



**STUDIE „SAVE OUR SURFACE“
IM AUFTRAG DES ÖSTERREICHISCHEN KLIMA- UND ENERGIEFONDS**

***TEILBERICHT 5c: NUTZUNGSPOTENZIALE DES ÖSTERREICHISCHEN
WALDES BIS 2050.***

EINE MODELLIERUNG UNTER ANNAHME VON KLIMAWANDEL

ARBEITSPAKET 3 – FLÄCHENNUTZUNGSPOTENZIALE UND -SZENARIEN

STEFAN SCHÖRGHUBER^A

RUPERT SEIDL^A

WERNER RAMMER^A

GEORG KINDERMANN^B

MANFRED J. LEXER^A

^{A)} BOKU - UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN, DEPARTMENT FÜR WALD- UND
BODENWISSENSCHAFTEN, INSTITUT FÜR WALDBAU

^{B)} IIASA – INTERNATIONAL INSTITUTE FOR APPLIED SYSTEMS ANALYSIS, LAXENBURG

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	2
1 ZIEL	3
2 MATERIAL UND METHODEN	3
2.1 Die verwendeten Modelle PICUS 3G und G4M.....	3
2.2 Klimadaten.....	4
2.3 Bodendaten.....	5
2.4 Bewirtschaftungsszenarien	5
2.5 Ableitung der Nutzungspotenziale	8
3 ERGEBNISSE	11
4 DISKUSSION	15
5 LITERATUR	17

1 Ziel

Ziel des Tasks 3 „Nutzungspotenziale Wald“ innerhalb des Arbeitspakets 3 (Flächennutzungspotenziale und -szenarien) war es, mithilfe eines aggregierten klimasensitiven Waldökosystemmodells Biomasseentwicklung und -nutzungspotenziale im österreichischen Ertragswald bis 2050 unter Verwendung von regionalisierten Klimaszenarien zu simulieren.

2 Material und Methoden

2.1 Die verwendeten Modelle PICUS 3G und G4M

Die methodische Herangehensweise, die beiden Modelle PICUS 3G und G4M zu kombinieren um damit rechenzeitoptimiert Waldwachstum für „Large-Scale-Anwendungsfälle“ zu simulieren, wurde bereits erfolgreich in einem Vorprojekt (Kranzl et al. 2010) evaluiert und angewendet.

Das eingesetzte Modell PICUS 3G ist ein Submodul des Waldökosystemmodells PICUS 1.4 (Seidl et al. 2005). PICUS 3G entspricht im Wesentlichen dem physiologischen Produktionsmodul des Gesamtmodells. Bestandesstruktureffekte sowie daraus entstehende Feedbackprozesse auf die Primärproduktion werden nicht dynamisch berücksichtigt, sondern für definierte Systemzustände fixiert. Da es sich bei der Zielgröße um die potentielle Nettoprimärproduktion (NPP) in Abhängigkeit von den jeweiligen Umweltbedingungen handelt, ist eine derartige Vereinfachung möglich. Die physiologische Orientierung ist nötig, um Klimateffekte realistisch abbilden zu können. Der gewählte Ansatz ermöglicht eine effiziente Berechnung der potentiellen oberirdischen NPP und kann dementsprechend für großräumige Anwendungsfälle eingesetzt werden.

Die Entwicklung der Biomasse-Pools im Wald sowie die bereitstellbare Holz- bzw. Biomassemenge in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsszenarien zu prognostizieren ist das Aufgabengebiet des globalen Waldmodells G4M (Kindermann et al. 2006, Kindermann et al. 2008).

Die Verknüpfung der beiden Modelle erfolgte über die potenzielle Nettoprimärproduktion im Alter von 50 Jahren (NPP_{pot}). Diese NPP_{pot} wurde mit PICUS 3G für jeden Trakt der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) für sechs Hauptbaumarten jährlich für den Zeitraum 2001-2050 simuliert. Bei den sechs Hauptbaumarten handelt es sich um Fichte (*Picea abies*), Tanne (*Abies alba*), Lärche (*Larix decidua*), Weißkiefer (*Pinus sylvestris*), Buche (*Fagus sylvatica*) und Stieleiche (*Quercus robur*). Die von PICUS 3G simulierte NPP_{pot} diente als Inputgröße für G4M. Die ertragstafel-basierten Wachstumsfunktionen in G4M wurden

anhand der NPP_{pot} skaliert und für die Schätzung der jährlichen Holzzuwächse verwendet. Im Zuge der G4M Simulation wurde die potenziell nutzbare Biomasse unter Annahme eines zuwachs-optimierten Managementregimes (Umtriebszeit, Durchforstungsintensität) ermittelt.

2.2 Klimadaten

Die für die Simulation benötigten Klimadaten wurden aus dem Arbeitspaket 3 / Task 1 („Regionalisiertes Klimamodell“; Beham et al. 2009) übernommen. Es wurden die Daten zweier kontrastierender Klimaänderungsszenarien, die auf den Klimamodellen ETHZ und METNO basieren, verwendet. Das darunterliegende Emissionsszenario ist in beiden Fällen A1B (IPCC 2000):

- ETHZ: Modell: 'ETHZ-CLM_HadCM3Q0' (heiß-trockener Trend)
- METNO: Modell: 'METNO-HIRHAM4_BCM' (kalt-nasser Trend)

Für vergleichende Analysen wurde neben den beiden Klimaänderungsszenarien ein Referenzklimadatensatz („baseline“) ohne Klimawandel verwendet, der auf den trendbereinigten Daten der Messperiode 1961-1990 beruht. In Abbildung 1 ist die Änderung von Temperatur und Niederschlag in den beiden Klimaänderungsszenarien ETHZ und METNO für den Simulationszeitraum dargestellt. ETHZ entspricht dabei einem Szenario mit höherem Temperaturanstieg und geringerem Niederschlag im Vergleich zu METNO mit einem geringeren Temperaturanstieg und höherem Niederschlag.

