Publizierbarer Endbericht

Gilt für Studien aus der Programmlinie Forschung

A) Projektdaten

Allgemeines zum Projekt	
Kurztitel:	CareforParis
Langtitel:	Adaptation for carbon efficient forests and the entire wood value chain (including a policy decision support tool) - Evaluating pathways supporting the Paris Agreement
Zitiervorschlag:	Weiss P., Braun M., Fritz D., Gschwantner T., Hesser F., Jandl R., Kindermann G., Koller T., Ledermann T., Ludvig A., Pölz W., Schadauer K., Schmid B.F., Schmid C., Schwarzbauer P., Weiss G. 2020: Endbericht zum Projekt CareforParis. Klima- und Energiefonds Wien,
Programm inkl. Jahr:	ACRP 9th Call, 2016
Dauer:	2,5 Jahre
KoordinatorIn / ProjekteinreicherIn:	Peter Weiss
Kontaktperson Name:	Peter Weiss
Kontaktperson Adresse:	Umweltbundesamt GmbH Spitterlauerlände 5, 1090 Wien
Kontaktperson Telefon:	01-31304-3430
Kontaktperson E-Mail:	peter.weiss@umweltbundesamt.at
Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):	• Umweltbundesamt GmbH, Wien • Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Wien • Universität für Bodenkultur Wien – Institut für Marketing & Innovation (BOKU InMI), Wien • Universität für Bodenkultur Wien – Institut für Wald-, Umwelt- und Ressourcenpolitik (BOKU InFER), Wien • Kompetenzzentrum Holz GmbH (WOOD K PLUS_MAIF), Oberösterreich

Allgemeines zum Projekt	
Schlagwörter:	Klimawandel, Klimawandelanpassung, Szenarien, Treibhausgasbilanz, Wald, Holzprodukte, Carbon-Footprint, vermiedene Emissionen,
Projektgesamtkosten:	249,585.- (+ EUR 9,750.- in-kind contributions)
Fördersumme:	249,585.- €
Klimafonds-Nr:	KR16AC0K13154
Erstellt am:	Oktober 2020

B) Projektübersicht

1 Kurzfassung

Zielsetzung

CareforParis hatte das Ziel, die Auswirkungen von Klimawandel und Klimawandelanpassung auf die Treibhausgas(THG)-Bilanz des waldbasierten Sektors Österreichs in sechs Szenarien bis 2150 zu untersuchen. Folgende Elemente wurden gerechnet:

- THG-Bilanz im österreichischen Wald (Biomasse, Totholz, Boden)
- THG-Bilanz des Harvested-Wood-Products(HWP)-Pools (Schnittholz, Platte, Papier) auf Basis des Einschlags aus dem österreichischen Wald
- Lebenszyklus-THG-Emissionen durch Holzprodukte auf Basis des Einschlags aus dem österreichischen Wald und Ersatzprodukten
- zusätzlich notwendige fossile Emissionen durch Ersatzprodukte, wenn Holzprodukte gegenüber dem business-as-usual entfallen

Zusätzlich wurden in CareforParis die aus den Szenarien resultierenden Auswirkungen auf die österreichische Forst- und Holzwirtschaft analysiert.

In einer weiteren sozio-ökonomischen Analyse wurden Vorschläge zur Anpassung der politischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen in Österreich in Richtung einer THG-optimierten Waldbewirtschaftung und Holzverwendung erarbeitet.

Methode

Sechs Szenarien wurden entwickelt:

- Referenzszenario R4.5: Waldbewirtschaftung und Holzverwendung wie bisher unter einem regionalisierten Klimaszenario RCP4.5 (liegt leicht über 2 °C Ziel).
- Referenzszenario R8.5: Waldbewirtschaftung und Holzverwendung wie bisher unter einem regionalisierten Klimaszenario RCP8.5 (liegt deutlich über 2 °C Ziel).
- Kalamitätenszenario KAL: Waldbewirtschaftung und Holzverwendung wie bisher unter einem regionalisierten Klimaszenario RCP8.5 mit weiterer Zunahme von Schadholz-Ereignissen.
- Umtriebszeitverkürzungsszenario UZV: Regionalisiertes Klimaszenario RCP8.5. Verkürzung des Endnutzungsalters von Beständen als Maßnahme der Klimawandelanpassung.
- Baumartenwechselszenario BAW: Regionalisiertes Klimaszenario RCP8.5. Wechsel zu heimischen Laubholzarten im Wald als Maßnahme der Klimawandelanpassung.

- Vorratsaufbauszenario VAU: Regionalisiertes Klimaszenario RCP8.5. Weitere Außer-Nutzung-Stellung sowie Nutzungseinschränkung gegenüber R8.5-Szenario.

Ausgangspunkt der Modellierungen war der Status quo des österreichischen Waldes. Mit einem Set von Modellen (Waldwachstums- und Nutzungsmodell CALDIS, Boden-C-Modell YASSO, ökonomisches Holzmarktmodell FOHOW, Emissionsmodell GEMIS) wurden die Auswirkungen dieser Szenarien auf die THG-Bilanz des waldbasierten Sektors Österreichs bis 2150 modelliert.

Die ökonomischen Effekte auf den holzbasierten Sektor Österreichs wurden anhand einer Constant Market Share Analyse (CMSA) analysiert.

Im Zuge der weiteren sozio-ökonomischen Analyse wurden Literaturauswertungen, Interviews, Delphi-Befragungen und Interessensvertreter-Workshops durchgeführt und aus den Ergebnissen ein Entscheidungsfindungs-Tool für Stakeholder abgeleitet.

Ergebnisse

Die Ergebnisse von CareforParis zeigen, dass der Wald und die Verwendung von Holz eine wichtige Rolle als CO_2-Senke darstellen: Der Gesamteffekt Wald-, HWP-Senke und vermiedene Emission durch Holzprodukte entspricht im R4.5 Szenario bis 2150 etwa 20 jährlichen THG-Emissionen Österreichs (J-THG-E-Ö).

