgelegt. Die für die Abschätzung der Erntekosten notwendigen Bringungsdistanzen werden mittels Fernerkundung für alle Probestflächen der ÖWI in Tirol ermittelt. Die Bringungstechnologie wurde aus einer Kombination der Tiroler Technologieinventur mit Fernerkundungsauswertungen des BFW entwickelt.

Weiters werden die Waldkategorien (siehe Glossar) von der LFD Tirol übernommen. Dafür hat die LFD die Probestflächen der ÖWI mit diesen Merkmalen im GIS verschnitten. Bei der flächenhaften Gegenüberstellung der ÖWI Feldansprachen und der Tiroler GIS Waldinformation ist es hauptsächlich infolge von Georeferenzierungsunschärfen zu teilweise abweichenden Kategorisierungen gekommen. Um den Gesamtvorrat in die Bearbeitung miteinbeziehen zu können, werden jene Flächen, die laut ÖWI zum Ertragswald gehören, nach Tiroler Auswertung jedoch im SaE liegen, in eine eigene Auswertungseinheit zusammen gefasst.

5 Wachstums- und Nutzungssimulation mit PROGNAUS

5.1 Datenaufbereitung und Modellentwicklungen

Für die Zuwachsprognose im Tiroler Ertragswald für die nächsten 20 Jahre mussten die Daten der ÖWI 2000/02 so aufbereitet werden, dass alle für eine Simulation notwendigen Flächen- und Einzelbaummerkmale für den Holzboden des Wirtschaftswaldes und des Schutzwaldes im Ertrag (SiE) zur Verfügung standen. Dieser Datensatz diente als Ausgangszustand für die Wachstums- und Nutzungssimulation. Dürrlinge und Bäume, die einen Wipfel- oder Kronenbruch ohne lebensfähige Restkrone aufwiesen, wurden aus dem Datensätzen entfernt. Ihr Volumen wurde jedoch in einer eigenen Variablen als Totholzvorrat gespeichert.

Wie sich in vorangegangenen Untersuchungen zeigte, spielt bei der Verwendung der neu entwickelten Biomassefunktionen die Kronenansatzhöhe der Bäume eine wesentliche Rolle für die Abschätzung der Ast- und Nadelbiomasse. Deshalb wurde auf Basis von wiederholt beobachteten Kronenansatzhöhen ein Modell entwickelt, das die dynamische Veränderung dieser Kronenansatzhöhen prognostiziert. Die Daten hierfür stammten wiederum aus den Erhebungen der ÖWI und umfassten jene Stichprobenbäume, bei denen sowohl in der Erhebungsperiode 1981/85 als auch in der Periode 2000/02 die Kronenansatzhöhe gemessen wurde.

Für Vornutzungen wurde primär auf die Nutzung der von der ÖWI im Laufe der Erhebungen 2000/2002 erfolgten Auszeige zurückgegriffen. Weil die Auszeige jedoch einen kleineren Zeitraum als 20 Jahre umfasst, wurde zusätzlich ein Modell für die Durchforstung entwickelt (BOKU, WAFO) und in den Szenarien eingesetzt. Dieses Durchforstungsmodell basiert auf den Wuchsklassen, der Oberhöhe, dem Alter, der Stammzahl und dem Vorrat der ÖWI Probenflächen.

Für die Endnutzungen wurden zunächst Tests für die statistische Modellierung für Tirol durchgeführt. Die heterogene Datenlage erlaubte jedoch keine Ableitung von statistischen Zusammenhängen zwischen tatsächlich durchgeführten Endnutzungen in Tirol und dem ÖWI Parametersatz. Daher wurde aufgrund waldbaulicher Überlegungen ein Regelwerk für das Endnutzungsmodell erstellt, welches auf der Datenlage der ÖWI aufsetzt und speziellen Einschränkungen im Schutzwald gerecht wird. Dabei wurden Endnutzungsbestände in Abhängigkeit vom $dg > 25\text{cm}^1$ bestimmt. Die Eingriffsart und Intensität wurde in Abhängigkeit von der Schichtigkeit, dem Vorhandensein von Verjüngung und der Waldkategorie Schutzwald oder Wirtschaftswald festgelegt. Dabei wurde Grenzwerte für den minimalen BHD und für die zu entnehmende Grundfläche bei der Zielstärkennutzung je nach Szenario festgelegt.

5.2 Modellimplementierungen

Folgende Modelle wurden neu in PROGNAUS implementiert, die zur Bearbeitung der Holz- und Biomassenaukommensstudie unabdingbare Ergänzungen des Waldwachstumssimulators bilden:

- Ein dynamisches Kronenmodell zur Aktualisierung der Kronenansatzhöhen
- Die Biomassefunktionen zur Abschätzung der Ast- und Nadelbiomasse
- Schadensmodelle zur Abschätzung von Ernte-, Schäl- und Steinschlagschäden zur Herleitung von Faullängen
- Schaftgütemodelle zur Fortschreibung der Güteklassenverteilung marktkonformer Sortimente
- Die Nutzungsmöglichkeit für die Auszeige der ÖWI Ansprache

¹ Arithmetisches Mittel der Winkelzählprobestämme mit einem BHD größer als 25 cm

- Ein Vornutzungsmodell nach Vorgaben vom Institut für Waldwachstumsforschung der BOKU
- Ein waldbaulich gestütztes dynamisches Endnutzungsmodell

5.3 Simulation

Die Wachstumssimulationen wurden in zwei getrennten Arbeitsschritten durchgeführt. Im ersten Schritt erfolgte eine Prognose für die nächsten 20 Jahre, die ausgehend von den ÖWI Daten 2000/02 in Form von vier Fünf-Jahres-Perioden umgesetzt wurde. Bäume, die laut Nutzungsmodellen in der jeweiligen Periode entnommen werden, werden immer am Anfang der Fünf-Jahres-Periode von den Probeflächen entfernt. Bei den Nutzungen wird zwischen regulärer Nutzung und Zufallsnutzung unterschieden. Letztere liefert einen Schätzwert für das in einer Fünf-Jahres-Periode anfallende Schadholz aufgrund von Windwurf, Schneebruch und Insektenkalamitäten.

Zusätzlich wird mit PROGNAUS eine Abschätzung der natürlichen Mortalität durchgeführt. Da jedoch in den Schätzwerten dieses Modells die Abgänge aufgrund von Windwurf, Schneebruch und Insekten ebenfalls inkludiert sind, wurden diese Schätzungen mit jenen der Zufallsnutzungen verglichen, und nur die darüber hinausgehende Holzmenge dem stehenden Totholzvorrat zugeschlagen. Bei einem regulären Nutzungseingriff wurde dann vom stehenden Totholzvorrat eine dem Grundflächenentnahmeprozent entsprechende Totholzmenge entnommen. Diese Dürrlingsnutzung ist ausschließlich für die energetische Verwertung vorgesehen.

6 Sortimentierung

Zur Ermittlung von bundesweiten Kennzahlen für Holzsortimente und Biomasse ist die Ausformung der einzelnen ÖWI Probestämme notwendig. In einem ersten Schritt wurden als notwendige Vorarbeiten dafür neue Schaftkurvenfunktionen entwickelt, um Ausformungen entsprechend der aktuellen Holzhandelsusancen zu ermöglichen. Besonderes Augenmerk wurde auf die Abschätzung von Faulholz gelegt, da für dieses Sortiment die Verwertung als Hackgut möglich ist. Die Ergebnisse wurden mit den tatsächlichen Sortierungen, wie sie von der LFD erfasst werden, abgeglichen.

6.1 Entwicklung von neuen Schaftkurven

Das Institut für Waldwachstumsforschung (WAFO) der Universität für Bodenkultur hat im Rahmen des Projektes HOBI-Bund neue Schaftkurven für Nadel- und Laubbaumarten entwickelt. Bestehende Modelle zur Ermittlung der Schaftform gab es bislang nur für die Baumarten Fichte, Weißkiefer, Tanne und Lärche. Deren Effizienz setzt die Kenntnis des Durchmessers in drei Zehntel der Baumhöhe (D03) voraus. Die Ausgangsdaten aus dem Waldwachstumssimulator PROGNAUS liefern aber diesen Durchmesser nicht, sondern den Brusthöhendurchmesser, die Höhe des Baumes und jene des Kronenansatzes. Die Folge wäre eine Schätzung des D03 aus diesen Ausgangsdaten. In Testläufen mit den Funktionsstämmen der ÖWI hat sich jedoch gezeigt, dass der D03 zwar signifikant in potentielle Volumsfunktionen eingeht, aber nur einen Bruchteil des Volumens erklären kann. Da sich vor allem bei den Laubhölzern die Volumserklärung durch den Durchmesser am Kronenansatz als bedeutend besser herausstellte, und dessen Schätzung bei gleicher Genauigkeit erreicht werden konnte, wurde eben dieser in das Modell miteinbezogen.

6.2 Ausformung der Einzelstämme

Die am WAFO verfügbar gewesenen Sortimentierungsalgorithmen für Nadelhölzer beziehen sich nicht auf die aktuellen Holzhandelsusancen, bzw. orientiert sich das bestehende Modell für Buche hinsichtlich der Aufteilung in die einzelnen Kompartimente an einer Nadelholzsortierung und war somit vom Ansatz her ungeeignet. Die neu entwickelten Modelle bieten hingegen folgende Vorteile:

- Die Ausformung ist an die aktuelle ÖHHU adaptiert.
- Die verschiedenen Kriterien, wie z.B. der Minstdurchmesser für das jeweilige Sortiment, sind leicht adaptierbar und alle Holzarten können in einem einzigen Durchlauf gleichzeitig sortiert werden.
- Die durch Pilzfäulen entwerteten Abschnitte werden getrennt ausgewiesen.