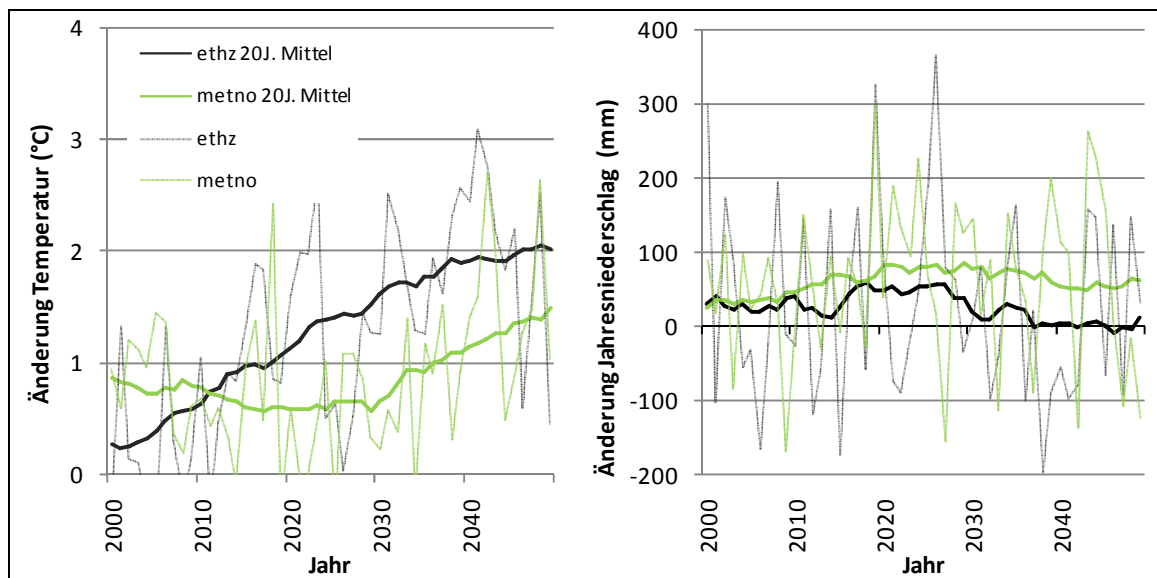


Abbildung 1: Änderung von Temperatur und Niederschlag in den Klimaänderungsszenarien ETHZ (heiß-trockener Trend) und METNO (kühl-feuchter Trend) im Vergleich zum Baselineszenario. Dargestellt sind Mittelwerte über die Trakte der österreichischen Waldinventur (ÖWI).

2.3 Bodendaten

Als notwendige Bodeninformation sind die pflanzenverfügbare Stickstoffmenge, der pH-Wert des obersten Mineralbodenhorizontes sowie die nutzbare Wasserspeicherkapazität für die Modellierung erforderlich. Die Daten hierfür sind ebenfalls auf Traktebene der Österreichischen Waldinventur vorhanden und wurden aus einer Bodendatenbank basierend auf Seidl et al. (2009) entnommen.

2.4 Bewirtschaftungsszenarien

Um die Bandbreite an möglichen Auswirkungen auf die Nutzungspotenziale durch verschiedene Bewirtschaftungsweisen abzudecken, wurden zwei kontrastierende Managementszenarien definiert und simuliert. Es handelt sich um ein Szenario mit intensiver forstlicher Nutzung und um ein extensiveres Bewirtschaftungsszenario, welches sich an Empfehlungen für nachhaltige Forstwirtschaft aus dem „Österreichischen Walddialog“ (ÖWAD 2009) bzw. an der Studie „Potenziale der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität“ von WWF und Österreichische Bundesforste (WWF 2006) grob orientiert. In Tabelle 1 sind die beiden Managementszenarien charakterisiert.

Tabelle 1: Charakterisierung des Intensiv- und Extensiv Szenarios anhand verschiedener Aspekte der forstlichen Bewirtschaftung.

Kriterium	Intensiv Szenario	Extensiv Szenario
Baumartenverteilung	Die aktuelle Baumartenverteilung wird beibehalten.	Die Baumartenverteilung wird in Richtung mehr Laubholz in Tieflagen verändert. → „Ökologisierung“
Umtriebszeit	Die Umtriebszeit wird so gewählt, dass der Zuwachs maximal ist.	Die Umtriebszeit wird so gewählt, dass der Zuwachs maximal ist.
Ast- und Blattbiomassennutzungen	Von Englisch et Reiter (2009) als „möglich“ eingestufte Ast- und Blattbiomassennutzungen werden durchgeführt.	keine Ast- und Blattbiomassennutzungen
Nutzungsextensivierung in Steillagen	Nutzungen erfolgen auf gesamter Ertragswaldfläche	Annahme, dass auf 25% des Seilgeländes im Ertragswald aufgrund von geringer Wirtschaftlichkeit die Nutzungen eingestellt werden.
Totholz	Keine Forcierung von Totholz im Wald	Totholz im Wald wird forciert

In Österreich sind in Tieflagen sekundäre, also nicht der natürlichen Baumartenverbreitung und der potentiell natürlichen Waldvegetation entsprechende und oft störanfällige Fichtenwälder, sehr häufig. Solche Fichtenwälder sind die Massenleistung betreffend meist hoch produktiv, aber gegenüber Störungen wie beispielsweise Borkenkäfer oder Sturm anfällig (Klimo et al. 2000). Hinsichtlich dieser flächenmäßig bedeutsamen Bestände besteht der Unterschied zwischen dem Intensiv- und Extensiv Szenario darin, dass im Intensiv Szenario solche Fichtenbestände in Tieflagen in Buchen- bzw. Eichenbestände umgewandelt werden. Im konkreten Fall gelten Bestände unter 700m Seehöhe als Tieflagenbestände. Abhängig von der biogeographischen Region wurden diese Fichtenbestände im sommerwarmen Osten durch Eichen, im Rest Österreichs durch Buchen ersetzt.

In beiden Bewirtschaftungsszenarien wurde im Modell G4M die Länge der Umtriebszeit, welche einem forstlichen Produktionszyklus von der Bestandesbegründung bis zur Endnutzung entspricht, so gewählt, dass der Zuwachs maximiert wird. Diese Festlegung einer zuwachsoptimalen Umtriebszeit entspricht den Anforderungen einer Potenzialabschätzung.

Von Englisch et Reiter (2009) gibt es in Abhängigkeit vom Standort Empfehlungen, in welchem Ausmaß Vollbaumnutzungen „möglich“ sind, „problematisch“ sind oder

„unterbleiben sollen“. Vollbaumnutzung bedeutet, dass unter anderem auch Äste und Blätter entnommen werden. Da Ast- und Blattbiomasse im Gegensatz zum Schaftholz besonders viele Nährstoffe enthält, wirken sich Vollbaumnutzungen in vielen Fällen negativ auf die nachhaltige Nährstoffversorgung der Bäume aus (vgl. Krapfenbauer 1981, Rademacher 2005). Im Intensivszenario wurden deshalb nur die „möglichen“ Anteile an Ast- und Blattbiomasse entnommen, im Extensivszenario erfolgte gar keine Entnahme. In Abbildung 2 sind für unterschiedliche Bodentypen die Anteile an Probeflächen der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) auf denen die Vollbaumnutzung „möglich“ ist, „problematisch“ ist, oder „unterbleiben soll“ dargestellt. Konkret wurde diese Information so umgesetzt, dass beispielsweise im Intensivszenario auf Rankerstandorten das Ast- und Blattbiomassepotenzial auf die aus Abbildung 2 abgelesenen 27% (Kategorie „möglich“ bei Ranker) reduziert wurde. Dies bedeutet, dass auf Rankerstandorten nur 27% des simulierten theoretischen Potenzials an Ast- und Blattbiomasse in die weitere Ableitung der Nutzungspotenziale miteinbezogen werden. In einem weiteren Schritt wurde, der Vorgehensweise von Englisch et Reiter (2009) folgend, aufgrund einer unterstellten Ernte außerhalb der Vegetationszeit keine Blattbiomasse von Laubbäumen und aufgrund von Ernteverlusten nur 70% der Ast- und Nadelbiomasse entnommen. Die Angaben von Englisch et Reiter (2009) beziehen sich auf den Wirtschaftswald. Da in der vorliegenden Untersuchung der österreichische Ertragswald (Wirtschaftswald plus Schutzwald im Ertrag) simuliert wurde, wurden die Anteile der Vollbaumnutzung aus dem Wirtschaftswald für den Ertragswald übernommen. Da laut ÖWI (2011) der Schutzwald im Ertrag nur ca. 10% des Ertragswaldes ausmacht, ist diese Annahme durchaus zulässig.