Als CO_2-bindendes Material dient Holz dem Klimaschutz – auch unter der Prämisse einer steigenden Dekarbonisierung unserer Energieversorgung – als Substitutionsmaterial für THG-intensivere Substanzen. Trotz unterstellter steigender Dekarbonisierung der Wirtschaft in den Szenarien wird durch die Verwendung von Holz eine erhebliche Menge an THG-Emissionen vermieden, im R4.5 Szenario mehr als doppelt so viel wie die Wald- und HWP-Senke im Simulationszeitraum darstellt. Somit ist bei nachhaltiger Forstwirtschaft der größte Hebel des waldbasierten Sektors für den Klimaschutz der Ersatz fossiler Rohstoffe durch Holzprodukte und die damit vermiedenen Emissionen.

Stärkerer Klimawandel und Klimawandel-Anpassungen können die THG-Bilanz des waldbasierten Sektors verschlechtern: In den Szenarien R8.5 (stärkerer Klimawandel) und KAL (mehr Kalamitäten) wird der Wald kumulativ im Simulationszeitraum (im Vergleich zu Szenario R4.5 mit moderater Erwärmung und Wald-Senke) zu einer deutlichen Emissionsquelle. Bis 2150 ist R8.5 um acht und KAL um 13 J-THG-E-Ö schlechter als R4.5. Das Szenario UZV (Umtriebszeitverkürzung) weist bis 2150 sechs J-THG-E-Ö mehr als R8.5 auf. Das BAW Szenario (Baumartenwechsel) zeigt unter den gewählten Rahmenbedingungen eine THG-Senke im Wald und eine THG-Quelle des HWP-Pools. Der Grund dafür ist jedoch nicht der Baumartenwechsel, sondern die simulierte gleichbleibende Holzverwendung wie derzeit, weshalb das Mehr an Laubholz im BAW nicht das Nadelholz ersetzt und daher insgesamt weniger Holz genutzt wird. Die geringere Holznutzung erfordert notwendigen Ersatz durch Nicht-Holz-Produkte um die erforderliche Dienstleistung aufrecht zu erhalten,

was beim BAW zusätzliche fossile Emissionen im Ausmaß von 4,5 J-THG-E-Ö im Vergleich zu R8.5 nach sich zieht. Das Szenario mit moderatem Vorratsaufbau (VAU) zeigt die stärkste THG-Senke im Wald. Der Effekt einer höheren Senke im Wald aufgrund reduzierter Nutzung sind höhere fossile THG-Emissionen als bei R8.5: Die Reduktion der Nutzung gegenüber R8.5 erfordert auch beim VAU Szenario bis 2150 zusätzliche fossile THG-Emissionen durch Nicht-Holz-Produkte als Ersatz für entfallende Holzprodukte im Ausmaß von 4 J-THG-E-Ö. Die Strategie einer Reduktion der Holznutzung ist somit der notwendigen Dekarbonisierung zur Erreichung der Temperatur-Ziele des Paris Agreements nicht förderlich.

Je nach Szenario stellen Wald plus HWP-Pool für 20-90 Jahre eine CO_2-Senke, danach eine Quelle dar – für R4.5 (moderate Klimaerwärmung) geringer: Klimaschutz verringert sekundäre emissionsverstärkende Wirkungen des Klimawandels. Der Einsatz von Holzprodukten und die dadurch vermiedenen Emissionen stellen hingegen eine konstante Senkung der THG-Emissionen dar.

Eine umfassende Unsicherheitsanalyse konnte aufgrund der verfügbaren Ressourcen nicht durchgeführt werden. Allerdings zeigen Sensitivitätsanalysen aus dem Vorgängerprojekt (Pölz et al. 2015, Braun et al. 2016) und CareforParis, dass die Vermeidung von THG-Emissionen durch Holzprodukte ein robustes Ergebnis ist. Auch die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Szenarien können aufgrund der Gleichhaltung maßgeblicher Parameter in den Simulationen als robust bezeichnet werden. Demgegenüber ist der generelle Trend besonders mit Fortlaufen der Zeitreihe naturgemäß unsicherer.

Die Analyse der ökonomischen Effekte der Szenarien zeigte bei VAU und BAW negative Auswirkungen auf die Holzwirtschaft, auf Exportmarktanteile und -dynamiken in den Produktportfolios sowie auf die Innovationleistung. Bei adaptiver Waldbewirtschaftung müsste auch die Holzwirtschaft Anpassungsmaßnahmen, wie verstärkte Innovationen zur Produktdiversifizierung und Laubholzverwertung sowie Steigerung der Wertschöpfung, treffen, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Die sozio-ökonomischen Analysen belegten eine gute Übereinstimmung des Verständnisses der Stakeholder bezüglich der THG-Wirkung des waldbasierten Sektors mit den Modellierungsergebnissen. Das entscheidungsunterstützende Instrument dieses Arbeitspakets kann unter https://careforparis.boku.ac.at/ abgerufen werden.

2 Executive Summary

Objective

CareforParis aimed to investigate the effects of climate change and climate change adaptation on the GHG balance of Austria's forest-based sector in six scenarios until 2150. The following elements were calculated:

- GHG balance of the Austrian forests (biomass, dead wood, soil)

- GHG balance of the HWP pool (sawnwood, panels, paper) based on the harvest in Austrian forests

- Life-cycle GHG emissions of wood products based on the harvest from Austrian forests and life-cycle GHG emissions of substitute products

- additionally necessary fossil GHG emissions through substitute products, if less wood products compared to business-as-usual are available

In addition, CareforParis analyzed the effects of the scenarios on the entire Austrian forest-based sector.

