

LANGFRISTIGE AUSWIRKUNGEN VERÄNDERTER RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE ENERGETISCHE BIOMASSENUTZUNG: ERGEBNISSE VON SYSTEM-DYNAMICS BASIERTEN SZENARIEN

Tobias Stern¹, Martin Braun², Franziska Hesser³ und Peter Schwarzbauer²

¹Institut für Systemwissenschaften, Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung, Karl-Franzens-Universität Graz, Merangasse 18/1, 8010 Graz, Österreich, Tel.: +43 316 380 7344; eMail: tobias.stern@uni-graz.at

²Institut für Marketing & Innovation, Universität für Bodenkultur Wien, Feistmantelstraße 4, 1180 Wien, Österreich

³Team Marktanalyse & Innovationsforschung, Kompetenzzentrum Holz GmbH, Feistmantelstraße 4, 1180 Wien, Österreich

Kurzfassung: Die Art der Nutzung von Holzbiomasse aus der österreichischen Forstwirtschaft ist gegenwärtig von gravierenden Veränderungen unterschiedlicher Art betroffen. Technische Neuerungen zum Beispiel, wie etwa die Einführung von Holz-Bioraffinerien könnten mittelfristig zu gravierenden Änderungen führen. Letztlich gibt es auch zahlreiche politische Rahmenbedingungen welche sich auf die Verfügbarkeit und Verwendung von Holzbiomasse auswirken, wie beispielsweise die Berücksichtigung der Kohlenstoffspeicherung in langlebigen Holzprodukten oder eine partielle Außer-Nutzung-Stellung von Waldflächen.

Diese Studie beschreibt eine Synthese der Analyse von verschiedenen Simulationsstudien von Veränderungen im waldbasierten Wirtschaftssektor mit einem System-Dynamics-basierten Holzmarktmodell. Die Simulation mehrerer Szenarien innerhalb einer Studie und die Zusammenschau verschiedener Studien zeigt die Auswirkungen und Wechselwirkungen auf und ermöglicht die Ableitung wichtiger energie-, klima- und wirtschaftspolitischer Schlüsse.

Keywords: Holzbiomasse, Model, Simulation, Szenarien, System Dynamics

1 Einleitung

Der waldbasierte Wirtschaftssektor befindet sich gegenwärtig in einer Phase zahlreicher dynamischer Veränderungen, welche wiederum für den energieproduzierenden Wirtschaftssektor hoch relevant sind wie z.B.:

- Renaissance von Holzbiomasse als Energieträger – Nutzungskonkurrenz zur stofflichen Nutzung,
- Außer-Nutzung-Stellung von Waldflächen im Zuge von Naturschutzvorhaben (Natura 2000),
- Anrechnung von Holz als Kohlenstoffspeicher im Wald und in Holzprodukten (Kyoto-Protokoll),
- Entwicklung von holzbasierten Bioraffinerien auf dem Weg zu einer Bioökonomie.

All diese Themen haben das Potenzial massive Veränderungen in der Holz-Wertschöpfungskette zu bewirken, welche aber in der Regel schwer abzuschätzen sind. Hier wird die Notwendigkeit komplexer Simulationsmodelle deutlich: Veränderungen können simuliert, analysiert und projiziert werden. Mithilfe dieser Ergebnisse können mögliche Entwicklungen schon frühzeitig verstanden und effiziente Maßnahmen der Gegensteuerung oder Anpassung entwickelt werden.

Das Simulationsmodell der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft FOHOW wurde für Simulationen dieser Art entwickelt. Es bildet die Wertschöpfungskette Forst-/Holz als System und nicht als voneinander unabhängige Einzelteile ab. Die System-Dynamics (SD)-Schreibweise des Modells erlaubt eine interdisziplinäre Zugangsweise, da die Rückkoppelung zwischen biologischen (Waldwachstum), technischen (Produktion von Holzprodukten) und wirtschaftlich/sozialen Wirkungsgefügen (Angebot von und Nachfrage nach Holzprodukten) abgebildet werden kann. Durch diese Systembetrachtung können mit FOHOW verschiedenste Fragestellungen behandelt werden. Je nach Fragestellungen können durch FOHOW Implikationen für verschiedene Bereiche (Industrie, Verbände, Forschung, Wirtschaft, Marketing....) in Form von Szenarien mit unterschiedlichen Annahmen dargestellt werden (Abbildung 1).