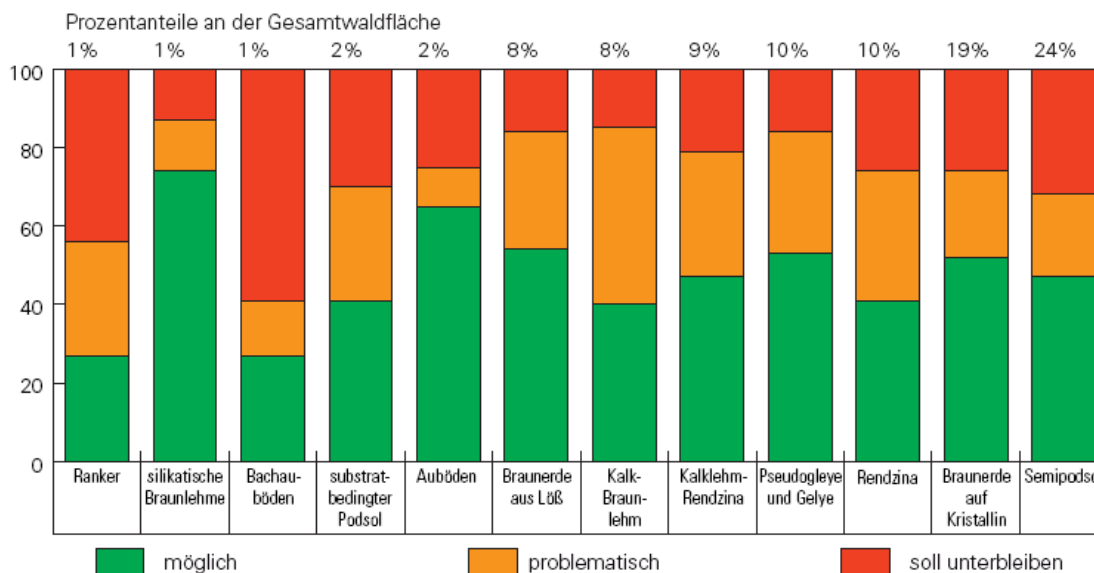


Abbildung 2: Prozentanteile der Probeflächen der Österreichischen Waldinventur (Wirtschaftswald), auf denen Vollbaumnutzung (Ernte von Holz, Ästen, Zweigen, Rinde und Nadeln) „möglich“, „problematisch“ ist oder „unterbleiben soll“, stratifiziert nach Bodentypen (Englisch et Reiter, 2009).

Im Extensivscenario wurde eine Nutzungsextensivierung im Steilgelände unterstellt. In steilen Lagen ist die Holznutzung aufwändig, die Rückung (d.h. der Transport zur nächsten LKW-fahrbaren Forststraße) erfolgt meist mit Seilgeräten und ist deshalb mit relativ hohen Holzerntekosten verbunden. Aufgrund der im Vergleich zum schlepperbefahrbaren Gelände schwierigeren wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wurde im Extensivscenario unterstellt, dass auf 25% des Seilgeländes die Nutzung eingestellt wird. In Anlehnung an die Holz- und Biomassestudie des BFW (Gschwantner 2009) wurde die Hangneigungsgrenze zwischen schlepperbefahrbarem Gelände und Seilgelände mit 40% angenommen.

Ein weiterer Unterschied zwischen Intensiv- und Extensivscenario besteht im Umgang mit Totholz. Im Extensivscenario wird der Anfall von Totholz in einem bestimmten Ausmaß angestrebt. Dies bedeutet, dass einerseits im Extensivscenario auf den Flächen, die von einer Nutzungseinstellung betroffen sind, Totholz anfällt. Andererseits wurde auf den restlichen Flächen den Empfehlungen von Korpel (1997a) entsprochen, welcher einen Totholzanteil in Wirtschaftswäldern von in etwa 10% des stehenden Vorrats empfiehlt. In der Berechnung wurde diese Empfehlung mit Hilfe der Information über den simulierten Vorrat und durchschnittliche Zersetzungszeiträume von Totholz umgesetzt. Dabei wurde zwischen Totholz aus Vornutzungen mit Zersetzungszeiträumen von in etwa 20 Jahren (Korpel 1997b) und stärker dimensioniertem Totholz aus Endnutzungen mit Zersetzungszeiträumen von durchschnittlich 35 Jahren unterschieden (Müller-Using und Bartsch 2003, Ódor und Van Hees 2004). Aus der Simulation waren der Vorrat und die Nutzungsmengen (Vor- und Endnutzung) sowie der Ernteverlust bekannt. Über die angenommenen Zersetzungszeiträume konnte nun berechnet werden wie groß die im Wald zurückzulassenden Erntemengen sein müssen um den angestrebten Totholzanteil von 10% des stehenden Vorrats zu erreichen. Somit verringerte sich im Extensivscenario die Nutzungsmenge.

2.5 Ableitung der Nutzungspotenziale

Aus den mit Hilfe des bereits beschriebenen Model Linking Ansatzes abgeleiteten biologischen Produktionspotenzialen für den österreichischen Ertragswald wurden in einem nächsten Schritt unter Berücksichtigung von technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten Nutzungspotenziale abgeleitet. Diese Nutzungspotenziale wurden für jede Bezirksforstinspektion (BFI), aufgeschlüsselt in die Holzverwendungsgruppen Sägerundholz, Industrieholz und Energieholz berechnet. In Österreich gibt es 85 Bezirksforstinspektionen, wobei diese in den meisten Fällen einem politischen Bezirk entsprechen. Der methodische Ansatz zur Ableitung der Nutzungspotenziale entspricht dem in einem bereits abgeschlossenen Vorprojekt („KlimAdapt“, Kranzl et al. 2010) angewandten Vorgehen. Die

folgenden Ausführungen entsprechen zum Großteil der Methodenbeschreibung aus Kranzl et al. (2010).

Ausgangspunkt zur Ableitung der Kosten-Potenzial-Kurven waren die biologischen Produktionspotenziale aus G4M für den österreichischen Ertragswald. Es wurde die Annahme getroffen, dass es im Ertragswald keine technischen Einschränkungen durch mangelnde Erschließung gibt und somit jeder Bestand im Ertrag auch genutzt werden kann.

In Abbildung 3 ist der Weg von den biologischen Produktionspotenzialen zu den drei Hauptverwendungsgruppen Sägerundholz, Industrieholz und Energieholz schematisch dargestellt. Als G4M Modell-Output liegen die biologischen Produktionspotenziale in der abgebildeten Gliederung vor. Die grünen Verwendungsgruppen sind für eine stoffliche Verwendung bestimmt, bei den orange eingefärbten Blöcken handelt es sich um Biomassepotenzial zur energetischen Verwertung.