In an additional socio-economic analysis, proposals for the adaptation of the political, legal and social framework conditions in Austria towards GHG-optimised forest management and wood use were developed.

Methods

Six scenarios were developed:

Reference scenario R4.5: Forest management and wood use patterns as before under a regionalised climate scenario RCP4.5 (slightly above 2 °C target).

Reference scenario R8.5: Forest management and wood use patterns as before under a regionalised climate scenario RCP8.5 (lies well above 2 °C target).

Disturbance scenario KAL: Forest management and wood use patterns as before under a regionalised climate scenario RCP8.5 with a further increase in disturbances.

Scenario shortened rotation period UZV: Regionalised climate scenario RCP8.5: Shortening of the final cutting age of stands as a measure of climate change adaptation.

Tree species change scenario BAW: Regionalized climate scenario RCP8.5: Change to hardwood species in forests as a measure of climate change adaptation.

Stock increase scenario VAU: Regionalized climate scenario RCP8.5: Further phase-out and restriction of harvest compared to the R8.5 scenario.

Starting point of the modelling was the status quo of the Austrian forest. Using a set of models (forest growth and use model CALDIS, soil C model YASSO, economic timber market model FOHOW, emission model GEMIS) the effects of these scenarios on the GHG balance of Austria's forest-based sector until 2150 were modelled.

The economic effects on the Austrian wood-based sector were analysed by means of a Constant Market Share Analysis (CMSA).

In an additional socio-economic analysis literature reviews, interviews, Delphi surveys and stakeholder workshops were carried out and a decision making tool for stakeholders was derived from the results.

Results

The results of CareforParis show that the Austrian forests and its wood products play an important role in the GHG balance: The accumulated overall effect of forest-, HWP-sink and avoided emissions by wood products in the R4.5 scenario corresponds to about 20 annual GHG emissions of Austria (A-GHG-E-AT) for the period 2020 to 2150.

The CO_2-binding wood serves climate protection – under premises of increasing decarbonisation of economy – as substitute material for more GHG-intensive materials. Despite the assumed increasing decarbonisation of the economy in the scenarios, a significant amount of GHG emissions is avoided through the use of wood (i.e. substitution), which in the R4.5 scenario represents more than twice the combined forest and HWP carbon sink. Thus, in the case of sustainable forest management, the greatest lever of the forest-based sector for climate protection is the replacement of fossil raw materials by wood products and the GHG emissions avoided as a result.

Stronger climate change and climate change adaptation can worsen the GHG balance of the forest-based sector: In the scenarios R8.5 (stronger climate change) and KAL (more disturbances) the forest becomes a significant source of emissions cumulative over the total simulation period (while the forests in scenario R4.5 represent a cumulative sink in the period 2020 to 2150). Until 2150, R8.5 and KAL are worse by eight and by 13 A-GHG-E-AT, respectively, than R4.5 (moderate warming). Scenario UZV (reduction of rotation time) shows six A-GHG-E-AT more than R8.5 until 2150. The BAW scenario (tree species change) shows a GHG sink in the forest and a GHG source of the HWP pool under the defined conditions. However, the reason for the sink is not the adaptation measure of tree species change, but the simulated constant wood use patterns as now, where the more hardwood in the BAW does not replace coniferous wood - therefore less wood is used in BAW in total. Less wood use requires substitute materials for sustaining the service: As a consequence 4.5 A-GHG-E-AT additional fossil emissions are emitted in BAW compared to R8.5 from replacement by non-wood products until 2150. The scenario with moderate stock increase (VAU) shows the strongest GHG sink in the forest. However, the reduction in harvest compared to R8.5 requires additional fossil GHG emissions from non-timber products to replace omitted timber products by 2150 to the extent of four A-GHG-E-AT. The strategy of reducing wood use is therefore not beneficial to the necessary decarbonisation to reach the temperature targets of the Paris-Agreement.

Depending on the scenario, the forest plus the HWP pools represent a CO_2 sink for 20 - 90 years, after that a source - for R4.5 (moderate global warming) less: climate protection reduces secondary emission-increasing effects of climate change in ecosystems. However, the avoided emissions from wood products have a constant positive GHG effect throughout the simulated time series.

A comprehensive uncertainty analysis could not be carried out due to the available resources. However, sensitivity analyses from the previous project (Pölz et al. 2015, Braun et al. 2016) and CareforParis show that the avoidance of GHG emissions from wood products is a robust result. The differences between the results of the scenarios can also be described as robust due to the fact that relevant parameters in the simulations were kept the same in the scenarios. The general trend is naturally more uncertain, especially with continuous time series increasing.

The analysis of the economic impact of the scenarios showed negative effects at VAU and BAW on the timber industry, on export market shares and dynamics in the product portfolios and on innovation performance. With adaptive forest management, the timber industry would also have to take adaptation measures in order to remain competitive: Innovation for product diversification and hardwood utilisation, increase in added value.

The socio-economic analyses showed a good agreement in the stakeholders' understanding of the GHG impact of the forest-based sector with the modelling results. The decision support tool of this work package can be found at https://careforparis.boku.ac.at/

3 Hintergrund und Zielsetzung

Um die Paris Agreement Ziele (Temperaturerhöhung max. 2 °C bzw 1,5 °C, Balance zwischen THG-Emissionen und -Senken nach 2050) zu erreichen ist eine Transformation des Wirtschaftssystems erforderlich.

Der österreichische Wald und die Holzprodukte stellen derzeit eine signifikante jährliche Senke in der österreichischen THG-Bilanz im Äquivalent von mehreren Prozent der österreichischen THG-Emissionen dar (Umweltbundesamt 2019). Vor wenigen Jahren abgeschlossene, KLIEN geförderte Studien des CareforParis-Projektteams zur THG-Wirkung unterschiedlicher Strategien der Holzverwendung zeigten ebenfalls die Bedeutung des waldbasierten Sektors Österreichs für die THG-Bilanz und den THG-Vorteil einer kaskadischen stofflichen Holznutzung gegenüber einer unmittelbaren energetischen Nutzung (BFW 2015, Braun et al. 2016).