Die Entwicklung von Computermodellen der Forst- und Holzwirtschaft (Forest Sector Models) wurde z.B. durch das IIASA „Forest Sector Project“ in den 1980er Jahren stark forciert. Einige dieser Modelle beruhen auf der theoretischen Grundlage eines „teilweisen Marktgleichgewichts“, wie z.B.: Global Trade Model/IIASA (Kallio et al, 1987); Global Forest Products Model (Buongiorno et al., 2003); EFI-Global Trade Model (Kallio et al., 2004). Von diesen unterscheidet sich FOHOW durch die Berechnung des Marktgleichgewichts über einen Simulationsprozess (und nicht Optimierung), die betrachteten Regionen (Österreich und die Summe seiner Handelspartner) sowie die äußerst detaillierte Beschreibung des Angebotsverhaltens der österreichischen Forstwirtschaft nach Eigentumsarten.

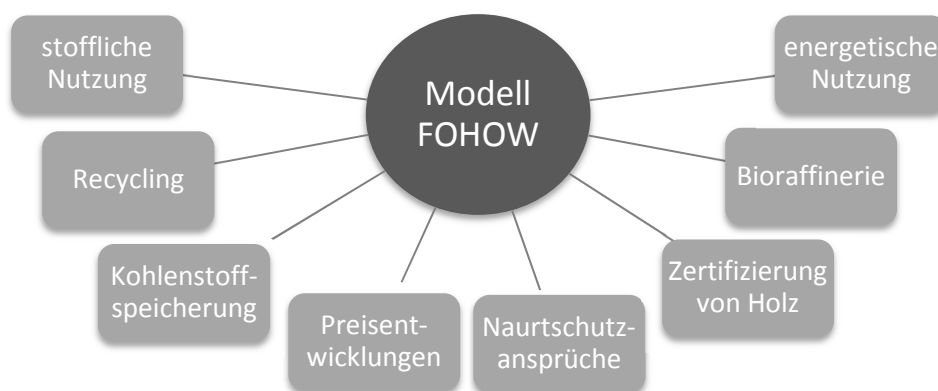


Abbildung 1: Ausgewählte Themen welche mit FOHOW bearbeitet wurden

Diese Studie beschreibt eine Synthese der Analyse von verschiedenen Simulationsstudien von Veränderungen im waldbasierten Wirtschaftssektor mit einem System-Dynamics-basierten Holzmarktmodell. Die Simulation mehrerer Szenarien zeigt die Auswirkungen und Wechselwirkungen auf und ermöglicht wichtige energie-, klima- und wirtschaftspolitische Rückschlüsse. Tabelle 1 zeigt eine Auswahl bisheriger FOHOW Anwendungen.

Tabelle 1: Ausgewählte, mit FOHOW bearbeitete Fragestellungen

Fragestellungen [Geld-/ Auftraggeber]	Publikationen
Auswirkungen der Anrechnung der Kohlenstoffbindung in Holz und Holzprodukten [Klima- und Energiefonds]	Braun, M. et al., (2015): Langfristige Auswirkungen einer verstärkten Energieholznachfrage auf Österreichs Kohlenstoffbilanz: Eine Szenarienanalyse. Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie, 24, 193-202; ISSN 1815-1027
Auswirkungen von Bioraffinerien [AFORE – EU-Projekt, 7. RP]	Stern, T. et al. (2015): Biorefineries' impacts on the Austrian forest sector: a system dynamics approach. Technological Forecasting & Social Change, 91: 311-326
Auswirkungen von Außer-Nutzung-Stellung Waldflächen [FHP]	Schwarzbauer, P. et al. (2013): Auswirkungen einer Außer-Nutzung-Stellung von Waldflächen auf die Wirtschaftslage der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft. Austrian Jour For Sci 130, (2), 61-83.
Auswirkungen der Wirtschaftskrise Jubiläumsfonds [ÖNB]	Schwarzbauer, P. et al. (2013): Economic crises: Impacts on the forest-based sector and wood-based energy use in Austria. Forest Policy and Econ, 27, 13-22. Schwarzbauer, P. et al., (2015): Simulating possible impacts of roundwood procurement problems in Austria on wood-based energy production and forest-based industries. BIOMASS BIOENERG. 2015; 81: 602-611.
Auswirkungen verstärkter energetischer Nutzung von Holz [ÖNB Jubiläumsfonds]	Schwarzbauer, P. and Stern, T. (2010): Energy vs. material: Economic impacts of a „wood-for-energy-scenario“ on the forest-based sector in Austria – A simulation approach. Forest Policy and Econ, 12, 31-38.
Auswirkungen der Zertifizierung von Holz aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung [EU-Projekt, FAIR CT95-766]	Schwarzbauer, P. and Rametsteiner, E. (2001): The impact of SFM-certification on forest product markets in Western Europe – an analysis using a forest sector simulation model. Forest Policy and Econ, 2, 241-256.
Auswirkungen von verstärktem Papierrecycling [UBA]	Allinger-Csollich, W. et al. (2000): Papierrecycling – Forstwirtschaft – Wald: Darstellung möglicher Zusammenhänge. Umweltbundesamt, Monographien, Band 131, Wien