Auf Basis der neu entwickelten Schaftkurven und Rindenfunktionen für Laub- und Nadelhölzer wird jeder einzelne Stamm in marktkonforme Sortimente übersetzt. Nach aktuellem Stand sind folgende Modelle zur Qualitäts- bzw. Sortimentserschätzung angewendet worden:

- Ein Schadensmodell, welches auf Basis von Wundgröße, Wundart und deren Alter die Fäuleentwicklung im Baum schätzt.
- Baumartenspezifische Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Säbelwuchs.
- Aststärkemodell für den maximalen und daher qualitätsrelevanten Astdurchmesser am Kronenansatz.
- Der Mittendurchmesser und Abholzigkeit wird aus den Rindenfunktionen bzw. aus den Schaftkurven ermittelt.

Daher können folgende Sortimente im Zuge der Ausformung rechnerisch ermittelt werden:

- Sägerundholz in den Qualitäten A, B, C und Cx, in den Stärkestufen von 1b bis 5+, Schwach- und Braunbloche (nagelfeste Fäule)
- Industrieholz, weichfaule Abschnitte (in Halbmeterschritten durch „Gesundschneiden“)
- verbleibendes Wipfelstück
- Die Biomassenkompartimente Äste und Nadeln sind bereits in PROGNAUS errechnet worden.

Die Ausformung des Sortimentes Brennholz ist nicht möglich, da dieses qualitativ in den Holzhandelsusancen nicht definiert ist. Das in der Praxis gehandelte Brennholz besteht aus schlechten Nutzholzqualitäten (C, Cx, Industrieholz oder faule Stücke) und Dürrlingen. Ferner steht der prozentuelle Brennholzanteil im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von Zellstoff verarbeitenden Betrieben und letzten Endes auch mit dem aktuellen Preis für die Industrieholzsortimente respektive Brennholz.

Die zufälligen Nutzungen des derzeitigen Szenarios wurden alle auf schlechte/minderwertige Qualität gesetzt, zumal sie in geringem Ausmaß als Anteil jedes Baumes anfallen. Daher werden Teile davon gar nicht (unrentabel) bzw. erst als Dürrlinge oder zumindest nicht im frischen Zustand genutzt (z.B. Einzelwindwürfe, Schneebrüche oder Wipfelbrüche die zwischenzeitlich rotfaul wurden).

7 Ökonomische Einschränkungen

Die Wachstumssimulation liefert in Verbindung mit dem Nutzungsmodell für jede Probestfläche die Bäume, die im Zuge von regulären Nutzungen oder Zufallsnutzungen in Fünf-Jahres-Perioden entnommen werden. Die entnommenen Bäume werden aufgrund ihrer Dimensionen, Schaftgüte und Schäden in marktkonforme Sortimente ausgeformt. Diese Sortimentie-

ung bildet die Grundlage für die Abschätzung der Holzerntekosten einerseits und der Erlöse andererseits. Die Holzerntekosten und Erlöse wurden für jede ÖWI Probefläche berechnet und einander gegenübergestellt. Somit konnte für jede Fläche bestimmt werden, ob und unter Anwendung welcher Ernteverfahren eine kostendeckende Nutzung von Holz und Biomasse möglich ist.

7.1 Holzerntekosten

Die Holzerntekosten wurden mittels Leistungsfunktionen und Kostensätzen für Personal und Maschinen für jede Probefläche der ÖWI ermittelt, wobei alle relevanten Größen aus der ÖWI Eingang fanden. Die Rückedistanzen wurden auf allen Probeflächen Tirols mittels Fernerkundung bestimmt. Für die Schlepperdistanzen wurde zusätzlich die terrestrische Information der ÖWI herangezogen, welche nur auf einem Viertel der Probeflächen vorhanden ist und auf alle anderen schlepperbefahrbareren Flächen umgelegt wird.

Die ausgewiesenen Ergebnisse sind direkte Holzerntekosten für die Fällung, Aufarbeitung und Rückung je Erntefestmeter ohne Rinde frei Straße, inklusive Montagekosten für Seilanlagen und inklusive Überstellungskosten der benötigten Maschinen. Kosten für Waldhackgut wurden je Erntefestmeter mit Rinde frei Werk kalkuliert. (Siehe auch 4 Übersicht über die Bearbeitungsmethode.)

7.1.1 Leistungsfunktionen

Für die Abschätzung der Arbeitsleistung bei der Holzernte wurden keine neuen Funktionen entwickelt, sondern in der Literatur vorhandene geprüft und die für österreichische Verhältnisse bestgeeigneten ausgewählt. Die Auswahl der Leistungsfunktionen erfolgte nach der Plausibilität der Ergebnisse und deren Anwendbarkeit mit den verfügbaren Bestandesdaten. Es wurden Standardarbeitssysteme definiert und die Kosten dafür kalkuliert, wobei verschiedenartige Geländebeziehungen und unterschiedliche Mechanisierungsstufen berücksichtigt wurden.

7.1.2 Kostensätze

Für die Kostenkalkulation wurden drei Lohnkostensätze angewendet: Ein Standardsatz für Forstfacharbeiter mit Prüfung, inklusive einer Holzernteprämie gemäß dem Mantelvertrag für die Forstarbeiter in der Privatwirtschaft, ein erhöhter Satz für hochmechanisierte oder besonders strapaziöse Arbeitsverfahren und ein niedrigerer Satz für Bauernakkordanten. Für Forstspezierschlepper, Harvester und Forwarder sowie alle Ernte- und Rückeverfahren im Seilgelände wurde davon ausgegangen, dass deren Einsatz zweckmäßigerweise mit Forstfacharbeitern zu bewerkstelligen und somit mit dem für diese gültigen Lohnkostenansatz zu kalkulieren ist. Auch die Lohnnebenkosten wurden berücksichtigt.

Die Herleitung der Maschinenstundensätze erfolgte nach dem vom BFW entwickelten Kostenkalkulationsschema. Zur Berechnung der Holzerntekosten wurden zahlreiche Holzernteproduktivitätsmodelle herangezogen. Diese entsprechen möglichst gut den in Tirol eingesetzten Verfahren und bilden den Arbeitsprozess von der Fällung des Baumes bis zur Lagerung der ausgeformten Sortimente auf der Forststraße ab.

Die Kosten für Hackgutherstellung wurden der Literatur entnommen, sie bewegen sich für große Aufbauhacker zwischen 8 und 12,5 € pro Efm. Die Transportkosten ins Werk per LKW oder Traktor variieren je nach Entfernung zwischen 3 und 8 € je Srm. Für die Auswertungen wurde ein Gesamtwert von 13 €/Srm angesetzt. Da die tatsächlichen Transportdistanzen für das Hackgut für die Bearbeitung des Projektes nicht zur Verfügung stehen, stellt dieser Kostenansatz nur eine vereinfachte Näherung dar.

7.1.3 Berechnungsvorgang

Für jede Teilfläche der Österreichischen Waldinventur wurden kalkulierte Holzerntekosten den zu erwartenden Ernteerlösen gegenübergestellt. Die Berechnung der Holzerntekosten erfolgte anhand verschiedener Holzernte- und Rückemodelle, deren Anwendung von den Kriterien Hangneigung und Baumdimension, für einige Modelle zusätzlich vom Nadelholzanteil und der Rückedistanz bestimmt wird (Tabellen 1 und 2). Grundsätzlich wird zwischen Traktor/Schleppergelände mit Hangneigungen bis 30%, bzw. bei möglichem Harvestereinsatz bis 40% und Seilgelände mit Hangneigungen über 30% bzw. 40% unterschieden. Im Traktor/Schleppergelände kann alternativ im Sortimentverfahren, Stammverfahren oder Baumverfahren gearbeitet werden. Im Schleppergelände finden auch vollmechanisierte Ernteverfahren mit Harvester- und Forwardereinsatz Anwendung. Bezüglich Baumdimension sind dabei zwei Grenzwerte von Bedeutung: Ein unterer Grenzwert legt fest, ob für die von PROGNAUS ausgewiesene Nutzung eine Erntekostenkalkulation durchgeführt wird oder nicht. Wenn das mittlere Volumen der genutzten Stämme unter 0,05 Efm liegt, wurde keine Kostenkalkulation durchgeführt. Für die Gebirgsharvester liegt dieser Grenzwert höher, bei 0,12 Efm (Wanderfalke) bzw. bei 0,20 Efm (Syncrofalke). Für diese Studie wurde der kombinierte Einsatz von Harvester und Forwarder auf Bestände beschränkt, in denen der BHD bis 45 cm ist und der Nadelholzanteil der Nutzung mehr als 50 % ausmacht. Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, wird im Sortimentverfahren gearbeitet.

Im Seilgelände kann im Sortimentverfahren und im Baumverfahren gearbeitet werden, für das Stammverfahren stehen keine geeigneten Leistungsmodelle zur Verfügung. Für das Sortimentverfahren wurden Mobilseilkräne (2-Seilsystem oder Mehrseilsystem) und das konventionelle Seilgerät (Langstrecke) mit Schlittenwinde kalkuliert. Mobilseilkräne wurden für Seillinienlängen bis 500 m eingesetzt, bei größeren Distanzen wird konventionelles Seilgerät verwendet. Für Rückedistanzen bis 60 m wurde Zuzug mit Schleppern bzw. Traktor unterstellt. Das Baumverfahren kann im Seilgelände bei Einsatz von Gebirgsharvestern angewendet werden. Der Einsatz von Gebirgsharvester ist ebenfalls auf BHDs von maximal 45 cm und einen Nadelholzanteil mehr als 50% limitiert. Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, wird wie im Schleppergelände im Sortimentverfahren gearbeitet.