Der waldbasierte Sektor spielt auch eine wichtige volkswirtschaftliche Rolle in Österreich. Der Beitrag des waldbasierten Sektors an Österreichs Wirtschaftsleistung beträgt ca. 2%, über den Außenhandel ist dieser Sektor in ähnlicher Größenordnung wie die Tourismusbranche der wichtigste Devisenbringer in der heimischen Leistungsbilanz. Aus der Forstwirtschaft und Holzverarbeitung Österreichs beziehen derzeit etwa 300.000 Menschen ein Einkommen.

Klimawandel und daraus notwendige Klimawandelanpassung wird eine Reihe von Effekten auf den österreichischen Wald haben, die auch auf die THG-Bilanz des waldbasierten Sektors Österreichs wirken und dessen ökonomische Rahmenbedingungen verändern. Untersuchungen dazu gab es bisher nicht.

Das Projekt CareforParis untersuchte daher in sechs Szenarien die Auswirkungen von Klimawandel und waldbaulicher Anpassung daran auf die Treibhausgas(THG)bilanz des österreichischen Waldes und der daraus stammenden Holzprodukte/-brennstoffe (inkl. der vermiedenen Emissionen im Vergleich zu Ersatzprodukten/-brennstoffen) bis 2150. Zusätzlich wurden die daraus resultierenden Auswirkungen auf die österreichische Forstwirtschaft und den holzbasierten Wirtschaftssektor analysiert (u.a. Menge und Qualität der Holzbereitstellung, erforderliche technische Adaptierungen). Der lange Simulationszeitraum wurde gewählt da in der Forstwirtschaft lange Produktionszeiträume typisch sind und Ergebnisse aus dem Vorprojekt (Braun et. al 2016), das nur bis 2100 simulierte, auf längerfristige Auswirkungen – weit über 2050 oder 2100 hinaus – hindeuten.

Ein weiterer sozio-ökonomischer Teil des Projektes sollte eine Analyse und Vorschläge zur Anpassung der politischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen in Österreich in Richtung einer THG-optimierten Waldbewirtschaftung und Holznutzung liefern.

Die Projektergebnisse stellen eine wichtige Grundlage für erforderliche gesellschaftliche Anpassungen dar, um das Ziel des „Paris Agreements“ eines Gleichgewichts zwischen THG-Emissionen und –senken post 2050 zu erreichen. Erforderliche Anpassungen in den holzbasierten Branchen aufgrund von Klimawandel und waldbaulichen Anpassungen wurden identifiziert.

4 Projektinhalt und Ergebnis(se)

Das Projekt CareforParis untersuchte in sechs Szenarien die Auswirkungen von Klimawandel und waldbaulicher Anpassung daran auf die Treibhausgas(THG)bilanz des österreichischen Waldes und der daraus stammenden Holzprodukte/-brennstoffe (inkl. der vermiedenen Emissionen zu Ersatzprodukten/-brennstoffen) bis 2150.

Weiters wurden die daraus resultierenden Auswirkungen auf die österreichische Forstwirtschaft und den holzbasierten Wirtschaftssektor analysiert (u.a. Menge und Qualität der Holzbereitstellung, erforderliche technische Adaptierungen).

Ein weiterer sozio-ökonomischer Teil des Projektes sollte eine Analyse und Vorschläge zur Anpassung der politischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen in Österreich in Richtung einer THG-optimierten Waldbewirtschaftung und Holznutzung liefern.

4.1 Definition der Klimawandel- und Klimawandelanpassungsszenarien (WP2)

Sechs Szenarien des künftigen Klimawandels und der waldbaulichen Klimawandelanpassung wurden entwickelt:

Tabelle 1. Folgende Szenarien wurden definiert und untersucht

<table>
<tr><th></th><th>Szenarien</th><th>Eigenschaften</th></tr>
<tr><td>R4.5</td><td>Referenzszenario 4.5</td><td>Regionalisiertes Klimaszenario RCP4.5. Das gewählte RCP 4.5 liegt leicht über dem Ziel des Paris-Agreement von max. 2 °C.</td></tr>
<tr><td>R8.5</td><td>Referenzszenario 8.5</td><td>Regionalisiertes Klimaszenario RCP8.5. Das RCP 8.5 liegt deutlich über den Paris-Agreement Temperaturzielen.</td></tr>
<tr><td>KAL</td><td>Kalamitätenszenario</td><td>Regionalisiertes Klimaszenario RCP8.5
Zunahme von Trockenheits- und Windwurf-Ereignissen und damit von Schadholz wird angenommen. Zusätzlich zum RCP 8.5-Klimatrend wird eine geringere Niederschlagsmenge angenommen. Erhöhtes Schadholzaufkommen durch die Zunahme von Trockenperioden und höheren Windgeschwindigkeiten, steigender Waldbrandgefahr und neuartiger Schadorganismen.</td></tr>
<tr><td>UZV</td><td>Umtriebszeitverkürzungs-szenario</td><td>Regionalisiertes Klimaszenario RCP8.5
Verkürzung des Endnutzungsalters von Beständen auf 75 Jahre als Maßnahme der Klimawandelanpassung (gemäß Analysen von Sturmschäden). In diesem Szenario werden daher ältere Waldbestände bevorzugt geerntet und wieder aufgeforstet.</td></tr>
<tr><td>BAW</td><td>Baumartenwechselszenario</td><td>Regionalisiertes Klimaszenario RCP8.5
Wechsel der Baumarten im Wald als Maßnahme der Klimawandelanpassung. Nadelholz wird entsprechend der in 50 Jahren erwarteten Temperatur durch verschiedene Laubholzarten (Buche, Eiche, Ahorn) ersetzt. Nicht heimische Baumarten werden dabei nicht berücksichtigt.</td></tr>
<tr><td>VAU</td><td>Vorratsaufbauszenario</td><td>Regionalisiertes Klimaszenario RCP8.5
Außer-Nutzung-Stellung auf weiteren Waldflächen mit den besten Bonitäten sowie Nutzungseinschränkung gegenüber R8.5-Szenario;
Reduktion der Nutzung auf Basis der Werte von 2010:
<table>
<tr><th>NR</th><th>Schutzkategorie</th><th>Bis 2020</th><th>2020 - 2050</th><th>2050 - 2100</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Nationalparks/Biosphärenparks (Kernzonen), Wildnisgebiet Dürrenstein, Naturwaldreservate</td><td colspan="3">Nutzungsverzicht – steigt von aktuell 1,2 % auf 5% der Ertragswaldfläche an (bis 2100).</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Basis sind die Laub- und Nadelholz-Erntemengen im Referenzszenario 8.5 im Jahr 2010 in</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