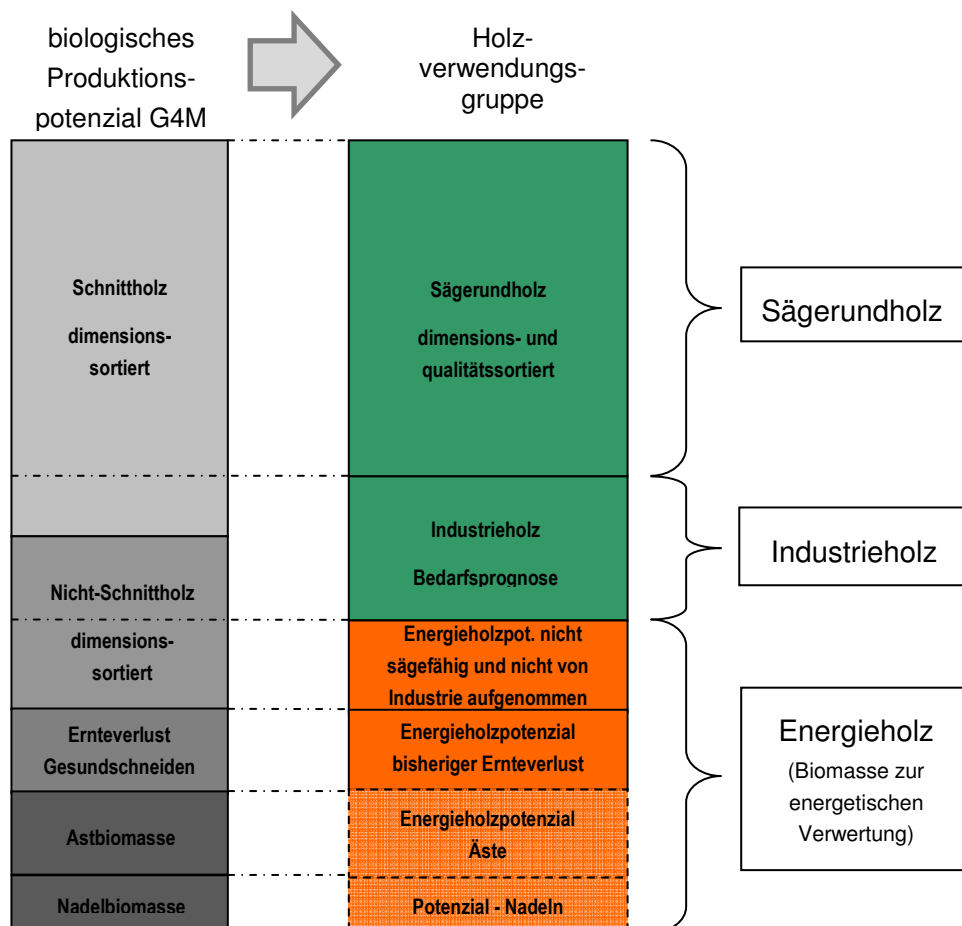


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Gliederung des biologischen Produktionspotenzials im Analysesystem. Verändert nach Kranzl et al. (2010)

Der Teil des in G4M rein nach Dimensionskriterien ausgeschiedenen Schnittholzes, der auch qualitativ dem Sägerundholz entspricht, wurde diesem zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgte über einen langjährigen bundesländerspezifischen durchschnittlichen Anteil von

Sägerundholz am Nutzholzeinschlag aus den Holzeinschlagsmeldungen (HEM) 2005-2008 (BMLFUW 2006-2009). Das Sägerundholz wurde in Folge als potentielle Biomasse zur energetischen Verwertung nicht mehr berücksichtigt. Begründen lässt sich das mit der Tatsache, dass der Sägerundholzpreis in der Regel bedeutend höher ist als der Energieholzpreis und es somit ökonomisch keinen Sinn machen würde, Sägeholz als Energieholz zu verwenden, solange dieses auch abgesetzt werden kann. Des Weiteren ist es technologisch unzweckmäßig, qualitativ hochwertiges Rohholz als Brennstoff zu verwenden.

Vom restlichen Biomassepool, bestehend aus dem Teil des Schnittholzes, der qualitätsmäßig nicht dem Sägerundholz entspricht und dem Teil des Schaftholzes, welches nicht Schnittholz ist, wurde der Industrieholzbedarf abgezogen. Dies geschah anhand einer Bedarfsprognose der Energy Economics Group der TU Wien, die auf Vergangenheitsdaten basiert. Es handelt sich um aggregierte Werte für Österreich. Die Dissaggregation für jede BFI erfolgte anhand des Anteils der jeweiligen BFI am Gesamteinschlag. Mit dieser Annahme sollten implizit charakteristische Merkmale der BFI wie Waldfläche, Produktivität, Erreichbarkeit und Besitzstruktur berücksichtigt werden. Dabei wurde auf die Daten von drei Österreichischen Waldinventurperioden (ÖWI 2002, ÖWI 1996, ÖWI 1990) zurückgegriffen. Durch die Einbeziehung von drei Erhebungsperioden können Störungs- und Markteffekte, wie beispielsweise durch Windwürfe hervorgerufen, einigermaßen abgepuffert werden.

Bei den Ernteverlusten, die energetisch verwertet werden können, handelt es sich um Schaftholz, das durch so genanntes Gesundheitschneiden und durch die Ausformung bei der Holzernte anfällt.

Die Ast- sowie die Nadelbiomasse kann ebenfalls zum energetischen Biomassepotenzial gezählt werden. Hier gelten alledings die zuvor schon erwähnten Einschränkungen. Im Extensivszenario wurde gar keine Ast- und Nadelbiomasse entnommen, im Intensivszenario nur jener Anteil, welcher als „möglich“ klassifiziert ist.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse aus den Simulationen wurden auf der räumlichen Ebene von Bezirksforstinspektionen (BFI) aggregiert. Um die zeitliche Abfolge der Nutzungspotenziale besser darstellen zu können, wurden die jährlich vorliegenden Ergebnisse in Anlehnung an die landwirtschaftliche Potenzialabschätzung (Schaumberger et al. 2011) zu den gleichen sechs Perioden (2005, 2010, 2020, 2030, 2040, 2050) zusammengefasst. Bei den Periodenergebnissen handelt es sich um hängende Mittel (z.B. entspricht die Periode 2020 dem Mittel 2011-2020).

Wie in Abbildung 4 ersichtlich, bewegen sich die Nutzungspotenziale im intensiven Bewirtschaftungsszenario zwischen 11 und 14 Mio. Tonnen Holzbiomasse für den gesamten österreichischen Ertragswald. Im Vergleich zum Basisklima sind in allen Analyseperioden die Potenziale in beiden Klimaänderungsszenarien höher. Der Grund dafür dürfte in den von Beginn an höheren Temperaturen und höheren Niederschlägen unter Klimawandelbedingungen zu finden sein (vgl. Abbildung 1). Über den gesamten Analysezeitraum hinweg liegen die Nutzungspotenziale im METNO-Szenario (kalt-nasser Trend) über denen des ETHZ Szenarios. Generell zeigt sich, dass die Unterschiede zwischen Basisklima und Klimaänderungsszenarien gegen Ende des Simulationszeitraumes geringer werden. Dies gilt auch für das extensive Bewirtschaftungsszenario (Abbildung 5). Hier schwanken die simulierten Nutzungspotenziale zwischen 7 und 9 Mio. Tonnen Holzbiomasse.