Tabelle 1: Die für die Ermittlung der Ernte- und Rückekosten eingesetzten Teilmodelle.

Gelände	Verfahren	Teilmodelle			
		1	2	3	4
Schleppergelände	Sortimentverfahren	Fällen	Entasten	Ablängen	Rücken mit Schlepper
	Baumverfahren	Fällen	Rücken mit Schlepper	Entasten	Ablängen
	Stammverfahren	Fällen	Rücken	Aufarbeitung und Lagerung	
	Vollmechanisiertes Verfahren	Harvester	Rücken mit Forwarder		
Seilgelände	Sortimentverfahren	Fällen	Entasten	Ablängen	Rücken mit Mobilseilgerät
		Fällen	Entasten	Ablängen	Rücken mit konventionellem Seilgerät
	Hochmechanisiertes Verfahren	Fällen	Rücken, Entasten und Ablängen mit Gebirgsharvester		

Tabelle 2: Kriterien für die Anwendung der Holzernte- und Rückemodelle.

Rücketechnologie		Hangneigung	Baumdimension		Nadelholzanteil	Rücke Distanz
			Untere Grenze	Obere Grenze		
Schleppergelände	Forstraktor	<= 40 %	$V > 0.05 \text{ Efm}^1$	-	-	-
	Forstspezialschlepper	<= 40 %	$V > 0.05 \text{ Efm}^1$	-	-	-
	Harvester und Forwarder	<= 40 %	$V > 0.05 \text{ Efm}^1$	BHD _{max} = 45 cm	> 50 %	-
Seilgelände	Forstraktor ²	> 40 %	$V > 0.05 \text{ Efm}^1$	-	-	<= 60 m
	Forstspezialschlepper ²	> 40 %	$V > 0.05 \text{ Efm}^1$	-	-	<= 60 m
	Mobilseilgerät	> 40 %	$V > 0.05 \text{ Efm}^1$	-	-	61-500m
	Konventionelles Seilgerät	> 40 %	$V > 0.05 \text{ Efm}^1$	-	-	>500m
	Gebirgharvester - Syncrofalke	> 40 %	$V \geq 0.20 \text{ Efm}^1$	BHD _{max} = 45 cm	> 50 %	61-500m
	Gebirgharvester - Wanderfalke	> 40 %	$V \geq 0.12 \text{ Efm}^1$	BHD _{max} = 45 cm	> 50 %	61-500m

¹ Durchschnittliches Volumen der zu nutzenden Stämme.

² Zuzug von der Forststraße aus.

Tabelle 3: Arbeitsverfahren, kalkulierte Rücketechnologie und Personaleinsatz, sowie die genutzten Baumkompartimente: A/B ...Bloche der Qualitätsklasse „A/B“, C...Bloche der Qualitätsklasse „C“, Cx...Bloche der Qualitätsklasse „Cx“, Br... Braunbloche, Sb...Schwachbloche, Ih...Industrieholz, Restholz...Totholz + Äste + Kappholz (inkl. Wipfelabschnitt) + Weichfaulabschnitte.

Gelände	Arbeitsverfahren	Rücketechnologie	Personal	Genutzte Sortimente
Schleppereinsatzgelände	Sortimentverfahren	Forstraktor	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih
		Harvester + Forwarder	Forstfacharbeiter	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih
		Forstraktor ¹	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih
	Stammverfahren	Forstraktor	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih
		Forstraktor ¹	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih
	Baumverfahren	Forstraktor	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih, Restholz
Forstraktor ¹		Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih, Restholz	
Seilgelände	Sortimentverfahren	Mobilseilgerät	Forstfacharbeiter	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih
		Konventionelles Seilgerät	Forstfacharbeiter	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih

	Baumverfahren	Gebirgharvester	Forstfacharbeiter	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih, Restholz
--	---------------	-----------------	-------------------	----------------------------------

¹ Zuzug von der Forststraße aus.

In Tabelle 3 sind die für den vorliegenden Endbericht gewählten Kombinationen nach Arbeitsverfahren und Rücketechnologie aufgelistet. Dabei wurden jene Verfahren kombiniert, die einerseits der gängigen Praxis in etwa entsprechen, andererseits im unteren Kostenpektrum liegen, da so das Potential besser abgeschätzt werden kann. Für das Schlepper- gelände bei Einsatz des Forsttraktors wurden vorerst ausschließlich die Lohnkosten für Bauernakkordanten unterstellt. Damit sollte sowohl dem hohen Anteil des Kleinwaldes in Tirol, als auch dem Trend des vermehrten Einsatzes von Bauernakkordanten Rechnung getragen werden. Für den Einsatz von Harvester und Forwarder wurden die Lohnkosten von Forst- facharbeitern unterstellt. Das gilt auch für sämtliche im Seilgelände kalkulierten Ernteverfah- ren. Der Grund für die Kalkulation des Baumverfahrens bereits im ersten Auswertungsschritt war, dass nur bei diesem Ernteverfahren verhackbares Material direkt an der Forststraße anfällt und somit ein kostengünstige Einsatz eines Hackers möglich ist. Für Ernteverfahren, bei denen die Ausformung im Bestand stattfindet, wie

- motormanuelles Fällen, Entasten und Ablängen im Bestand mit anschließender Schlepperrückung oder Seilbringung bzw.
- vollmechanisierte Holzernte mit Harvester und Forwarder

erschien eine Kostenkalkulation für die Erzeugung von Hackgut nicht sinnvoll, da derzeit für diesen Einsatzbereich noch keine entsprechenden Produktivitätsmodelle verfügbar sind, die hinsichtlich der Eingangsparameter und Anwendbarkeit den Anforderungen einer großregio- nal repräsentativen Studie entsprechen. Bestehende Modelle schätzen die Produktivität mit- tels einfacher Eingangsparameter wie Baumdurchmesser, berücksichtigen allerdings keine weiteren leistungsbeeinflussenden Faktoren wie Fahrdistanz, Hangneigung, Verteilung im Bestand, und Zusammensetzung (Laubholz – Nadelholz) des Schlagrücklasses. Es wird so- mit das ökonomisch nutzbare Potential an Biomasse unterschätzt.

7.2 Erlöse aus der Holzernte und Abschätzung des Deckungsbeitrags

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Holzernte wurden die berechneten Ernte- und Rückekosten dem Erlös aus der Holzernte gegenübergestellt. Aus der Sortimentierung erga- ben sich für jede Teilfläche die aus der Nutzung anfallenden Sortimente nach Güteklassen und Stärkeklassen. Nach diesen Kriterien wurde für die zwei Preisszenarien (2006/07 und 2004/06) für jede Teilfläche der zu erwartende Erlös berechnet.

Die innerhalb des betrachteten Zeitraums von 20 Jahren zu erwartenden Holzerlöse und die entsprechenden Holzerntekosten wurden flächenweise gegenübergestellt. Auf diese Weise wurde bestimmt, ob ein positiver Deckungsbeitrag 1 erzielbar ist oder nicht.

8 Hochrechnung und Ergebnisse für Tirol

Hochgerechnet wurden zunächst die gesamten Nutzungen für zwei Nutzungsszenarien. Für beide Szenarien wurden auch Werte des verbleibenden Bestandes hochgerechnet, um die ertragskundliche Nachhaltigkeit beurteilen zu können. Für ein Szenario wurden die genutzten Stämme in Sortimente nach Qualität und Stärkeklassen, sowie nach Biomassenkomparti- mente (ohne Laub) aufgeteilt. Darauf aufsetzend wurden in einem zweiten Schritt diese Er- gebnisse um jene Massen reduziert, die ökonomisch betrachtet keinen positiven Deckungs- beitragsbeitrag erbringen.

8.1 Nutzungsszenarien

Für die zwei Nutzungsszenarien wurden ausgehend von den Erhebungen 2000/02, fünf 5-Jahresperioden das Waldwachstum, die Mortalität, der Einwuchs und die Stammschäden prognostiziert. Die Perioden sind mit den Jahren 2005, 2010, 2015, 2020 und 2025 bezeichnet. In beiden Szenarien wurde die Auszeige der ÖWI sowohl in der Vornutzung, wie auch in der Endnutzung (Verjüngungshieb und Räumung) prioritär behandelt. Wenn keine ÖWI Auszeige vorhanden war, wurden die entsprechenden Modelle zur Bestimmung der Vor- bzw. Endnutzungsstämme eingesetzt. Im Szenario 1 wurden die Kriterien für die Nutzungsbestimmung so festgelegt, dass ein leichter Vorratsabbau erfolge. Im Szenario 2 wurde die Vorratskonstanz durch Anhebung der Durchmessergrößen erreicht. In beiden Szenarien nimmt der laufende jährliche Zuwachs zu, wobei die Zunahme im Szenario 2 deutlicher ausfällt.