				der jeweiligen Schutzkategorie		
		2	Nationalparks/Biosphärenparks (Außenzonen), Natura 2000	20%	30%	40%
		3	Weitere Schutzgebiete (z.B. Landschaftsschutz) und Wanderkorridore	10%	15%	20%
		4	Alle anderen Ertragswaldflächen	5%	10%	15%

Weitere Annahmen für alle Szenarien:

- Die weitere Nachfrage nach Holz (mengenmäßig und in Zusammensetzung) und die dementsprechende Waldbewirtschaftung entspricht dem Verhalten der Akteure der letzten Jahre und ist beeinflusst durch die gleichen Rahmenbedingungen wie derzeit. Die Produktion der Säge-, Platten- und Papierindustrie sowie die energetische Nutzung von Holz folgen den Marktgegebenheiten. Das Verhalten der Marktakteure bleibt sonst über den Zeitraum konstant. Die Importe von Sägerundholz, Industrieholz, Altpapier und Brennholz folgen den Marktgegebenheiten und haben eine Obergrenze der Verfügbarkeit.
- Wirtschaftswachstum: für Österreich bis 2018 entsprechend Statistik Austria/WIFO, bis 2050 entsprechend OECD GDP long-term forecast; 2051+: 1,6% jährlicher BIP Zuwachs (Durchschnitt OECD GDP long-term forecast 2041-2050), für Competitor (i.e. OECD) 2017-2050 OECD GDP long-term forecast; 2051+: 1,7% (Durchschnitt 2041-2050)
- Ölpreis: bis 2050 entsprechend der EIA (Annual Energy Outlook 2017): danach jährlich +0,7% (durchschnitt EIA Annual Energy Outlook 2017, Reference Case 2041-2050)
- Waldfläche bleibt konstant (Ertragswaldfläche: 3,366 Mio. ha).
- Es wurden keine weiteren Maßnahmen in den Szenarien simuliert (z.B. Zuwachs-, Effizienzsteigerungen im Wald etc.), ab einer Grenze von durchschnittlich 280 VfmS/ha (auf den gesamten Ertagswald bezogen) der potenzielle Einschlag verringert, um eine Übernutzung zu vermeiden.
- Bei der Berechnung der vermiedenen Emissionen bzw. Emissionen durch Ersatzdienstleistungen wurden die Zusammensetzung des Energieträger-Mixes und die weitere Entwicklung gemäß aktuellen österreichischem WEM-Szenario bis 2050 unterstellt. Nach 2050 wurde ihre Zusammensetzung konstant gelassen. Die fossilen Lebenszyklus-Emissionen für die Produkte und damit die vermiedenen Emissionen durch Holzprodukte bzw. Emissionen aus Ersatzdienstleistungen nehmen somit bis 2050 laufend ab.

- Bei der Berechnung der vermiedenen Emissionen wurde unterstellt, dass die Nutzungsdauer der Holzprodukte und jene der Ersatzprodukte gleich lang sind. In einem Vorprojekt (Braun et al. 2016) wurde noch die konservative Annahme unterstellt, dass Holzprodukte nur eine halb so lange Nutzungsdauer wie die Ersatzprodukte hätten. Dafür gibt es jedoch keine Evidenz, weshalb in dieser Studie eine gleich lange Nutzungsdauer unterstellt wurde.

4.2 Simulation der Auswirkungen von Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen in der Waldbewirtschaftung auf C-Vorrat, Erntemengen und Holzversorgung des österreichischen Waldes (WP 3)

Die Ziele des Arbeitspakets waren:

- Simulation der Waldentwicklung unter sechs Szenarien von Klimawandel und Klimawandelanpassung im Wald
- Simulation der Holznutzung und –bereitstellung in den sechs Szenarien
- Simulation der C-Vorräte und deren Veränderung für den österreichischen Wald (Biomasse, Totholz, Waldboden) in den sechs Szenarien

Ergebnisse

Bei allen Szenarien mit einer den Trends der letzten Jahre entsprechenden Bewirtschaftung (Szenarien R4.5, R8.5, KAL) ist der Wald bis etwa 2070 eine ziemlich stabile (Kalamitäten-Szenario) oder eine leicht zunehmende CO_2-Senke (Referenzszenarien R4.5, R8.5, Baumartenwechsel-Szenario). Danach kommt es zu einer Trendumkehr und die Senkenfunktion nimmt rapide ab. Zwischen 2075 und 2095 wird der Wald zu einer CO_2-Quelle, die beim Referenzszenario R4.5 nur schwach, beim Referenzszenario R8.5 sowie beim Kalamitätenszenario recht deutlich ausgeprägt ist.