Nicht punktgenaue Prognosen werden erstellt, sondern langfristige Wirkungsanalysen ("Was passiert, wenn...?") von für den Sektor bedeutenden Entwicklungen, wie etwa zu Preisen, Branchentrends, Holzströmen, Kohlenstoffspeicherung, Arbeitsplätzen oder zu Auswirkungen neuer Produkte. Im Vordergrund stehen die Abweichungen der Simulationsläufe von einem unter plausiblen und nicht spekulativen Annahmen gerechneten Bezugsszenario. Je nach Fragestellung kann das Modell erweitert und adaptiert werden. Die entwickelten Szenarien aus der Systemmodellierung -stellen Ergebnisse dar, die eine Entscheidungsgrundlage für Politik oder Industrie sein können: Fehlentscheidungen durch Unwissenheit können vermieden und/oder neue Möglichkeiten aufgedeckt werden.

2 Methode

Das Simulationsmodell der Österreichischen Forst- und Holzwirtschaft FOHOW bildet einen wesentlichen Teil der Wertschöpfungskette Forst-/Holz als System- vom Holzzuwachs bis zur Papierverwendung- und nicht als voneinander unabhängigen Einzelteilen ab. FOHOW wurde in System-Dynamics (SD) Schreibweise auf Basis der Software „Professional Dynamo Plus“ erstellt (mittlerweile umgestellt auf die Software „Stella“). Die aktuelle Version des Modells besteht aus über 1500 Gleichungen, davon 250 Niveauvariablen (Zustandsgrößen), 250 Flussgrößen, 400 Hilfsvariablen sowie Tabellenfunktionen und Konstanten. Die SD-Schreibweise erlaubt eine interdisziplinäre Zugangsweise, da Rückkoppelungen zwischen Subsystemen wie biologischen (Waldwachstum), technischen (Produktion von Holzprodukten) und wirtschaftlich/sozialen Wirkungsgefügen (Angebot von und Nachfrage nach Holzprodukten) abgebildet werden können.

Von anderen Modellen, die ebenfalls versuchen die gesamte Wertschöpfungskette Holz abzubilden und auf der theoretischen Grundlage eines „teilweisen Marktgleichgewichts“ beruhen (z.B. das „Global Forest Product Model“ [Buongiorno et al., 2003] oder das „EFI-Global Trade Model“ [Kallio et al., 2004]), unterscheidet sich das FOHOW vor allem in folgenden Punkten:

- Die Berechnung des Marktgleichgewichtes erfolgt nicht über die Maximierung von Konsumenten- und Produzentenrente, sondern durch einen Simulationsprozess: Preise und Produktmengen oszillieren im Zeitablauf ständig um das Gleichgewicht, was der Realität im Marktgeschehen sehr nahe kommt (Details s. z.B. Schwarzbauer & Rametsteiner, 2001, pp. 243f).
- FOHOW besteht aus zwei Regionen: Österreich und die Summe seiner (Holz-) Handelspartner. Es handelt sich daher nicht um ein Weltholzmarktmodell.
- Das Angebotsverhalten der österreichischen Forstwirtschaft ist daher wesentlich detaillierter modelliert als in den meisten anderen Modellen. Aufgrund des unterschiedlichen Angebotsverhaltens in Zusammenhang der Eigentumsarten (s. z.B. Schwarzbauer et al., 2012a) werden für den Nadelwald die Waldressourcen und Rohholzangebotsfunktionen einerseits nach den Eigentumsarten Kleinwald <200 ha, Großprivatwald >200 ha und Österreichische Bundesforste AG sowie andererseits nach zwei Altersklassen (< 60 Jahre – Durchforstungen; > 60 Jahre - Endnutzungen) unterschieden. Im Laubwald werden keine Eigentumsarten, wohl aber ebenfalls zwei Altersklassen unterschieden. Die Parameter für jede Angebotsfunktion wurden ökonometrisch geschätzt (s. z.B. Schwarzbauer et al., 2009 und 2012).

Das Modell gliedert sich in vier Hauptkomponenten (s. Abbildung 2):

- (1) Allgemeine Wirtschaft
- (2) Holzwirtschaft (Säge, Platten, Zellstoff/Holzschliff, Papier) und energetische Nutzung
- (3) Forstwirtschaft (nach Nadel- und Laubholz, Eigentumsarten)
- (4) Wald (nach Nadel- und Laubholz, Eigentumsarten)

Die bisherigen Simulationen umfassen bis dato den Zeitraum 1965 bis 2030, eine Erweiterung auf den Zeitraum bis 2100 wurde kürzlich im Zusammenhang mit der Berechnung des Kohlenstoffpools in Holzprodukten vorgenommen.