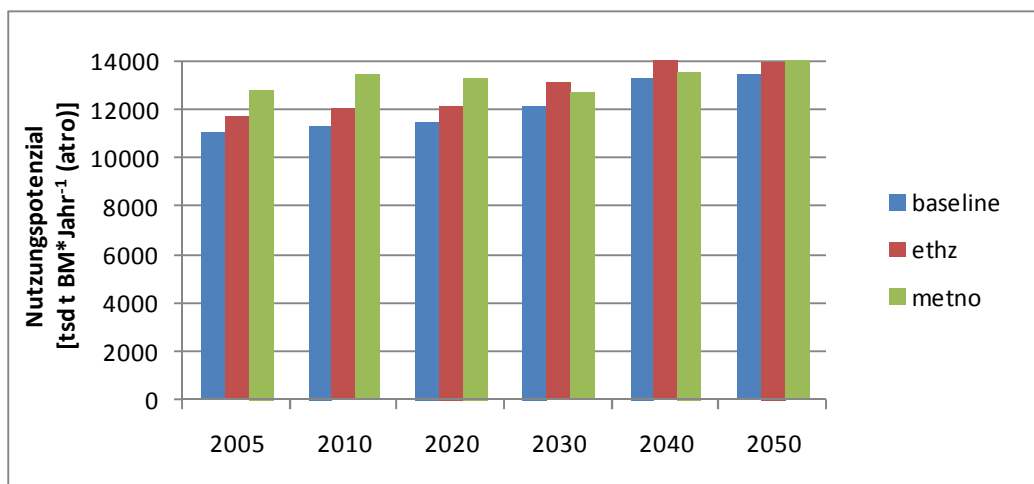


Abbildung 4: Simulierte jährliche Nutzungspotenziale an Holzbiomasse (BM) für den österreichischen Ertragswald im Intensivszenario für das Basisklima und die beiden Klimaänderungsszenarien ETHZ und METNO. Dargestellt für sechs Perioden des Analysezeitraums.

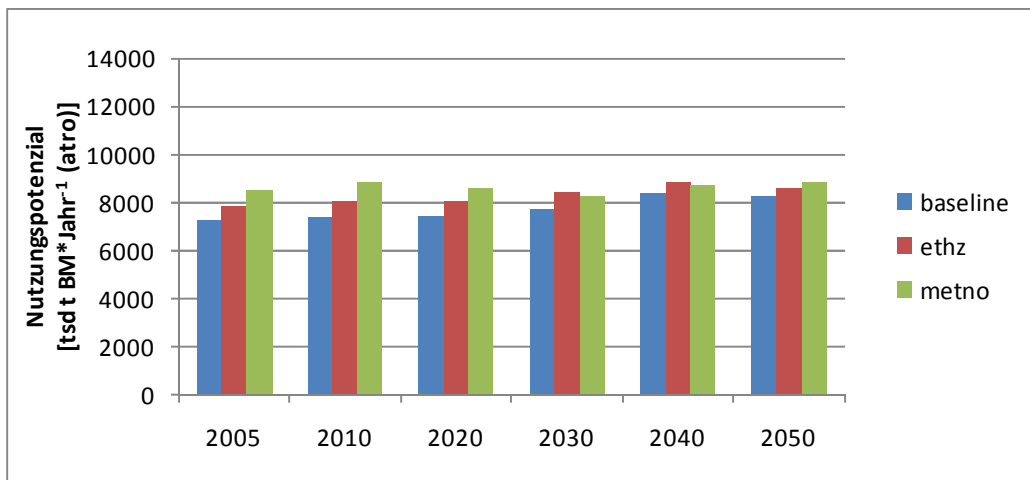


Abbildung 5: Simulierte jährliche Nutzungspotenziale an Holzbiomasse (BM) für den österreichischen Ertragswald im Extensivscenario für das Basisklima und die beiden Klimaänderungsszenarien ETHZ und METNO. Dargestellt für sechs Perioden des Analysezeitraums.

Die Nutzungspotenziale an Holzbiomasse liegen im Extensivscenario in etwa ein Drittel unter denen des Intensivscenario (Abbildung 6). Generell ist über das Basisklima und die beiden Klimaänderungsszenarien hinweg ein leichter Anstieg der Differenz zwischen den Nutzungspotenzialen im Intensiv- und Extensivscenario über die Zeit zu beobachten. Ein möglicher Grund hierfür ist der kontinuierliche Wechsel von Fichte auf die tendenziell ertragsschwächeren Baumarten Buche bzw. Eiche. Zwischen dem Basisklima und den Klimaänderungsszenarien ist die Schwankung der Differenzen relativ gering.

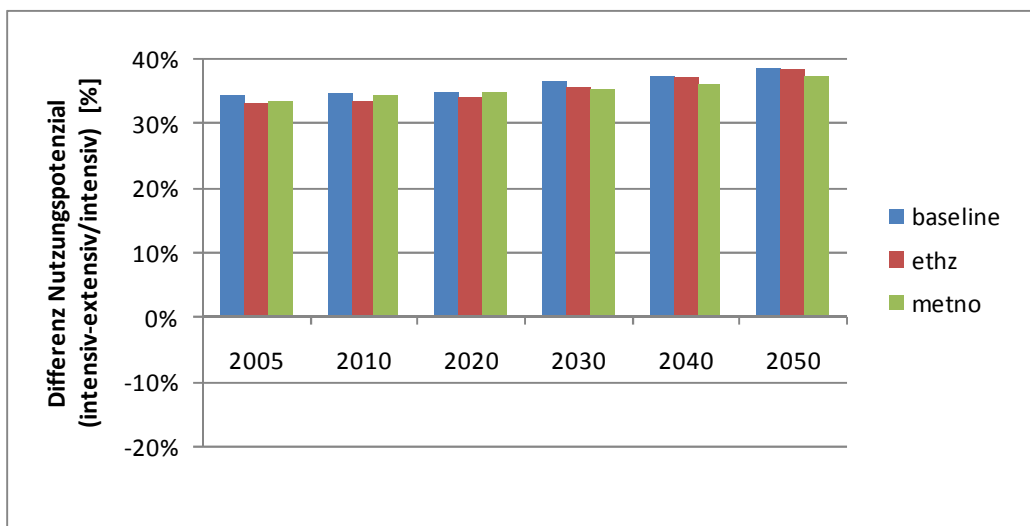


Abbildung 6: Simulierte Differenz von Nutzungspotenzialen an Holzbiomasse (BM) zwischen dem Intensiv- und Extensivscenario. Dargestellt ist die Differenz (intensiv-extensiv) in Relation zum Nutzungspotenzial aus dem Intensivscenario getrennt für das Basisklima und die beiden Klimaänderungsszenarien ETHZ und METNO.

Abbildung 7 zeigt die Zusammensetzung der Nutzungspotenziale im Intensiv- und Extensivscenario unter Baselinebedingungen. Der größte Anteil entfällt auf das Sägerundholz (int: 52%, ext: 53%) gefolgt von Biomasse zur energetischen Verwertung aus Schaftholz (int: 34%, ext: 30%) und Industrieholz (int: 11%, ext: 17%). Die Biomasse zur energetischen Verwertung aus Ast- und Nadelmaterial, welche allein im Intensivscenario zum Teil entnommen wird, liefert nur einen kleinen Beitrag (3%).