In Bezug auf den Waldboden zeigen die Simulationsergebnisse, dass dieser derzeit weder eine Quelle noch eine Senke von CO_2 ist und keine langfristige Senkenfunktion übernimmt. Allen Szenarien ist gemeinsam, dass der zeitliche Verlauf der Quellen-/Senkenfunktion des Waldbodens dem des Waldes folgt, da der Kohlenstoffvorrat im Boden ganz wesentlich vom Kohlenstoffinput von der stehenden Biomasse bestimmt wird. Abweichungen der zeitlichen Verläufe ergeben sich, weil die Produktivität der Baumbiomasse und der Abbau von Bodenkohlenstoff unterschiedlich sensibel auf Temperaturänderungen reagieren. Aus bodenkundlicher Sicht ist es plausibel, dass bei wärmeren Bedingungen die mikrobielle Tätigkeit im Waldboden erhöht wird, sodass die organische Substanz des Bodens abgebaut wird. Dieser Effekt ist konsistent zu erkennen. Ein Vergleich der Szenarien zeigt, dass nur beim Referenzszenario in Kombination mit dem Klimaszenario RCP 4.5, d.h. bei einer den Trends entsprechenden Bewirtschaftung und geringer Erwärmung, der Bodenkohlenstoffvorrat bis zum

Ende des Simulationszeitraumes vergrößert wird. Bei allen anderen Szenarien, die eine stärkere Erwärmung unterstellen, tritt eine Verringerung des Kohlenstoffvorrats im Boden ein, die zeitlich versetzt und in unterschiedlichem Ausmaß erfolgt.

Vergleich der Szenarien:

Referenzszenario R4.5

Im Jahr 2020 ist bei der eher geringen Erwärmung der Wald insgesamt eine CO_2-Senke und der Waldboden ist eine minimale Quelle für CO_2. Bis 2072 ist der Wald eine tendenziell zunehmende CO_2-Senke und wird ab 2090 zu einer geringfügigen CO_2-Quelle. Der Waldboden folgt mit einer kleinen Verzögerung und pendelt sich um einen Nullwert ein. Der Waldboden kann dann die langfristige Senkenfunktion nur zu einem geringen Teil erfüllen.

Referenzszenario R8.5

Bei einer stärkeren Erwärmung reagiert der Wald analog wie bei RCP 4.5, nur mit einer deutlich stärkeren Auslenkung in Richtung Quelle. Der Waldboden stellt in Zukunft nur eine geringe Senke für CO_2 dar. Ab 2090 wird der Waldboden eine deutliche CO_2-Quelle. Weder der Waldboden noch das Gesamtsystem Wald kann die Rolle als CO_2-Senke langfristig erfüllen.

Kalamitätenszenario (KAL)

In diesem Szenario wurde die Anfälligkeit von Waldbeständen gegenüber Schadereignissen erhöht und die jährliche Niederschlagsmenge um 20% reduziert. Der Wald wird dadurch zu einer stärkeren Quelle verglichen mit den Referenzszenarien. Durch die Schadholz-bedingte Zunahme der Gesamtnutzungsmenge bei gleichzeitigem Rückgang des laufenden Zuwachses wird der Fluss von organischer Substanz zum Waldboden verringert. Der Effekt des Humusabbaus ist daher etwas höher als in einem Szenario mit derselben Erwärmung, bei dem weniger Kalamitäten auftreten.

Die folgenden Bewirtschaftungsänderungsszenarien haben das Klima von R8.5 als Basis und sollten daher nur mit dem R8.5 Szenario verglichen werden:

Umtriebszeitverkürzungsszenario (UZV)

Um der mit zunehmendem Alter steigenden Gefahr von Schadereignissen entgegenzuwirken, kann die Umtriebszeit verkürzt werden. Allerdings nimmt man dadurch in Kauf, dass die Senkenfunktion des Waldes schnell verschwindet. Bei der Umtriebszeitverkürzung wird der Wald aufgrund des Vorratsabbaus bereits ab dem Jahr 2033 zu einer CO_2-Quelle und bleibt dies bis zum Ende des Simulationszeitraumes. Die Waldböden werden dadurch weniger effiziente CO_2-Senken und entwickeln sich ab etwa 2090 zu einer konsistenten Quelle von CO_2.

Baumartenwechselszenario (BAW)

Das Ziel der Schaffung von resilienten Wäldern ist mit der Vorstellung verbunden, dass Laubwälder der Klimaänderung gegenüber stabiler sind.

Aufgrund der simulierten weiteren Holzverwendung wie bisher wird der steigende Laubholzvorrat bei der stofflichen Holzverwendung weniger genutzt und dieses Szenario daher ab etwa 2080 eine geringere Wald-Quelle bzw. stärkere -Senke als Szenario R8.5 darstellt. Der Wald wird ab 2110 wieder zur Senke und ab 2130 abermals zu einer schwachen Quelle. Bei den Laubwäldern ist der Input an organischer Substanz in die Böden geringer als bei den aktuellen nadelholz-dominierten Wäldern, und die CO_2-Senke Waldboden kann nur bis zum Ende des Jahrhunderts aufrechterhalten werden. Danach ist der Waldboden durchgehend eine CO_2-Quelle.

Vorratsaufbauszenario (VAU)

Beim Szenario des Vorratsaufbaues bei gleichzeitig starker Erwärmung stellt die Baumbiomasse als Konsequenz der weniger intensiven Bewirtschaftung auf einem Teil der Flächen eine stärkere Senke für CO_2 dar. Der jährliche Vorratsaufbau entspricht etwa ¾ jenes, der gemäß Waldinventur im Zeitraum 1980 bis 2009 in Österreichs Wald beobachtet wurde. Auch der Waldboden ist eine Senke für CO_2. Der Effekt der Nutzungsreduktion ist aber zeitlich begrenzt. Langfristig schlägt das Klima–Signal durch und der Waldboden wird zu einer Quelle von CO_2. Beim Vorratsaufbauszenario baut sich die Senkenfunktion des Waldes bis etwa 2070 wesentlich stärker auf als bei den Szenarien mit einer den Trends der letzten Jahre entsprechenden Bewirtschaftung. Allerdings kommt es auch in diesem Fall ab 2070 zu einer Trendumkehr mit einer deutlichen Abnahme der Senkenfunktion. Spätestens ab 2125 wir der Wald auch in diesem Szenario zu einer CO_2-Quelle.