. Mittels eines Back-Casting-Ansatzes (i.e. das Modell wird für vergangene Zeiträume oder rückwärts betrieben) wurden Simulationen für den Zeitraum 1965–2010 getätigt und das Modell mit historischen Daten validiert (Schwarzbauer et al, 2013). Hierfür wurden die drei Hauptvariablen Nadel- und Laubschnittholz, Span- und Faserplatten sowie Papier und

Pappe mit Hilfe einer Zeitreihenanalyse verglichen. Die Analyse zeigte, dass die Mittelwerte der historischen Daten adäquat vom Modell repräsentiert werden und die Korrelation zwischen beiden Zeitreihen sehr hoch ist.

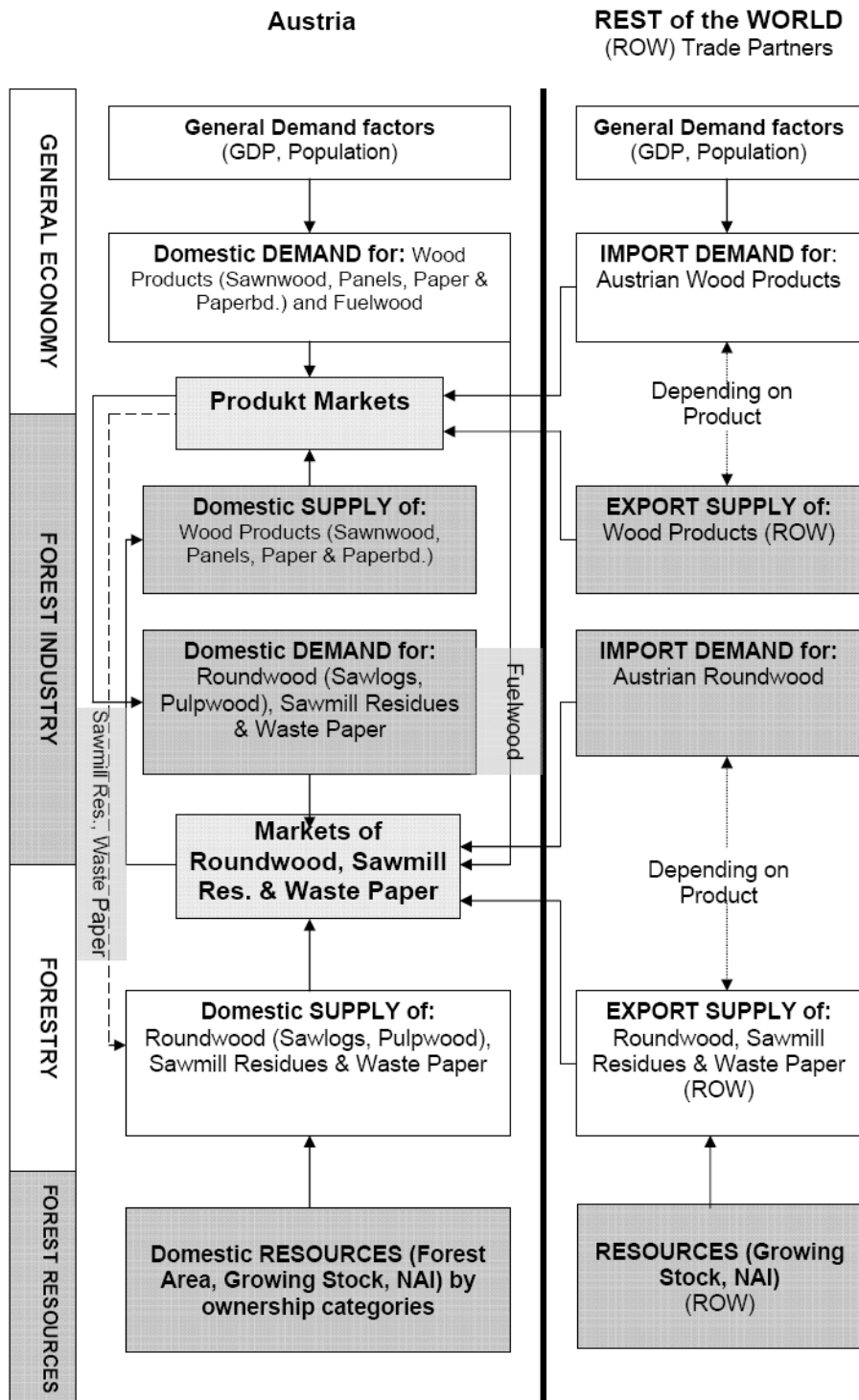


Abbildung 1: Die generelle Struktur von FOHOW

3 Ergebnisse

Die vorgestellten Untersuchungen beruhen auf mehreren in den vergangenen Jahren durchgeführten Projekten. In der Regel kam es dabei zu verschiedenen Adaptionen des Simulationsmodells der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft (FOHOW), und der darauffolgenden Simulation mehrerer Szenarien. Die verschiedenen Analysen (Auswirkungen auf die Kohlenstoffbilanz, Einführung von Boiraffenerien, Auswirkungen einer Außer-Nutzung-Stellung von Waldflächen) führen zu einer Vielzahl interessanter Ergebnisse, welche hier nur ausschnittsweise angeführt werden können.

3.1 Auswirkungen auf die Kohlenstoffbilanz

Durch die stoffliche Verwendung von forstlicher Biomasse kann die Lebens- und Einsatzdauer von Holz bei geeigneten Rahmenbedingungen deutlich über die Umtriebszeit im Wald hinaus verlängert werden. Eine kaskadische Nutzung von Holz ist aus diesem Grund eine sinnvolle Klimaschutzmaßnahme, da damit nicht nur effizient Ressourcen genutzt werden, sondern auch Kohlenstoffvorräte außerhalb des Waldes aufgebaut werden können. Der Begriff „kaskadische Nutzung“ meint in diesem Fall jede weiterführende Verwendung, die vor einer abschließenden energetischen Verwertung stattfindet und zielt auf eine größtmögliche Erhöhung der Wiederverwendung und stofflichen Wiederverwertung ab. Für fünf „was-wäre-wenn“-Szenarien wurden verschiedene Entwicklungen berücksichtigt:

- R... Referenzszenario – Waldbewirtschaftung und Holznachfrage folgt dem Trend der letzten Jahre
- 1a ... Gesteigerter Einschlag wegen forcierter energetischer Nutzung
- 1b ... Gesteigerter Einschlag wegen forcierter stofflicher Nutzung