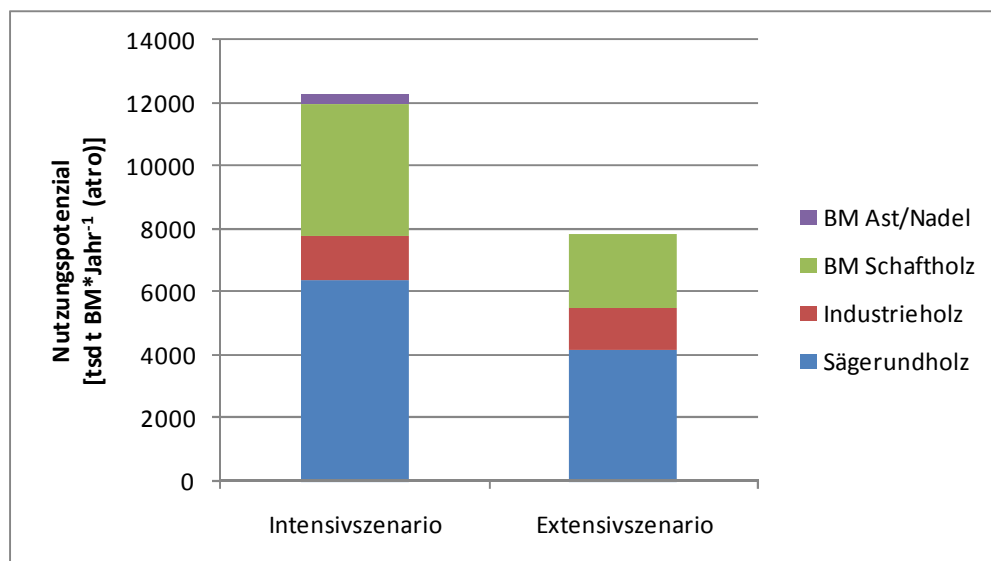


Abbildung 7: Nach Holzverwendungsgruppen aufgeschlüsselte simulierte jährliche Nutzungspotenziale an Holzbiomasse (BM) für den österreichischen Ertragswald im Baselineklima. BM Schaftholz... Biomasse zur energetischen Verwertung Schaftholz, BM Ast/Nadel... Biomasse zur energetischen Verwertung Ast- und Nadelmaterial.

In den Abbildungen 8 und 9 sind die Veränderungen der Nutzungspotenziale zwischen Baselineklima und den beiden Klimaänderungsszenarien stratifiziert nach Bundesländern dargestellt. Aufgrund der geringen Waldfläche Wiens und der damit verbundenen geringen Aussagekraft ist das Nutzungspotenzial der Bundeshauptstadt gemeinsam mit Niederösterreich abgebildet. Die Differenzen beziehen sich auf den Zeitraum 2031-2050 und sollen die Situation unter fortgeschrittenen Klimaänderungsbedingungen aufzeigen. Mit Ausnahme des Burgenlands weisen alle Bundesländer eine Zunahme der Nutzungspotenziale im Klimawandel auf. Das Burgenland weist unter heutigem Klima geringe Niederschläge auf. Diese Voraussetzung kombiniert mit einer Erwärmung in den Klimaänderungsszenarien von bis zu +2°C führt zu Trockenstress und somit in weiterer Folge auch zu geringeren Nutzungspotenzialen. Im ETHZ-Szenario (heiß-trockener Trend) kann ein räumliches Muster dahingehend abgelesen werden, dass die alpin geprägten und höher gelegenen Bundesländer (Salzburg, Tirol, Vorarlberg) im Gegensatz zu östlichen und tiefergelegenen Bundesländern wie Burgenland und Niederösterreich tendenziell ein höheres Nutzungspotenzialplus aufweisen. Eindeutig ist diese regionale Differenzierung allerdings

nicht. Im METNO-Szenario (kühl-feuchter Trend) ist kein offensichtliches regionales Muster zu erkennen.

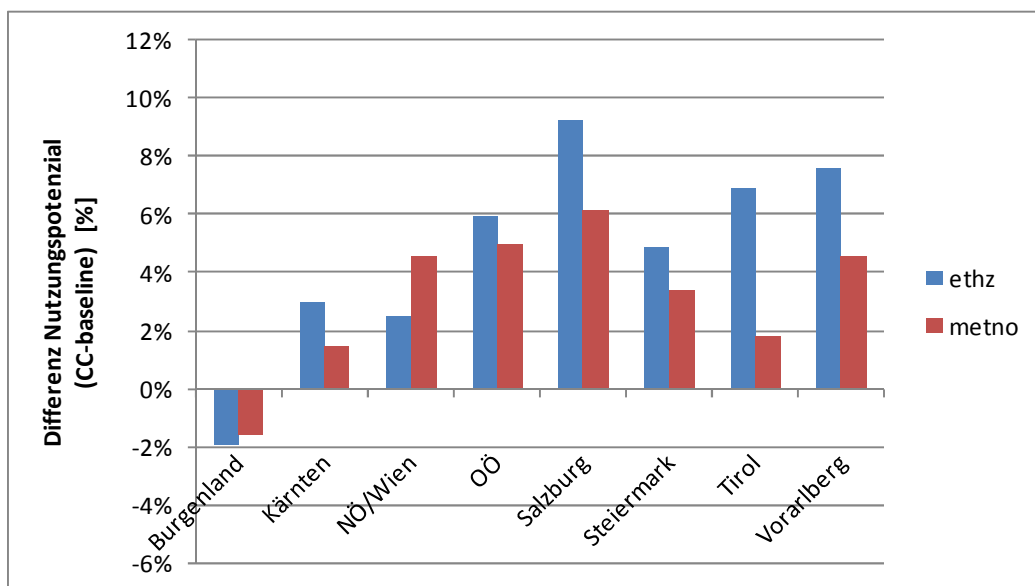


Abbildung 8: Simulierte Differenz von Nutzungspotenzialen an Holzbiomasse (BM) im Intensivscenario zwischen den Klimaänderungsszenarien (CC) ETHZ und METNO und dem Baselineklima. Die Differenzen beziehen sich auf den Zeitraum 2031-2050 und sind nach Bundesländern stratifiziert.