Tabelle 4: Entwicklung des Vorrates und des jährlich laufenden Zuwachses für die zwei Szenarien in Vfm/ha

Periode	Szenario 1		Szenario 2	
	Vorrat	Zuwachs	Vorrat	Zuwachs
2000-2005	320	7,16	320	7,19
2005-2010	316	7,17	320	7,23
2010-2015	311	7,22	320	7,32
2015-2020	307	7,30	320	7,41
2020-2025	303	7,71	321	7,49
2025	301		321	

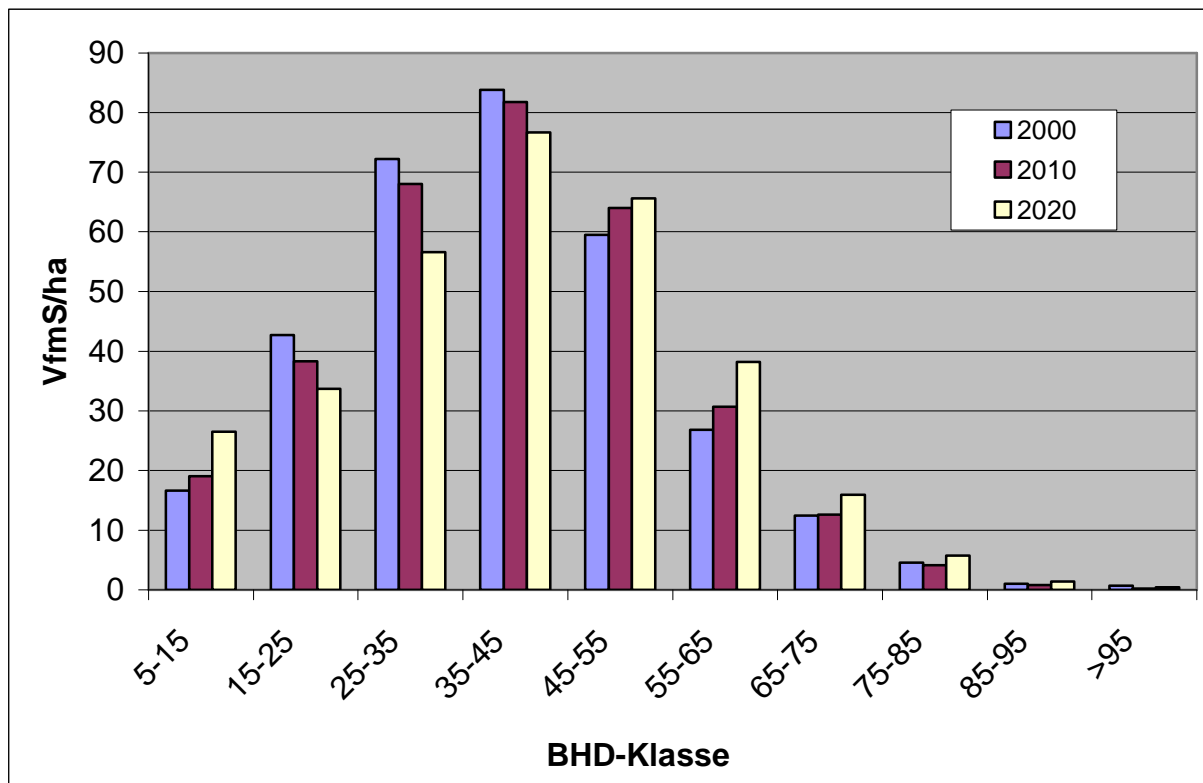
Die entsprechenden Nutzungsmengen als Vfm sind in Tab. 5 aufgelistet. Diese sind als theoretische Gesamtpotentiale zu interpretieren, da hier noch keine Einschränkungen ökonomischer oder anderer Art berücksichtigt wurden.

Tabelle 5: Entwicklung der jährlichen Gesamtnutzungen in Mio. Vfm und des Vornutzungsanteiles für die zwei Szenarien

Periode	Szenario 1		Szenario 2	
	Nutzung	VN%	Nutzung	VN%
2000-2005	2,59	35,90	2,27	40,70
2005-2010	2,62	31,20	2,35	32,30
2010-2015	2,60	31,80	2,34	31,70
2015-2020	2,63	24,20	2,29	32,00
2020-2025	2,60		2,30	

In beiden Szenarien wurde zunächst ein höherer Anteil an Vornutzungen (prioritäre Nutzung der Durchforstungsreserven) unterstellt, der dann im Laufe der Zeit deutlich absinkt, insgesamt aber über den Ergebnissen der ÖWI 2000/02 (ca. 10%) liegt. Diese Nutzungsverteilung führt zu einer Verschiebung der Durchmesserverteilung wie am Beispiel des Szenarios 1 in Abbildung 1 ersichtlich ist. Durch den hohen Vornutzungsanteil verschieben sich die Dimensionen für den verbleibenden Bestand im Laufe der Zeit in stärkere Bereiche.

Abbildung 1: Entwicklung Durchmesserverteilung für das Szenario 1 in den drei Zeitschnitten Anfang, Mitte und Ende der Prognoseperiode.



8.2 Sortimentierung

Die Sortierung wurde für die zwei berechneten Szenarien durchgeführt ohne die letzte Periode 2020-2025. Im Bericht werden nur durchschnittliche Ergebnisse für die Zeit zwischen 2000 und 2020 aufgelistet.

Nach Sortimentierung errechnet sich eine Nutzholzausbeute zwischen 74% und 75% inklusive Industrieholz. Dazu kommen noch Sondersortimente wie das Kappholz, Faulholz (Weichfäule) und Rinde, die im stehenden Schaftholzvorrat berücksichtigt waren. Der verbleibende Rest setzt sich aus dem usancenkonformen Übermaß bzw. der Abrundung sowie der Schnittfuge zusammen. Dürrlinge, Astbiomasse und Nadeln stellen Zusatzsortimente für die energetische Nutzung dar. Die prozentuelle Verteilung ist in der Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6: Aufteilung der Nutzungsmengen auf die Sortimente in Prozent des lebenden Schaftholzvorrates im Mittel über die 4 Prognoseperioden getrennt nach den zwei Nutzungsszenarien

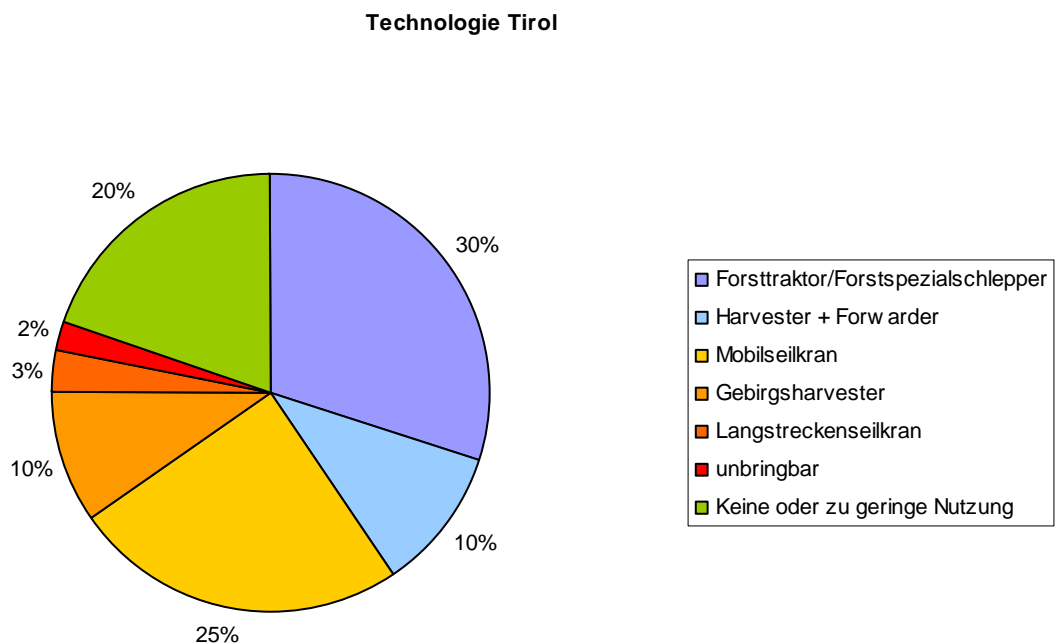
	Blochholz Efm	Industrieholz Efm	Kappholz Efm	Rinde Efm	Weichfaul Efm	VfmS	Dürrlinge Vfm	Äste Atro t	Nadeln Atro t
Szenario 1	64	11	2	14	3	100	2	9	4
Szenario 2	62	12	2	14	3	100	2	9	4

8.3 Ökonomische Einschränkungen

Die ökonomischen Einschränkungen wurden mit detaillierten Berechnungen der Holzernte- und Rückekosten analysiert. Für dieses Projekt wurde unterstellt, dass Hackgut nur auf der Forstraße produziert wird und nicht im Bestand. Das bedeutet, dass nur die Ernte im Baumverfahren die Möglichkeit für Astnutzungen erlaubt.

In einem ersten Schritt wurden die Anteile der Ertragswaldfläche Tirols nach der möglichen Ernte- und Bringungstechnik ermittelt. Die Abbildung 2 zeigt, dass auf rund 40% die Rückung mit dem Schlepper bzw. Forwarder möglich ist. Darunter fallen auch Flächen, die wegen der Neigung nicht befahrbar sind, ein seitlicher Zuzug infolge der Kürze der Bringungsdistanz jedoch möglich ist. 38% fallen in die Kategorie Seilkrangelände. Die Einschränkungen bezüglich der Nutzung von Biomasse sind im Seilgelände besonders stark ausgeprägt. Hier muss die Rückung im Baumverfahren erfolgen können, um die Biomasse auf der Forstraße erzeugen zu können. Der Einsatz des Gebirgsharvesters ist jedoch durch technische Einschränkungen nur in 10% der Ertragswaldfläche möglich.