- 1c ... Gesteigerter Einschlag wegen forcierter stofflicher Nutzung unter günstigen Importbedingungen
- 2 ... Reduzierte Nutzung (Nutzungseinschränkungen und Außer-Nutzung-Stellung von Waldflächen aus Naturschutzvorgaben)

Zusammenfassend für alle „harvested wood products“ (HWP) lässt sich aus den Simulationen ableiten, dass das Szenario 1b zum größten Aufbau von Kohlenstoffvorräten in den HWPs führt. Das Szenario 1b impliziert, dass die gesteigerte Nachfrage der stofflichen Holznutzung und eine zu erwartende Verknappung des Importangebots für Rundholz zu einer verstärkten Nutzung von Holz aus österreichischem Wald führt. Dieses wird in Folge für langlebige Holzprodukte verwendet. Beim Szenario 1c ist dieser Effekt geringer, weil ein Teil der Nachfrage durch Importe aus einem größeren Einzugsgebiet gedeckt werden kann. Schließlich fallen das Szenario 1a sowie das Szenario 2 hinter die Senken-Effekte bei den HWPs des Referenzszenarios (Szenario R) zurück.

Bei Szenario 1a ist ab 2090 das Aufkommen an Brennholz geringer, weil die Nachfrage an Laubholz für energetische Nutzung nicht mehr adäquat erfüllt werden kann und es somit zu Preissteigerungen kommt. Bei Szenario 2 führen Außer-Nutzung-Stellungen und Nutzungsreduktionen generell zu einer geringeren Verfügbarkeit an Holz für die Holzproduktkette. Hier wird stattdessen massiv Kohlenstoff im Wald aufgebaut.

Mit Hilfe dieser Untersuchung ist es für HWP mittel- bis langfristig möglich, die Auswirkungen von gezielten Maßnahmen und politischen Entscheidungen vorausschauend abschätzen zu können.

3.2 Einführung von Bioraffinerien

Es wurden drei Szenarios entwickelt, in denen verschiedene Varianten der Implementierung von Bioraffinerien angenommen wurden, sowie ein Basisszenario, das als Referenz dient.

Das Basisszenario legt die Entwicklung des Sektors dar, unter der Annahme des „business as usual“. Grundlage ist die Annahme eines moderaten Wirtschaftswachstums (WIFO, OECD). Eine weitere Annahme betrifft das Abnehmen der Rundholzimporte im Zeitraum 2010 bis 2025 um rund 50% aufgrund eines steigenden Bedarfs in den Ursprungsländern. Als politischer Rahmen wird angenommen, dass die nationalen energiepolitischen Ziele bis 2020 erreicht werden und somit also der Energiekonsum um 10% gesenkt wird, der Anteil erneuerbarer Energien auf 34 % steigt und dabei der Biomasseanteil 45% erreicht.