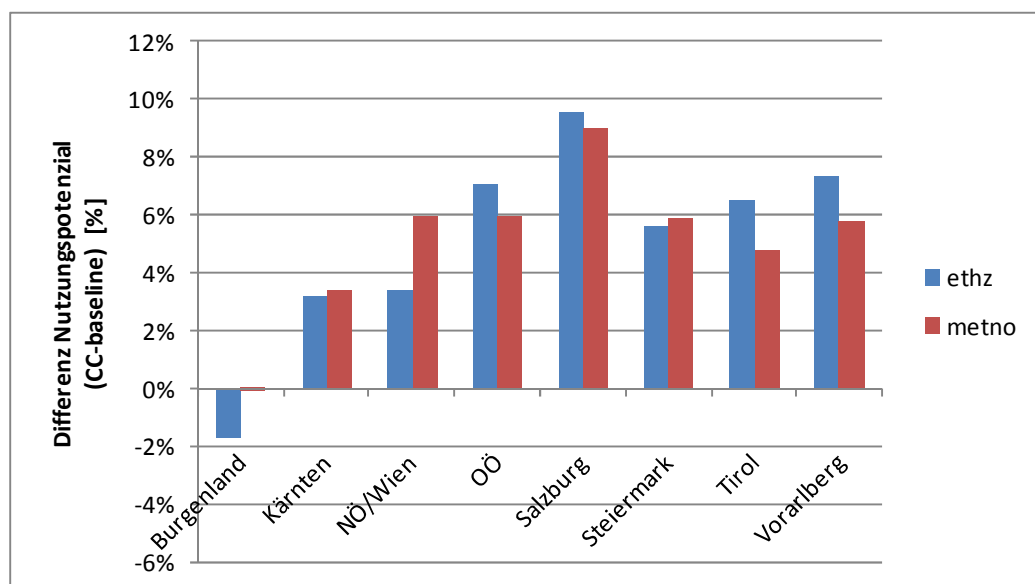


Abbildung 9: Simulierte Differenz von Nutzungspotenzialen an Holzbiomasse (BM) im Extensivscenario zwischen den Klimaänderungsszenarien (CC) ETHZ und METNO und dem Baselineklima. Die Differenzen beziehen sich auf den Zeitraum 2031-2050 und sind nach Bundesländern stratifiziert.

4 Diskussion

Je nach Analyseperiode und Klimaszenario liegen die geschätzten Biomassenutzungspotenziale aus dem österreichischen Ertragswald zwischen 7 und 9 Mio. t Biomasse/Jahr im Extensivszenario und 11 und 14 Mio. t Biomasse/Jahr im Intensivszenario. Rechnet man die Ergebnisse welche in t Biomasse vorliegen überschlagsmäßig (Faktor 2,3) in Festmeter-Äquivalente um, ergibt sich eine Bandbreite zwischen 16 und 32 Mio. Festmeter Nutzungspotenzial.

In der Studie des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald, Landschaft und Naturgefahren „Holz- und Biomasseaufkommen für Österreich“ (BFW, 2009) wurden Biomassepotenzialabschätzungen mit dem Zeithorizont 2020 vorgenommen. Trotz des unterschiedlichen methodischen Zugangs und der damit verbundenen eingeschränkten Vergleichbarkeit liegen die Ergebnisse der vorliegenden Studie und die des BFW's im selben Größenordnungsbereich.

Aus den Ergebnissen geht klar hervor, dass die bewusst stark kontrastierend konzipierten Bewirtschaftungsszenarien einen deutlicheren Effekt auf die geschätzten Nutzungspotenziale zeigen als es ein sich änderndes Klima wie in den beiden verwendeten Klimaänderungsszenarien abgebildet hat. Ziel der beiden über einfache Regeln definierten Bewirtschaftungsszenarien war es, die Bandbreite an unterschiedlichen Intensitätsstufen der Bewirtschaftung abzustecken und die damit verbundene Sensitivität der Nutzungspotenziale aufzuzeigen. Insbesondere die Forcierung des Totholzes im Wald und die Nutzungseinstellungen in Steillagen haben starke Effekte auf die Potenziale. Die Veränderung der Baumartenzusammensetzung in Tieflagen in Richtung Buche oder Eiche anstelle der ertragsstärkeren Fichte erklärt den leichten Anstieg der Differenz zwischen Intensiv- und Extensivszenario mit der Zeit. Würde man die Nutzungspotenziale auf die Einheit Festmeter beziehen, würde sich dieser Effekt aufgrund der geringeren Dichte von Fichtenholz verstärken. Die Entnahme von Ast- und Nadelbiomasse liefert einen vergleichsweise kleinen Beitrag (3%) zum Nutzungspotenzial im Intensivszenario. Auf die operative Ebene umgelegt stellt sich die Frage, ob es aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll ist, Ast- und Blattbiomasse zu entnehmen, wenn man die möglichen negativen Effekte auf die Wuchsleistung durch Nährstoffentzug bedenkt (vgl. Krapfenbauer 1981, Sterba 1988). Bei den Daten von Englisch et Reiter (2009) handelt es sich um aggregierte Werte von Experten über ganz Österreich. Im konkreten Nutzungsfall muss der Bewirtschafter beurteilen und entscheiden, ob auf der Fläche das Ast- und Blattmaterial entnommen wird oder nicht.

Die Temperaturänderung gegenüber dem Baselineklima beträgt am Ende des Simulationszeitraumes im langjährigen Mittel +1,5°C (METNO) bzw. +2°C (ETHZ). Der Jahresniederschlag bewegt sich in beiden Klimaänderungsszenarien meist über dem Referenzklima und sinkt nur gegen Ende des Simulationszeitraumes im ETHZ –Szenario

(heiß-trockener-Trend) auf Baselineniveau. Die Erwärmung in Kombination mit leicht erhöhten Niederschlägen zeigt ihre Wirkung in geringfügig erhöhten Nutzungspotenzialen unter Klimawandelbedingungen. Am Ende des Simulationszeitraumes wird das Potenzialplus allerdings geringer. Für eine detailliertere Analyse der Klimaeffekte müsste man auch die räumlichen und zeitlichen Muster in den Klimaänderungsszenarien genauer betrachten. Würde man den Analysezeitraum bis ins Jahr 2100 verlängern, so könnte man sicherlich mit deutlicheren Klimaeffekten rechnen. Insbesondere ist bei regionaler Betrachtung in Hoch- und Tieflagen mit unterschiedlichen Klimawandelauswirkungen zu rechnen. Im methodisch ähnlich aufgebauten Projekt „KlimAdapt“ (Kranzl et al. 2010) wurden Biomassepotenzialabschätzungen bis 2100 vorgenommen. Vor allem gegen Ende des Simulationszeitraumes konnten in allen Klimaänderungsszenarien in alpin geprägten Bundesländern Zuwachsanstiege und in tiefer gelegenen Bundesländern Zuwachseinbußen beobachtet werden.

Bei der Interpretation der Ergebnisse der vorliegenden Studie ist zu beachten, dass es sich um Nutzungspotenziale handelt, welche durch ökonomische Rahmenbedingungen kaum eingeschränkt sind. Nur im Extensivszenario sind gewisse Nutzungseinschränkungen im Steilgelände aus ökonomischen Gründen unterstellt. Ansonsten sind beispielsweise Fälle, in denen Vornutzungen wegen Unwirtschaftlichkeit unterbleiben, nicht berücksichtigt. Konkrete Nutzungsentscheidungen werden individuell vom Bewirtschafter getroffen und sind von vielen Faktoren abhängig. Eine detaillierte Berücksichtigung des Nutzungsverhaltens von verschiedensten Waldbesitzern auf der Ebene des gesamten österreichischen Ertragswaldes würde den Umfang dieser Studie bei weitem sprengen.

Generell sind bei einem derart umfassenden Ansatz gewisse Vereinfachungen oder Beschränkungen auf den Kern der Fragestellung unumgänglich. Dazu gehört auch, dass Störungen nicht berücksichtigt wurden. Störungen beispielsweise verursacht durch Sturm, Schnee oder Borkenkäfer sind bedeutende Treiber in der Walddynamik (Schelhaas et al. 2003, Splechtna und Gratzner 2005) und wirken sich somit auch auf das forstliche Nutzungsverhalten und die Nutzungspotenziale aus. In möglichen weitergehenden Untersuchungen sollten Störungen gerade in Hinblick auf ein sich änderndes Klima berücksichtigt werden.