Abbildung 2: Prozentueller Anteil der Tiroler Ertragswaldfläche nach Rückemethoden



Die Tabelle 7 gibt eine Übersicht über jene Waldflächenanteile auf denen mit den genannten Holzernteverfahren, Rücketechnologien und Qualifikationen der Forstarbeiter für die Holz- und Biomasseerzeugung (bei Baumverfahren mit Hackschnitzelerzeugung) positive Deckungsbeiträge zu erzielen sind.

Tabelle 7: Anteil der Flächen mit positivem Deckungsbeitrag 1 nach Arbeitsverfahren und unterstellter Rücketechnologie und Personaleinsatz, sowie nach erzeugten Sortimente: A/B ...Bloche der Qualitätsklasse „A/B“, C...Bloche der Qualitätsklasse „C“, Cx...Bloche der Qualitätsklasse „Cx“, Br... Braunbloche, Sb...Schwachbloche, Ih...Industrieholz

Gelände	Arbeitsverfahren	Rücketechnologie	Personal	Genutzte Sortimente	% der Fläche mit positiven DB1
Schleppereinsatzgelände	Sortimentverfahren	Forstraktor	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih	84
		Harvester + Forwarder	Forstfacharbeiter	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih	97
		Forstraktor ¹	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih	85
	Stammverfahren	Forstraktor	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih	96
		Forstraktor ¹	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih	98
	Baumverfahren	Forstraktor	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih, Restholz	94
		Forstraktor ¹	Bauernakkordant	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih, Restholz	97
	Seilgelände	Sortimentverfahren	Mobilseilgerät	Forstfacharbeiter	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih
Konventionelles Seilgerät			Forstfacharbeiter	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih	63
Baumverfahren		Gebirgharvester	Forstfacharbeiter	A/B, C, Cx, Br, Sb, Ih, Restholz	60

¹ Zuzug von der Forststraße aus.

8.4 Potentialabschätzung

Die Abschätzung der Potentiale geht von den theoretischen Gesamtpotentialen aus. Daher werden diese in der Tabelle 8 für die verschiedenen Sortimentsgruppen zusammengefasst. Insgesamt liegt für das Szenario 1 das jährliche theoretische Nutzholzpotalential bei 1,95 Mio EfmoR, für das Szenario 2 bei 1,70 Mio EfmoR. Die Biomassensortimente Kapp-, Faul- und Totholz bzw. das Astholz macht in Summe für Szenario 1 0,53 Mio. EfmiR und für Szenario 2 0,48 Mio. EfmiR aus. Die Nutzholzrinde wird getrennt ausgewiesen, da sie zum größten Teil nicht im Wald sondern im Sägewerk anfällt. Sie beträgt 0,37 fm (Sz1) und 0,33 fm (Sz2).

Tabelle 8: Theoretische jährliche Gesamtpotenziale für die Nutzungsszenarien 1 und 2 nach Sortimentgruppen. Ergebnisse in Mio. EfmoR für Nutzholz, Mio. EfmiR für Faul- und Totholz sowie Kappholz und Äste, Mio. Fm für Rinde, Mio. Atrot für Nadeln. Äste.

Szenario 1	2005	2010	2015	2020	Durchschnitt
Blochholz ABC	1,17	1,26	1,29	1,25	1,24
Blochholz Cx SB	0,45	0,42	0,43	0,40	0,43
Industrieholz	0,29	0,27	0,29	0,30	0,29
Faul, Totholz	0,10	0,12	0,14	0,17	0,13
Kappholz, Äste	0,40	0,37	0,38	0,42	0,39
Rinde Nutzholz	0,36	0,37	0,36	0,37	0,37
Nadeln Atrot	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11

Szenario 2	2005	2010	2015	2020	Durchschnitt
Blochholz ABC	0,97	1,12	1,07	1,04	1,05
Blochholz Cx SB	0,41	0,38	0,40	0,35	0,38
Industrieholz	0,28	0,24	0,27	0,29	0,27
Faul, Totholz	0,10	0,10	0,14	0,13	0,12
Kappholz, Äste	0,37	0,34	0,35	0,38	0,36
Rinde Nutzholz	0,32	0,33	0,33	0,33	0,33
Nadeln Atro t	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

Diese Potentiale werden im Folgenden nach unterschiedlichen Straten aufgegliedert. Für den Auftraggeber war die Ermittlung der Potentiale für das Szenario 1 prioritär, wobei die Potentiale der ÖBf-AG nicht berücksichtigt werden sollten. Daher sind alle folgenden Gliederungen ohne diese Besitzkategorie vorgenommen. Dadurch wurde z.B. das Nutzholzpotential von 1,95 um 16% auf 1,63 Mio. EfmoR reduziert. In den Tabellen 9 - 12 sind die Gliederungen nach den Waldkategorien, den Nutzungsarten, den Betriebsgrößen und den Betriebsarten enthalten. Danach teilt sich das Potential fast zu gleichen Teilen auf den Schutzwald und auf den Wirtschaftswald auf, da die Kategorie Rest (siehe Tab. 9) hauptsächlich dem Schutzwald zugeordnet werden kann.

Tabelle 9: Theoretisch jährliche Gesamtpotentiale der gesamten Prognoseperiode für das Nutzungsszenario 1 nach Waldkategorien. Nutzholz ... Sägerundholz und Industrieholz, Biomasse ... Faul-, Totholz und Kapp-, Astholz, WW ... Wirtschaftswald, WS2 ... Wirtschaftswald mit Schutzwirkung, SiE ... Schutzwald im Ertrag, Rest ... Summe der Probestflächen mit Ungenauigkeiten in der Waldklassenzuteilung und Georeferenzierung zwischen ÖWI und LFD Tirol.

Werte in Mio	WW	WS2	SiE	Rest	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,52	0,32	0,62	0,16	1,63
in %	32	20	38	10	100
Faul, Totholz	0,03	0,02	0,04	0,02	0,11
in %	30	17	34	19	100
Kapp, Astholz	0,09	0,06	0,12	0,04	0,31
in %	29	19	39	12	100
Rinde Nutzholz Fm	0,08	0,05	0,09	0,02	0,24
in %	32	20	38	10	100
Nadeln Atro t	0,03	0,02	0,04	0,01	0,09
in %	29	20	38	12	100

Der Vornutzungsanteil nach der Ausformung des Nutzholzes ist mit 27% geringer als vor der Ausformung (vgl. Tab. 5). Der Rindenanteil der Vornutzung ist entsprechend höher.

Tabelle 10: Theoretisch jährliche Gesamtpotentiale der gesamten Prognoseperiode für das Nutzungsszenario 1 nach Nutzungsarten. Nutzholz ... Sägerundholz und Industrieholz, Biomasse ... Faul-, Totholz und Kapp-, Astholz, VN ... Vornutzung, EN ... Endnutzung.

Werte in Mio	VN	EN	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,44	1,19	1,63
in %	27	73	100
Faul, Totholz	0,02	0,09	0,11
in %	15	85	100
Kapp, Astholz	0,12	0,19	0,32
in %	39	61	100
Rinde Nutzholz Fm	0,09	0,15	0,24
in %	36	63	100
Nadeln Atro t	0,03	0,06	0,09
in %	31	69	100

Um eine aussagekräftige Verteilung der Erntemenge zu erhalten, wurden die Betriebsgrößen in die Kategorien bis 20 ha, 21 bis 50 ha, 50 bis 500 ha und größer 500 ha aufgegliedert. Rund ein Viertel der Sortimentsmengen fällt in die kleinste Kategorie bis 20 ha. Etwa 40 Prozent des theoretischen Potentials liegt in den Betrieben größer 500ha.

Tabelle 11: Theoretisch jährliche Gesamtpotenziale der gesamten Prognoseperiode für das Nutzungsszenario 1 nach Betriebsgrößen. Nutzholz ... Sägerundholz und Industrieholz, Biomasse ... Faul-, Totholz und Kapp-, Astholz.

Werte in Mio	bis 20ha	20 - 50ha	50 - 500ha	größer 500ha	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,44	0,22	0,34	0,63	1,63
in %	27	13	21	39	100
Faul, Totholz	0,03	0,02	0,02	0,04	0,11
in %	27	14	21	38	100
Kapp, Astholz	0,08	0,05	0,07	0,12	0,32
in %	26	15	21	38	100
Rinde Nutzholz Fm	0,06	0,03	0,05	0,09	0,24
in %	27	13	21	39	100
Nadeln Atro t	0,02	0,01	0,02	0,04	0,09
in %	24	12	20	44	100

Die Betriebsarten mit den größten anteilen am Potential sind die Agrargemeinschaften (40%) und die Privatwälder mit 44%. Gemeindegut und Gemeindevermögen haben in Summe nur 15% des Potentials.

Tabelle 12: Theoretisch jährliche Gesamtpotenziale der gesamten Prognoseperiode für das Nutzungsszenario 1 nach Betriebsarten. Nutzholz ... Sägerundholz und Industrieholz, Biomasse ... Faul-, Totholz und Kapp-, Astholz.