Den drei Bioraffinerie Szenarien liegen die Annahmen des Basisszenario zu Grunde, mit Ausnahme der Verkaufssituation der Papier- und Zellstoffindustrie. Es wird angenommen, dass aus der gleichen Mengen an Holzrohstoff durch die Implementierung von Bioraffinerietechnologien ein Mehrwert generiert werden kann. Es wurden dabei zahlreiche Produktalternativen in Betracht gezogen und mögliche technische aber auch ökonomische Beschränkungen berücksichtigt. Der wesentliche Unterschied der drei Bioraffinerieszzenarien liegt hierbei im Level der Implementierung:

1. Im Falle der Implementierung in einem einzelnen Unternehmen oder Werk (Single Firm Scenario) wird von zusätzliche Einnahmen von in Summe 127% des Werts der Zellstoffproduktion ausgegangen.
2. Als nächsten Schritt wurde die Einführung von Bioraffinerien auf nationaler Ebene betrachtet (National Scenario). Dieses Szenario geht davon aus, dass mehrheitlich die Zellstoffwerke einer Region den Wandel zu Bioraffinerien vollzogen haben, etwa durch vorteilhafte Förderungspolitik oder technologische Entwicklungen. Dieses Szenario unterscheidet sich von jenem davor durch veränderte Annahmen betreffend der Reife der Technologie (bessere Ausbeuten), der Verfügbarkeit von alternativen Energiequellen und vor allem durch eine andere Zusammensetzung der erzeugten Produkte und ihrer Märkte (weniger Nischenanwendungen). Insgesamt ergeben sich für dieses Szenario daher zusätzliche Einnahmen von in Summe 68% des Werts der Zellstoffproduktion ausgegangen.
3. Letztlich wird angenommen, dass Bioraffinerien in ganz Europa implementiert werden (European Szenario). Dieses geht von einer weiten Verbreitung der Bioraffinerie als technischen Standard aus (so wie dies früher oder später sehr wahrscheinlich auch tatsächlich der Fall sein könnte). In diesem Fall wurden weitere Einschränkungen bei der Nutzung von Lignin, sowie bei der Wahl der verfügbaren Absatzmärkte (zunehmend Massenapplikationen) angenommen. Für dieses Szenario wurden daher zusätzliche Einnahmen von in Summe 43% des Werts der Zellstoffproduktion ausgegangen.

Eindeutig zeigt sich, dass die Bioraffinerie-Szenarien hinsichtlich der Wertschöpfung dem Basiszenario weit überlegen sind. Die Einnahmen aus den neuen Produkten der Bioraffinerie zeichnen daher ein positives Bild der Profitabilität für die Papier- und Zellstoffindustrie. Auch in Bezug auf den gesamten Forst-Holz Sektor lässt sich feststellen, dass insbesondere Forstwirtschaft, Sägewerke und Energieproduzenten von der Einführung der Bioraffinerien keine negativen Auswirkungen zu erwarten haben. In der Forstwirtschaft können steigende Holzpreise erwartet werden, welche die Bruttowertschöpfung hoch schnellen lassen. Die erhöhte Effizienz der Holznutzung durch die Bioraffinerie hat zudem positive Auswirkungen auf die forstliche Nachhaltigkeit, da sie einer möglichen Übernutzung entgegenwirkt. Die Sägeindustrie kann durch steigende Preise bei Sägenebenprodukten profitieren. Effekte auf dem Arbeitsmarkt sind ein wesentlicher sozio-ökonomischer Indikator. Diesbezüglich haben Bioraffinerien einen dreifachen Effekt auf die Beschäftigungssituation: Zum einen werden derzeitige Arbeitsplätze in der Papier- und Zellstoff Industrie gesichert. Zum anderen können neue Arbeitsplätze innerhalb der nachgeschalteten Verarbeitungsschritte der Bioraffinerieprodukte langfristig geschaffen werden, sowie auch mittelfristig durch die notwendigen Investitionen in technische Anlagen.