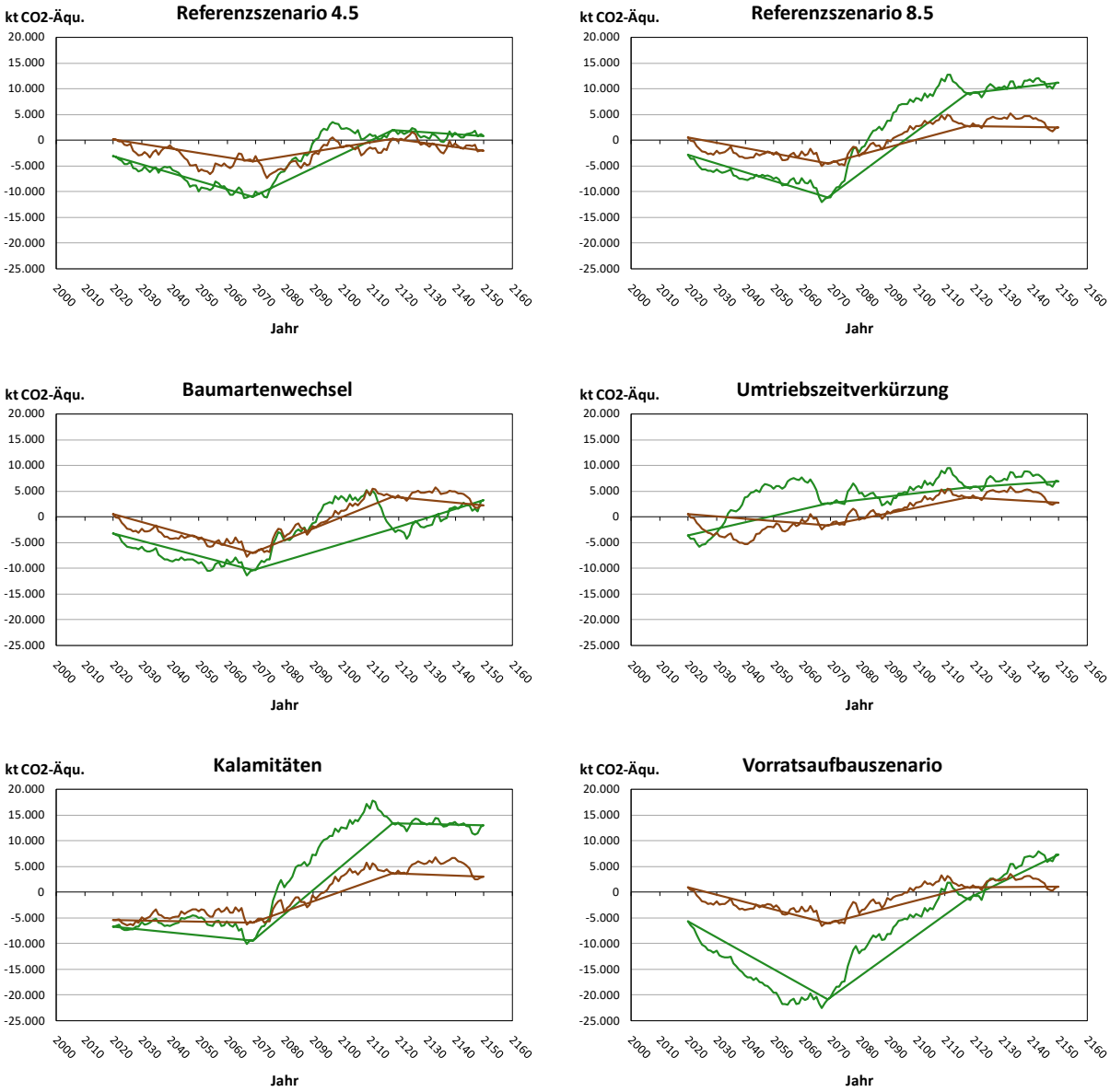


Abbildung 1. Quellen- (positiver Bereich) bzw. Senkenfunktion (negativer Bereich) des gesamten Waldes (grüne Linie) sowie des Waldbodens (braune Linie) für die sechs simulierten Bewirtschaftungs-/Klimaszenarien.

4.3 Simulation der Effekte der Auswirkungen von Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen in der Waldbewirtschaftung auf den Holzproduktepool aus Einschlag aus dem Österreichischen Wald (inkl. energetischer Nutzung) (WP 4)

Die Ziele des Arbeitspakets waren:

- Simulationen von Veränderungen in der Holzrohstoffversorgung in der österreichischen Wertschöpfungskette Holz (basierend auf den in WP2 definierten Szenarien)
- Bewertung der Auswirkungen der in WP2 definierten und aus WP3 folgenden Effekte für die gesamte Wertschöpfungskette Holz

- Abschätzung der Produktion von Holzendprodukten (so genannte Holzendprodukte zuzüglich energetisch genutztem Holz) als Input für WP5
- Treibhausgasbilanzierung der Pools von Schnittholz, Span- und Faserplatten sowie Papier und Pappe
- Bewertung von Unsicherheiten für jedes der simulierten Szenarien
- Der hier dargestellte Holzproduktpool umfasst die Menge von Holzprodukten, welche ausschließlich aus Holz aus dem österreichischen Wald produziert werden (ohne jene, die aus importieren Rohholz erzeugt werden).