Werte in Mio	Agrarge- meinschaft	Gemeinde- vermögen	Gemeinde- gut	Privat	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,66	0,09	0,17	0,72	1,63
in %	40	5	10	44	100
Faul, Totholz	0,04	0,01	0,01	0,05	0,12
in %	38	7	10	44	100
Kapp, Astholz	0,13	0,02	0,03	0,15	0,33
in %	40	5	10	45	100
Rinde Nutzholz Fm	0,10	0,01	0,03	0,11	0,24
in %	40	5	10	44	100
Nadeln Atro t	0,04	0,01	0,01	0,04	0,09
in %	44	5	11	39	100

Für die Potentialabschätzung muss vom theoretischen Gesamtpotential jene Nutzungen abgezogen werden, auf denen kein positiver Deckungsbeitrag 1 (DB1) erzielt werden kann. Da eine flächenhafte Umlegung der zuvor beschriebenen Ergebnisse eine Gleichverteilung der potentiellen Nutzungsmengen auf die unterschiedlichen Bringungskategorien voraussetzt, und diese sicher nicht gegeben ist, muss die Einschränkung des Potentials auf den einzelnen Probeflächen erfolgen. In den Tabellen 13 und 14 finden sich die Ergebnisse der ökonomischen Einschränkungen für das Sortiment- und das Baumverfahren für die zwei Preisszenarien und das Nutzungsszenario 1.

Tabelle 13: Nutzungen (Efm) nach Deckungsbeitrag in Prozent für das Sortimentverfahren

Sortiment- verfahren		Forstraktor	Forstraktor Steilstufe	Forstraktor Zuzug	Harvester + Forwarder	Seilkran bergauf	Seilkran berab	Langstreck enseilkran	unbring bar	Gesamt
Nutzungs-Sz 1 Preis Sz-1	Anteil an der Nutzungs- masse	13	12	21	9	20	23	1	1	
	DB 1 Positiv	97	84	94	98	88	74	83		88
	DB 1 Negativ	3	16	6	2	12	26	17		12
Nutzungs-Sz 1 Preis-Sz 2	Anteil an der Nutzungs- masse	13	12	21	9	20	23	1	1	
	DB 1 Positiv	97	79	90	94	77	73	79		83
	DB 1 Negativ	3	12	10	6	23	27	21		16

Insgesamt können mit dem Sortimentverfahren 97 % der gesamten Nutzungsmenge erfasst werden. Die restliche Nutzungsmenge fällt auf unbringbare Probeflächen, bzw. sind dort die Baumdimensionen für eine Rückung zu gering. Insgesamt haben unter der Annahme der Preissituation Jahreswechsel 2006/07 88% der gesamten Nutzungsmenge einen positiven DB1. Der Anteil ist deutlich höher als in der flächenweisen Auswertung, da vor allem Flächen mit kleinen Nutzungsmengen nicht kostendeckend durchgeführt werden können. Diese Kleinmengen entstehen vor allem im Zuge der modellierten Zufallsnutzungen. Für das Preis-szenario 2004/06 fällt der Anteil mit positiven DB1 mit 83% entsprechend niedriger aus.

Tabelle 14: Nutzungen (Efm) nach Deckungsbeitrag in Prozent für das Baumverfahren

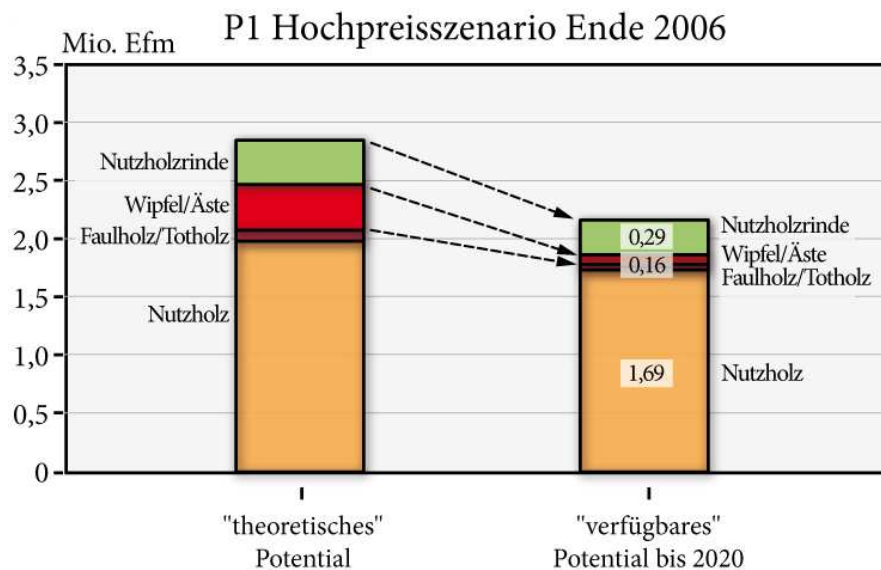
Baumverfahren		Forstraktor	Forstraktor Steilstufe	Forstraktor Zuzug	Gebirgs- Harvester	unbring- bar	Gesamt
Nutzungs-Sz 1 Preis Sz-1	Anteil an der Nutzungs- masse	32	19	37	10	2	
	DB 1 Positiv	98	98	98	98		98
	DB 1 Negativ	2	2	2	2		2
Nutzungs-Sz 1 Preis-Sz 2	Anteil an der Nutzungs- masse	31	18	39	10	2	
	DB 1 Positiv	96	88	88	88		91
	DB 1 Negativ	4	12	12	12		9

Im Baumverfahren können rund 60% der gesamten Menge genutzt werden. Dabei wird unterstellt, dass im Seilgelände, wo der Gebirgsharvester nicht eingesetzt werden kann, und dass im Schleppergelände mit potentieller Harvesternutzung das Baumverfahren nicht eingesetzt wird. Hier kann man auch potentiell Biomasse in Form von Kappholz, Rinde, Ästen und Nadeln nutzen. Die Anteile mit positiven Deckungsbeiträgen sind entsprechend höher als beim Sortimentverfahren. Wenn man das Potential an Biomasse optimal mit der Produktion auf der Forststraße ausnutzen will, muss möglichst viel im Baumverfahren gearbeitet werden. Das Sortimentverfahren würde dann nur dort eingesetzt, wo keine andere Möglichkeit besteht.

Bei der Ermittlung der reduzierten Potentiale ist zu berücksichtigen, dass die in den Tabellen 13 und 14 ausgewiesenen Einschränkungen nicht direkt umgelegt werden können. Diese gehen von den jeweils gesamt möglichen Nutzungsmengen innerhalb der Verfahren aus. Das bedeutet, dass die Nutzungsmengen in Tabelle 13 nicht berücksichtigen, dass ein bestimmter Anteil möglicherweise mit dem Baumverfahren genutzt wird. Die Tabellen beschreiben nur die Deckungsbeiträge für die Verfahren unabhängig voneinander.

Eine Übersicht für die Reduktionen der Potentiale ist in Abbildung 3 gegeben. Hier wurden für die Biomassenkompartimente Kappholz und Äste auch ökologische Einschränkungen gutachtlich berücksichtigt.

Abbildung 3: „theoretisches“ Potential und „verfügbares“ Potential bis 2020 mit ÖBf AG Für das Nutzungsszenario 1 und das Preisszenario 1



In einem weiteren Schritt wurden diese Ergebnisse nun ebenfalls für die genannten Straten umgelegt. Die den Tabellen 9 bis 12 entsprechenden Ergebnisse jedoch unter Berücksichtigung eines positiven DB1 befinden sich in den folgenden Tabellen 15 bis 18. Dabei wurden neben den Ökonomischen Einschränkungen auch die Technischen Möglichkeiten berücksichtigt. Teil der Nadeln und der Laubholzäste bei der Ernte im Wald verbleiben. Auch die unbringbaren Lagen wurden berücksichtigt.

Tabelle 15: Jährliche Potenziale der gesamten Prognoseperiode mit positivem DB1 für das Nutzungsszenario 1 nach Waldkategorien für die Preisszenarien 1 und 2. Nutzholz ... Sägerundholz und Industrieholz, Biomasse ... Faul-, Totholz und Kapp-, Astholz, WW ... Wirtschaftswald, WS2 ... Wirtschaftswald mit Schutzwirkung, SiE ... Schutzwald im Ertrag, Rest ... Summe der Probestflächen mit Ungenauigkeiten in der Waldklassenzuteilung und Georeferenzierung zwischen ÖWI und LFD Tirol.

PS1 Werte in Mio	WW	WS2	SiE	Rest	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,47	0,29	0,52	0,13	1,41
in %	33	20	37	9	100
Faul, Totholz EfmiR	0,02	0,01	0,02	0,01	0,05
in %	31	17	33	18	100
Kapp, Astholz EfmiR	0,04	0,03	0,05	0,02	0,14
in %	31	20	38	12	100
Rinde Nutzholz Fm	0,07	0,04	0,08	0,02	0,21
in %	33	20	37	9	100
Nadeln Atro t	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03
in %	30	21	37	12	100

PS2 Werte in Mio	WW	WS2	SiE	Rest	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,44	0,27	0,48	0,12	1,32
in %	33	21	37	9	100
Faul, Totholz EfmiR	0,02	0,01	0,02	0,01	0,05
in %	31	17	33	18	100
Kapp, Astholz EfmiR	0,04	0,03	0,05	0,02	0,13
in %	31	20	38	11	100
Rinde Nutzholz Fm	0,07	0,04	0,07	0,02	0,19
in %	33	21	37	9	100
Nadeln Atro t	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03
in %	31	21	37	12	100

Tabelle 16: Jährliche Potenziale der gesamten Prognoseperiode mit positivem DB1 für das Nutzungsszenario 1 nach Nutzungsarten für die Preisszenarien 1 und 2. Nutzholz ... Sägerundholz und Industrielholz, Biomasse ... Faul-, Totholz und Kapp-, Astholz, VN ... Vornutzung, EN ... Endnutzung.