3.3 Auswirkungen einer Außer-Nutzung-Stellung von Waldflächen

Während die reine Außer-Nutzung-Stellung der Ertragswaldflächen kaum einen direkten Einfluss auf das Brennholzaufkommen aus dem Wald im Vergleich zum Basis-Szenario hat, wirkt sich der daraus resultierende Kapazitätsabbau der Sägeindustrie bis zum Jahr 2025 mit einer Verringerung der Verfügbarkeit von SNP um -12% im Vergleich zum Basis-Szenario deutlich negativ aus. In Summe ergibt sich für das Szenario Außer-Nutzung-Stellung I, dass die quantitativen Ziele des Nationalen Aktionsplans zu Erneuerbaren Energien zum Jahr 2020 knapp verfehlt werden. Bis 2025 kann mit einem deutlichen Anstieg der realen Preise von Waldbiomasse und SNP für die energetische Nutzung gerechnet werden. Die geringeren verfügbaren Mengen von Holzbiomasse und die steigenden Biomassepreise gleichen sich in diesem Szenario aber insofern aus, als die Gesamtkosten der energetischen Nutzung ähnlich hoch bleiben wie im Basis-Szenario.

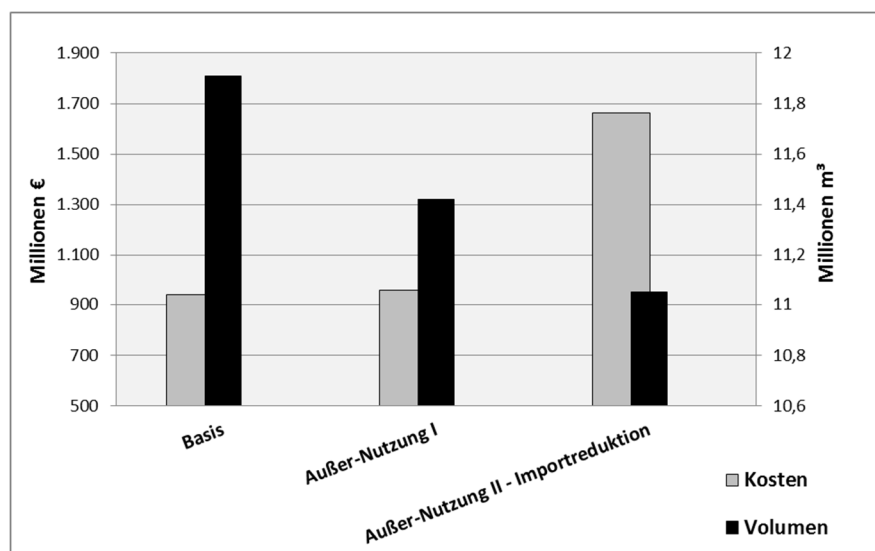


Abb.3: Volumen und Kosten (inflationsbereinigt; Basis 2000) der energetischen Nutzung von Holzbiomasse 2025 im Basis-Szenario und in den Szenarien Außer-Nutzung-Stellung.

Durch den stark steigenden Brennholzpreis kann im Szenario Außer-Nutzung-Stellung II mit Importreduktion die Brennholznutzung im Wald gegenüber dem Basis-Szenario extrem gesteigert werden, gleichzeitig erfolgt eine Umschichtung von SNP für energetische Nutzung zu Brennholz aus dem Wald. Obwohl die Ziele des Aktionsplans zu Erneuerbaren Energien bei Weitem nicht erreicht werden können, erhöhen sich die gesamten Kosten für energetische Nutzung von Holzbiomasse aufgrund der starken Preisanstiege deutlich (Abb. 3). Im Vergleich zum Basis-Szenario im Jahr 2025 liegen sie bei 7% geringer Mengenleistung um rund 77% höher. Das entspricht realen Mehrkosten von 720 Millionen Euro pro Jahr.

4 Schlussfolgerungen und zukünftige Anwendungen

Insgesamt demonstrieren diese und weitere Ergebnisse die Möglichkeiten welche das Simulationsmodell FOHOW für die Beantwortung energiepolitischer Fragestellungen bietet. FOHOW bildet einen wesentlichen Teil der Wertschöpfungskette Holz ab. Die besondere Stärke des Modells liegt nicht zuletzt deshalb in seiner Anpassungsfähigkeit an sehr viele Problemstellungen im Forst- und Holzsektor. Mögliche zukünftige Anwendungsbereiche bzw. Fragestellungen, die mit FOHOW untersucht werden können, sind etwa (ohne spezifische Reihung und Anspruch auf Vollständigkeit):