5 Literatur

Beham M., Mendlik T., Gobiet A. (2009): Regionalisierte Klimaszenarien in Österreich bis 2050. Teilbericht 5a, Arbeitspaket 3 – Flächennutzungspotenziale und -szenarien. Studie „Save our Surface“, im Auftrag des Österreichischen Klima- und Energiefonds. Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz, Dezember.

BMLFUW. (2009): Holzeinschlag 2008 – Holzeinschlagsmeldungen über das Jahr 2008. Wien. 114 S. Verfügbar in: <http://gpool.lfrz.at/gpool/main.cgi?catid=13733&rq=cat&catt=fs&tfqs=catt> [Abgefragt am: 8. 5. 2009]

BMLFUW. (2008): Holzeinschlag 2007 – Holzeinschlagsmeldungen über das Jahr 2007. Wien. 103 S. Verfügbar in: http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/Holzeinschlag_2007.pdf [Abgefragt am: 8. 5. 2009]

BMLFUW. (2007): Holzeinschlag 2006 – Holzeinschlagsmeldungen über das Jahr 2006. Wien. 107 S. Verfügbar in: http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/Holzeinschlag_2006_neu.pdf [Abgefragt am: 8. 5. 2009]

BMLFUW. (2006): Holzeinschlag 2005 – Holzeinschlagsmeldungen über das Jahr 2005. Wien. 88 S. Verfügbar in: http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/Holzeinschlag_2005_neu.pdf [Abgefragt am: 8. 5. 2009]

BFW – Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Landschaft und Naturgefahren. (2009): Holz- und Biomasseaufkommen für Österreich. BFW Praxis-Information 18.

Englisch M., Reiter R. (2009): Standörtliche Nährstoff-Nachhaltigkeit bei der Nutzung von Wald-Biomasse. BFW Praxis-Information 18, 13-15.

Gschwantner T. (2009): Technische und ökonomische Rahmenbedingungen der modellierten Holzernte. BFW Praxis-Information 18, 11-12.

IPCC. (2000). Nakicenovic, N., Swart, R. (Eds.). Emissions Scenarios, Cambridge University Press

Klimo E., Hager H., Kulhavy J. (Eds.), (2000) Spruce Monocultures in Central Europe- Problems and Prospects. EFI Proceedings 33, European Forest Institute, Joensuu

Kranzl L., Kalt G., Müller A., Redl C., Haas R., Formayer H., Haas P., Stanzel P., Nachtnebel H.P., Schoerghuber S., Kindermann G., Seidl R., Rammer W., Lexer M.J. (2010): Energie der Zukunft. „KlimAdapt“ – Ableitung von prioritären Maßnahmen zur Adaption des Energiesystems an den Klimawandel. Endbericht, 244 S.

- Kindermann G., Obersteiner M., Rametsteiner E., McCallum I. (2006): Predicting the deforestation-trend under different carbon-prices. *Carbon Balance and Management*, 1:15.
- Kindermann G., Obersteiner M., Sohngen B., Sathaye J., Andrasko K., Rametsteiner E., Schlamadinger B., Wunder S., Beach R., (2008): Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation. *PNAS*, 105/ 30.
- Korpel S. (1997a): Totholz in Naturwäldern und Konsequenzen für Naturschutz und Forstwirtschaft. *Forst und Holz* 52, 619-624.
- Korpel S. (1997b): Erkenntnisse über Strukturdynamik und Entwicklungsprozesse der Urwälder in der Slowakei und ihre Anwendung in der naturnahen Waldwirtschaft. *Beitr. Forstwirtsch. u. Landschaftsökologie* 31, 151-155.
- Krapfenbauer, A. (1981): Holzernte, Biomassen- und Nährstoffaustrag, Nährstoffbilanz eines Fichtenbestandes. Wien, 47 S.
- Müller-Using S., Bartsch N. (2003): Totholzdynamik eines Buchenbestandes (*Fagus sylvatica* L.) im Solling. Nachlieferung, Ursache und Zersetzung von Totholz. *Allgemeine Jagd und Forstzeitung* 174, 122-130.
- Ódor P., Van Hees A.F.M. (2004): Preferences of dead wood inhabiting bryophytes for decay stage, log size and habitat types in Hungarian beech forests. *Journal of Bryology* 26: 79-95.
- ÖWAD – Österreichischer Walddialog. (2009): ÖWAD-Indikatoren-Set. Verfügbar in: <http://www.walddialog.at/filemanager/list/29202/> [Abgefragt am 20. 12.2010]
- ÖWI, (1990): Ergebnisse der Österreichische Waldinventur 1986-1990. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft. Verfügbar in: <http://bfw.ac.at/i7/oewi.oefi8690bfi> [Abgefragt am: 24. 4. 2009]
- ÖWI, (1996): Ergebnisse der Österreichische Waldinventur 1992-1996. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft. Verfügbar in: http://web.bfw.ac.at/i7/Oewi.oefi9296?geo=0&isopen=0&display_page=0 [Abgefragt am: 24. 4. 2009]
- ÖWI, (2002): Ergebnisse der Österreichische Waldinventur 2000-2002. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft. Verfügbar in: <http://web.bfw.ac.at/i7/öwi.öwi0002> [Abgefragt am: 24. 4. 2009]
- ÖWI, (2011): Ergebnisse der Österreichische Waldinventur 2007-2009. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft. Verfügbar in: <http://bfw.ac.at/rz/wi.auswahl> [Abgefragt am 25. 5. 2011]
- Rademacher P. (2005): Nährelementgehalte in den Kompartimenten wichtiger Wirtschaftsbaumarten und deren Bedeutung für die Reststoffverwertung. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63, 285–296.

Schaumberger J., Schaumberger A., Buchgraber K. (2011): Landwirtschaftliche Flächennutzungspotenziale in Österreich und Simulation von Produktionsszenarien bis 2050. Teilbericht 5b, Arbeitspaket 3 – Flächennutzungspotenziale und -szenarien. Studie „Save our Surface“, im Auftrag des Österreichischen Klima- und Energiefonds. LFZ Raumberg-Gumpenstein, April.

Schelhaas M.J., Nabuurs G.J., Schuck A. (2003): Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Glob Change Biol* 9, 1620–1633.

Seidl R., Lexer M.J., Jäger D., Hönninger K. (2005): Evaluating the accuracy and generality of a hybrid patch model. *Tree Physiology*. 25, 939-951.

Seidl R., Rammer W., Lexer M.J. (2009): Schätzung von Bodenmerkmalen und Modellparametern für die Waldökosystemsimulation auf Basis einer Großrauminventur. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*. 180, 35-44.

Splechtna B.E., Gratzner G., (2005): Natural disturbances in Central European forests: approaches and preliminary results from Rothwald, Austria. *For. Snow. Landsc. Res.* 79, 57-67.

Sterba H. (1988): Increment losses by full-tree harvesting in Norway spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management*. 24 (4), 283-292.

WWF. (2006): Potenziale der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität. Endbericht der Studie des WWF in Zusammenarbeit mit den Österreichischen Bundesforsten.