PS1 Werte in Mio	VN	EN	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,31	1,12	1,42
in %	22	78	100
Faul, Totholz EfmiR	0,01	0,05	0,05
in %	12	88	100
Kapp, Astholz EfmiR	0,05	0,10	0,14
in %	32	68	100
Rinde Nutzholz Fm	0,06	0,14	0,20
in %	30	70	100
Nadeln Atro t	0,01	0,03	0,04
in %	25	75	100

PS2 Werte in Mio	VN	EN	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,28	1,04	1,32
in %	21	79	100
Faul, Totholz EfmiR	0,01	0,04	0,05
in %	11	89	100
Kapp, Astholz EfmiR	0,04	0,09	0,13
in %	31	69	100
Rinde Nutzholz Fm	0,05	0,13	0,19
in %	29	71	100
Nadeln Atro t	0,01	0,02	0,03
in %	24	76	100

Tabelle 17: Jährliche Potenziale der gesamten Prognoseperiode mit positivem DB1 für das Nutzungsszenario 1 nach Betriebsgrößen für die Preisszenarien 1 und 2. Nutzholz ... Sägerundholz und Industrielholz, Biomasse ... Faul-, Totholz und Kapp-, Astholz.

PS1 Werte in Mio	bis 20ha	20 - 50ha	50 - 500ha	größer 500ha	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,40	0,19	0,29	0,53	1,41
in %	28	13	21	38	100
Faul, Totholz EfmiR	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05
in %	28	14	21	37	100
Kapp, Astholz EfmiR	0,04	0,02	0,03	0,05	0,15
in %	27	15	21	37	100
Rinde Nutzholz Fm	0,06	0,03	0,04	0,08	0,20
in %	28	13	21	38	100
Nadeln Atro t	0,01	0,00	0,01	0,02	0,04
in %	25	12	19	43	100

PS2 Werte in Mio	bis 20ha	20 - 50ha	50 - 500ha	größer 500ha	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,37	0,18	0,27	0,50	1,32
in %	28	13	20	38	100
Faul, Totholz EfmiR	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05
in %	28	14	21	37	100
Kapp, Astholz EfmiR	0,04	0,02	0,03	0,05	0,14
in %	27	15	21	37	100
Rinde Nutzholz Fm	0,05	0,03	0,04	0,07	0,19
in %	28	13	20	38	100
Nadeln Atro t	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03
in %	25	12	19	43	100

Tabelle 18: Jährliche Potenziale der gesamten Prognoseperiode mit positivem DB1 für das Nutzungsszenario 1 nach Betriebsarten für die Preisszenarien 1 und 2. Nutzholz ... Sägerundholz und Industrielholz, Biomasse ... Faul-, Totholz und Kapp-, Astholz.

PS1 Werte in Mio	Agrarge- meinschaft	Gemeinde- vermögen	Gemeinde- gut	Privat	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,57	0,08	0,15	0,62	1,41
in %	40	5	11	44	100
Faul, Totholz EfmiR	0,02	0,00	0,01	0,02	0,05
in %	38	7	10	44	100
Kapp, Astholz EfmiR	0,06	0,01	0,02	0,07	0,16
in %	40	5	11	45	100
Rinde Nutzholz Fm	0,08	0,01	0,02	0,09	0,21
in %	40	5	11	44	100
Nadeln Atro t	0,02	0,00	0,00	0,01	0,04
in %	44	5	11	39	100

PS2 Werte in Mio	Agrarge- meinschaft	Gemeinde- vermögen	Gemeinde- gut	Privat	Gesamt
Nutzholz EfmoR	0,53	0,07	0,14	0,58	1,32
in %	40	5	11	44	100
Faul, Totholz EfmiR	0,02	0,00	0,01	0,02	0,05
in %	38	7	10	44	100
Kapp, Astholz EfmiR	0,06	0,01	0,02	0,06	0,14
in %	40	5	11	45	100
Rinde Nutzholz Fm	0,08	0,01	0,02	0,09	0,20
in %	40	5	11	44	100
Nadeln Atro t	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03
in %	44	6	11	39	100

Bei all den Ergebnissen ist zu berücksichtigen, dass die ökologischen Einschränkungen aus dem Projekt ausgeklammert wurden. Dies führt sicherlich zu einer weiteren Reduktion des Potentials. Darüber hinaus wurde bei der Wirtschaftlichkeit nur der DB1 berücksichtigt und keine anderen Kosten oder Gewinne der Forstbetriebe kalkuliert.

9 Gegenüberstellung der Nutzholzpotentiale mit den Tiroler Nutzungsstatistiken

In einem letzten Schritt wurden die Nutzholzpotentiale den gemeldeten Einschlägen nach Tiroler Walddatenbank gegenüber gestellt. Im jeweils linken der Teil Abbildungen 5 bis 8 ist das Nutzholzpotential für das Nutzungsszenario 1 und das Preisszenario 1 ohne ÖBf AG für die verschiedenen Stratifizierungen dargestellt.

Die Abbildung 4 stellt das Potential und den Vergleich in Abhängigkeit von der Bringungstechnik dar. Hier zeigt sich, dass sowohl im Traktor/Schleppergelände wie auch im Seilkran-gelände beträchtliche Potentiale liegen und das auch in beiden Bereichen Steigerungen im Verhältnis zum HEM 23001/06 möglich sind.

Abbildung 4: Verfügbares Nutzholzpotential ohne ÖBf AG nach Bringungsart (links) und Vergleich zur HEM (Durchschnitt 2001 bis 2006, rechts; jeweils erster Balken für HEM)

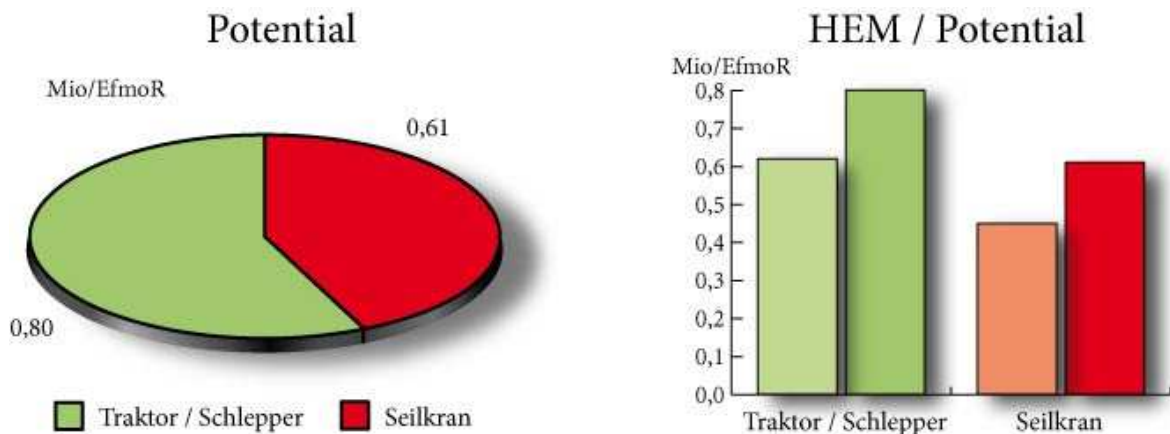
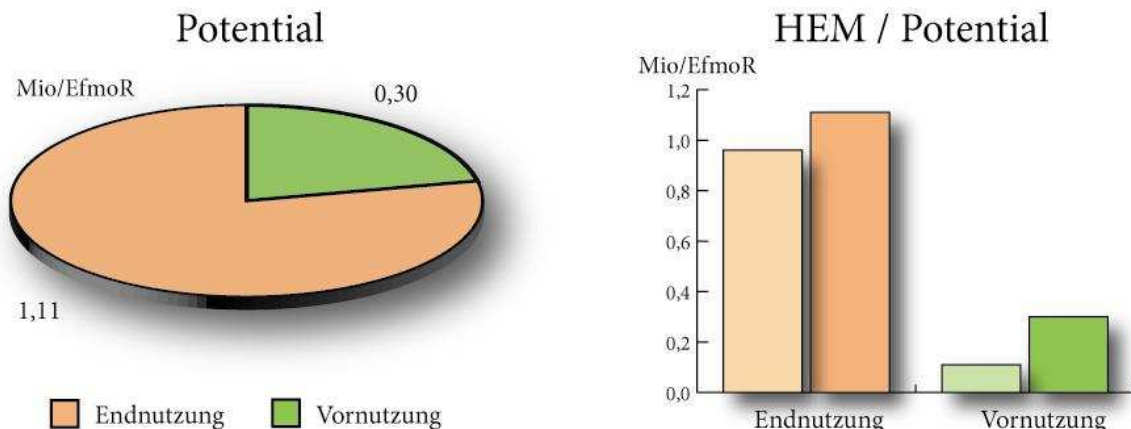


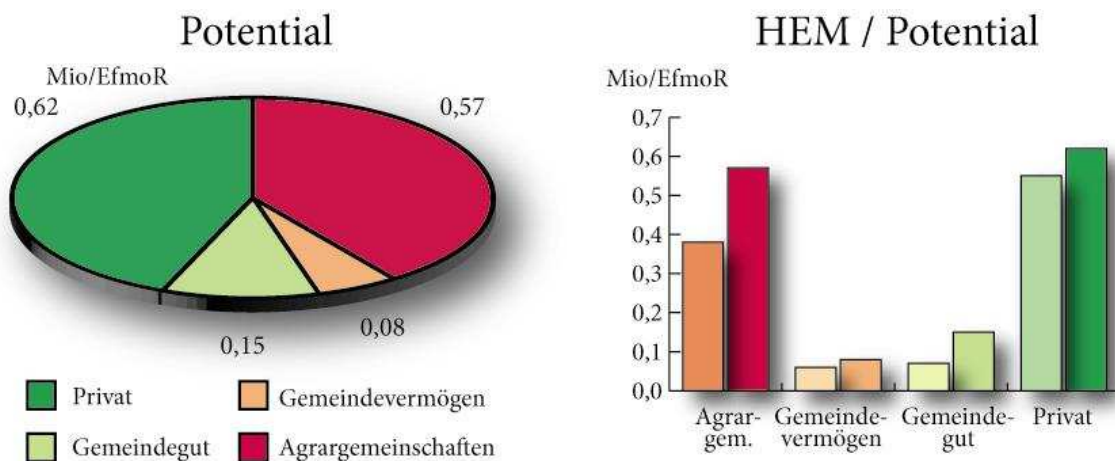
Abbildung 5: Verfügbares Nutzungspotential ohne ÖBf AG nach Eingriffsart (links) und Vergleich zur HEM (Durchschnitt 2001 bis 2006, rechts; jeweils erster Balken für HEM)