- **Auswirkungen erhöhter Schadholzmengen:** Die anfallenden Schadholzmengen könnten sich durch den Klimawandel in Zukunft erhöhen und sich hinsichtlich der Sortimentszusammensetzung ändern. Auswirkungen dieser möglichen Entwicklungen könnten durch FOHOW untersucht werden.
- **Konkurrierende Zielsetzungen (Competing Goals) und “Trade-Offs”:** Das Modell eignet sich zum Test der Auswirkungen konkurrierender/widersprüchlicher politischer Zielsetzungen für den waldbasierten Sektor bzw. zum Test von Auswirkungen exogener politischer Zielsetzungen auf den waldbasierten Sektor (bisheriges Beispiel: Naturschutz vs. mehr Holzbiomasse).
- **Auswirkungen von “Bioökonomie” auf den waldbasierten Sektor bzw. Beiträge des Sektors zur „Bioökonomie“:** Das Modell kann u.a. auch die volkswirtschaftlichen Beiträge des Sektors und Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt darstellen. Damit können auch soziale Effekte der Umsetzung politischer Entscheidungen in Richtung Bioökonomie getestet werden.
- **Technikfolgenabschätzung:** Für die Bioraffinerie wurde mit FOHOW bereits eine erste Technologiefolgenabschätzung vorgenommen (Stern et al, 2015).

Im letzten Jahrzehnt hat sich auch in anderen europäischen Ländern, für welche bisher (noch) kein länder- oder regionalspezifisches „Forest Sector Model“ besteht, die Nachfrage nach einem solchen entwickelt. Ein Indiz dafür ist etwa das schweizerische Nationale Forschungsprogramm „NRP 66 Resource Wood“, welches sich nach einem eigenen Call spezifisch auch mit dem Thema „Analysing Swiss Wood Markets – an institutional and computational economic approach“ auseinandersetzt, im Rahmen dessen auch ein forst- und holzwirtschaftliches ökonomisches Modell entwickelt wird (Konstadinov et al., 2014).

Literatur

- Allinger-Csollich, W.; Hackl, J.; Heckl, F.; Hochbichler, E.; Schwarzbauer, P. und Schwarzl, B., (2000): Papierre-cycling – Forstwirtschaft – Wald: Darstellung möglicher Zusammenhänge. Umweltbundesamt, Mono-graphien, Band 131, Wien
- Buongiorno, J., Zhu, S., Zhang, D., Turner, J. and Tomberlin, D., 2003. The Global Forest Products Model: Structure, Estimation, and Applications. Academic Press/Elsevier, San Diego.
- Kallio, M.; Dykstra, D. and Binkley, C. (eds.) The Global Forest Sector - An Analytical Perspective. John Wiley & Sons, New York; 1987
- Kallio, A.M.I., Moiseyev, A., Solberg, B., 2004. The global forest sector model EFI-GTM—the model structure. EFI Technical Report 15. European Forest Institute, Joensuu, Finland.
- Konstantinov, F.; Holm, S.; Steubing, B.; Thees, O. and Lemm, R. (2014): Simulation of a Swiss wood fuel and roundwood market: an explorative study in agent-based modeling. Forest Policy and Econ, 38, 105-118.
- Schwarzbauer, P. (1993): Der österreichische Holzmarkt im Modell. EG - Waldsterben - Zellstoffmarkt. Schriftenreihe des Instituts für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik, Bd. 17, Uni-versität für Bodenkultur, Vienna.
- Schwarzbauer, P. and Stern, T. (2010): Energy vs. material: Economic impacts of a „wood-for-energy-scenario” on the forest-based sector in Austria – A simulation approach. Forest Policy and Econ, 12, 31-38.
- Schwarzbauer, P. and Rametsteiner, E. (2001): The impact of SFM-certification on forest product markets in Western Europe – an analysis using a forest sector simulation model. Forest Policy and Econ, 2, 241-256.
- Schwarzbauer, P.; Huber, W. und Stern. T. (2009): Das Angebotsverhalten der österreichischen Forstwirtschaft. Ökonometrische Schätzungen von Angebotsfunktionen. Schriftenreihe des Instituts für Marketing & In-novation, Universität für Bodenkultur Wien, Band 3, Eigenverlag, Vienna
- Schwarzbauer, P.; Stern, T. and Huber, W. (2012): Das Angebotsverhalten der österreichischen Forstwirtschaft, Ökonometrische Schätzungen von Angebotsfunktionen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung Heft 3/4, 45-55
- Schwarzbauer, P.; Weinfurter, St.; Stern, T. and Koch, S. (2013a): Economic crises: Impacts on the forest-based sector and wood-based energy use in Austria. Forest Policy and Econ, 27, 13-22.
- Schwarzbauer, P.; Huber, W.; Stern, T. und Hasenauer, H. (2013b): Auswirkungen einer Außer-Nutzung-Stellung von Waldflächen auf die Wirtschaftslage der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft. Austrian Jour For Sci 130, (2), 61-83.
- Stern, T; Ledl, C; Braun, M; Hesser, F; Schwarzbauer, P (2015): Biorefineries' impacts on the Austrian forest sector: A system dynamics approach. TECHNOL FORECAST SOC. 2015; 91: 311-326