Die Potentiale gegliedert in Vor- und Endnutzung zeigt Abbildung 5. Rund 21% sind in der Durchforstung zu finden. Dieses etwas niedrige Durchforstungsprozent ist durch die praxisnahen Vornutzungsmodelle verursacht, bei denen keine sehr starken Eingriffe zur Anwendung kommen. Es zeigt sich aber im Verhältnis zum tatsächlichen Vornutzungsprozent laut HEM, dass hier trotzdem ein großes zusätzliches Potential vorhanden ist. Die Steigerungsmöglichkeit für die Endnutzung ist geringer.

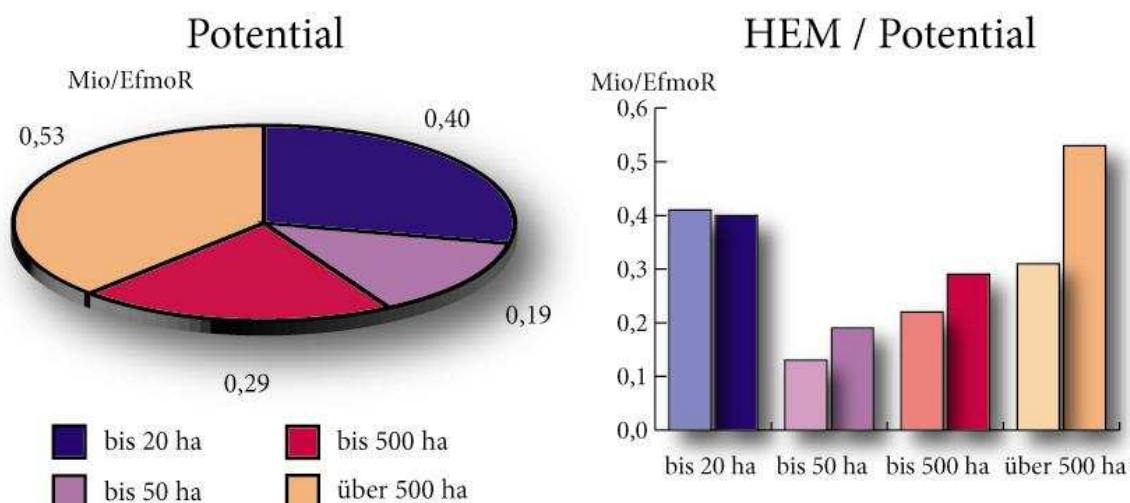
Eine Beurteilung der Potentiale für die Betriebsarten ist an Hand der Abbildung 6 möglich. Das absolut größte Potential findet sich im Privatwald, gefolgt von den Agrargemeinschaften. Das relativ größte Steigerungspotential liegt jedoch in den Gemeindegutswäldern. Aber auch in den Agrargemeinschaften wäre noch eine deutliche Steigerung im Verhältnis zum HEM 2001/06 möglich.

Abbildung 6: Verfügbares Nutzungspotential nach Betriebsart ohne ÖBf AG (links) und Vergleich zur HEM (Durchschnitt 2001 bis 2006, rechts; jeweils erster Balken für HEM)



Die Abbildung 7 gibt schließlich Auskunft über die Potentiale nach der Besitzgröße. Hier fällt auf, dass in der Kategorie bis 20 Ha keine Zusatzpotentiale mehr vorhanden sind. Diese finden sich zum guten Teil in der Klasse über 500 ha.

Abbildung 7: Verfügbares Nutzungspotential nach Betriebsgröße ohne ÖBf AG (links) und Vergleich zur HEM (Durchschnitt 2001 bis 2006, rechts; jeweils erster Balken für HEM)



GLOSSAR

Astbiomasse: Kompartiment der Biomasse eines Baumes, umfasst Grob- und Feinäste und Reisig.

Baumverfahren: Ernteverfahren, bei dem der gesamte Baum nach der Fällung zur Straße gerückt bzw. geseilt wird.

Biomasse (Holzbiomasse): gesamte Masse eines Baumes bestehend aus Baumteilen (Kompartimenten); in die Berechnungen des Nutzungspotentials geht nur die oberirdische Biomasse des Baumes ein (Wurzeln und Stock werden nicht mitgerechnet).

Biomassekompartimente: Baumteile aus denen sich die gesamte Biomasse eines Baumes zusammensetzt: Wurzel-, Stamm-, Ast-, Nadel- und Blattbiomasse.

Blattbiomasse: Kompartiment der Biomasse eines Laubbaumes, die Masse der Laubblätter; wird in dieser Studie nicht berücksichtigt, weil Winterschlägerung unterstellt wird.

Bringung: ist die Beförderung von Holz oder sonstigen Forstprodukten vom Gewinnungsort bis zu einer öffentlichen Verkehrsanlage.

Bringungsdistanz: Entfernung vom Gewinnungsort von Holz oder sonstigen Forstprodukten bis zu einer öffentlichen Verkehrsanlage (hier synonym mit Rückedistanz verwendet).

Ertragswald: Wirtschaftswald und Wälder mit Schutzwirkung mit Holznutzung (Instruktion für die Feldarbeit 2007); Wälder, in denen primär die Holznutzung, also die nachhaltige Produktion höchstmöglicher Holzmassen bester Qualität sowie Sortierung durch ökologisch gesunde und bestandesstrukturell stabile Wälder im Vordergrund steht (Brünig u. Mayer 1980)

Holzeinschlagsmeldung (HEM): von der Abteilung IV1 des BMLFUW veröffentlichten Meldungen des Holzeinschlags.

Kappholz: oberster Schaftholzteil bis zum Wipfel, der lt. ÖHU die Kriterien für die Ausformung von Säge- und Industrierundholz nicht erfüllt.

Nadelbiomasse: Kompartiment der Biomasse eines Nadelbaumes, die Nadelmasse; nur teilweise nutzbar, da ein Teil bereits bei der Schlägerung und Rückung verloren geht.

Österreichische Waldinventur (ÖWI): Bundesweites Waldmonitoringsystem auf Stichprobenbasis.

PROGNAUS: Das Waldwachstumsmodell PROGNAUS (PROGNosis for AUStria) wurde anhand der Daten der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) entwickelt und als Simulator zum ersten Mal 1995 vorgestellt. PROGNAUS ist ein in all seinen Teilmodellen abstandsunabhängiges Einzelbaumwaldwachstumsmodell und benötigt daher keine Baumpositionen.

Seit der erstmaligen Präsentation wurde das gesamte Waldwachstumsmodell einige Male neu formuliert und dabei um fehlende oder verbesserte Teilmodelle ergänzt. In der derzeit aktuellen Formulierung besteht PROGNAUS aus einem Kreisflächenzuwachsmodell, einem Höhenzuwachsmodell, einem Modell zur Abschätzung des Kronenprozents, einem Mortalitätsmodell sowie einem Einwuchsmodell. Für die Anwendung in dieser Studie wurde aus der Holzaufkommensprognose das Nutzungsmodell übernommen und ein Schaftqualitätsmodell implementiert. Spezielle Funktionen zur Abschätzung der Nadel- und Astbiomassen wurden entwickelt und in PROGNAUS eingefügt.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Waldwachstum und Waldbau des BFW wurde PROGNAUS anhand von Dauerversuchsflächen mehrfach evaluiert. Darüber hinaus wurde es in Kooperation mit dem Institut für Waldinventur des BFW im Rahmen verschiedener Projekte (Holzaufkommensprognose für Österreich, Vorrats- und Zuwachsentwicklung im Wirtschaftswald der ÖBf-AG) erfolgreich eingesetzt.

Rückung: Ist die Beförderung von Holz oder sonstigen Forstprodukten vom Gewinnungsort bis zu einer LKW-befahrbaren Straße.

Waldschadens-Beobachtungssystem (WBS): Integralprojekt des BFW zur Erfassung von Waldschäden und der Einwirkung von Schadfaktoren

Waldbodenzustandsinventur (WBZI): Bundesweite Waldbodenzustandserfassung im Rahmen des WBS.

Waldkategorie: Bezeichnung für die Bewirtschaftungsform in Tirol ähnlich der Betriebsart laut ÖWI Nomenklatur

Wurzelbiomasse: unterirdischer Teil der Biomasse eines Baumes

Schleppergelände: Gelände, das eine Hangneigung bis 40% (Grenze für Schleppereinsatz) aufweist.

Seilgelände: Geländeneigung über 40%.

Sortimentsverfahren: Ernteverfahren, bei dem der gefällte Baum in Sortimente ausgeformt und anschließend zur Straße gerückt bzw. geseilt wird.

Vollbaumnutzung: siehe Baumverfahren