Ergebnisse

Im Hinblick auf die Verfügbarkeit von Sägerundholz (Nadel und Laub) entwickeln sich die *Referenzszenarien R4.*5 und *R8.*5 ähnlich (Abbildung 2a), beim Industrieholz (Nadel und Laub) ist eine reduzierte Verfügbarkeit im *Referenzszenario R8.*5 zu bemerken (Abbildung 2b). Dieser Unterschied wird durch eine Reduktion des Holzaufkommens aus Durchforstungsmaßnahmen verursacht, die hauptsächlich durch die unterschiedlichen Klimaszenarien bedingt ist (cf. WP3). Sowohl für Sägerundholz als auch für Industrierundholz zeichnet sich beim *Kalamitätenszenario* eine Reduktion der Holzverfügbarkeit gegen Ende des Simulationszeitraumes ab. Dieser Unterschied ist hauptsächlich durch einen Rückgang des Angebots an hiebsreifem Holz bedingt. Das *Umtriebszeitverkürzungsszenario* zeigt zunächst eine Erhöhung des Angebots an Holz aus dem Wald zwischen 2025 (i.e. Annahme des Zeitpunkts, an dem die erlaubte Hiebsreife herabgesetzt wird) und 2080 (für Sägerundholz) bzw. 2120 (für Industrieholz).

Im *Baumartenwechselszenario* ist in Abbildung 2 eine massive Reduktion des Angebots an Rohholz festzustellen. Hier ist bei Nadelholz in der Vornutzung bereits ab ca. 2045 eine absolute Verknappung festzustellen, während das Angebot an Nadelholz für die Endnutzung ab 2100 massiv zurückgeht. Obwohl ab ca. 2050 das Laubholzangebot (Vornutzung und Endnutzung) durch den Baumartenwechsel stark zunimmt verändert dies das Angebot an Rundholz nicht. Dies liegt in den für das Szenario definierten *ceteris paribus* Bedingungen, für die u.a. angenommen wurde, dass seitens der Holzwirtschaft keine konkreten Anpassungsmaßnahmen gesetzt werden um Laubholz anders als bisher zu verarbeiten. Da historisch gesehen ca. 70 % des Laubholzes energetisch genutzt werden, fließt das Mehrangebot an Laubholz im *Baumartenwechselszenario* vorwiegend in die energetische Nutzung.

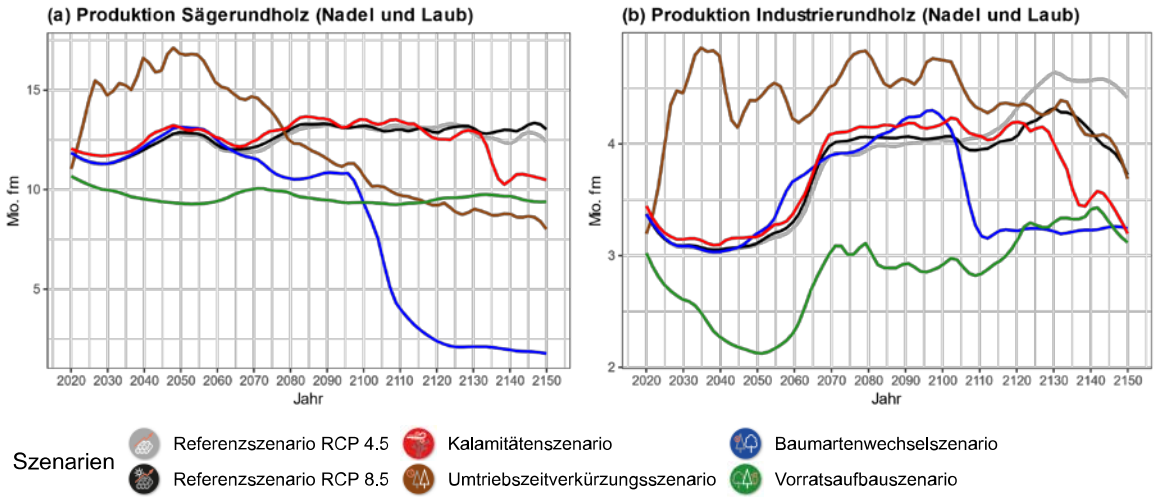


Abbildung 2. (a) Produktion an Sägerundholz (Nadel und Laub) aus dem öst. Wald, (b) Produktion an Industrierundholz (Nadel und Laub) aus dem öst. Wald

Die Produktion an Schnittholz (Abbildung 3a) folgt im Großen und Ganzen der Verfügbarkeit an Sägerundholz (Abbildung 2a). Die Importverfügbarkeit spielt zwar eine Rolle in Bezug auf die Entwicklung der Kapazität der Sägeindustrie und somit auf den Einschnitt an Rundholz aus dem öst. Wald, jedoch spielen hier Unterschiede in den Szenarien eine untergeordnete Rolle. Die Produktion an Papier und Pappe reagiert sensitiv auf die Verfügbarkeit an Industrierundholz.

Im Hinblick auf Holzprodukte entwickelt sich die Kohlenstoffdynamik in allen Szenarien bis ca. 2080 positiv (Treibhausgassenke, Abbildung 4b). Bei *Referenzszenario R4.5* und Referenzszenario R8.5 sind weiterhin leichte Senkeneffekte bis ca 2130 feststellbar. Das *Vorratsaufbauszenario* stagniert ab ca. 2070. Beim *Umtriebszeitverkürzungsszenario* sorgt der Rückgang an hiebsreifem Holz (Endnutzung) ab ca. 2080 dafür, dass das System Holzprodukte zur Quelle wird. Beim *Baumartenwechselszenario* ist die Verknappung an Nadelsägerundholz die treibende Kraft. Über alle Szenarien gesehen (mit Ausnahme des *Baumartenwechselszenarios*) ist 2150 der in Holzprodukten gespeicherte Kohlenstoff im Vergleich zu 2010 höher (Abbildung 4a).

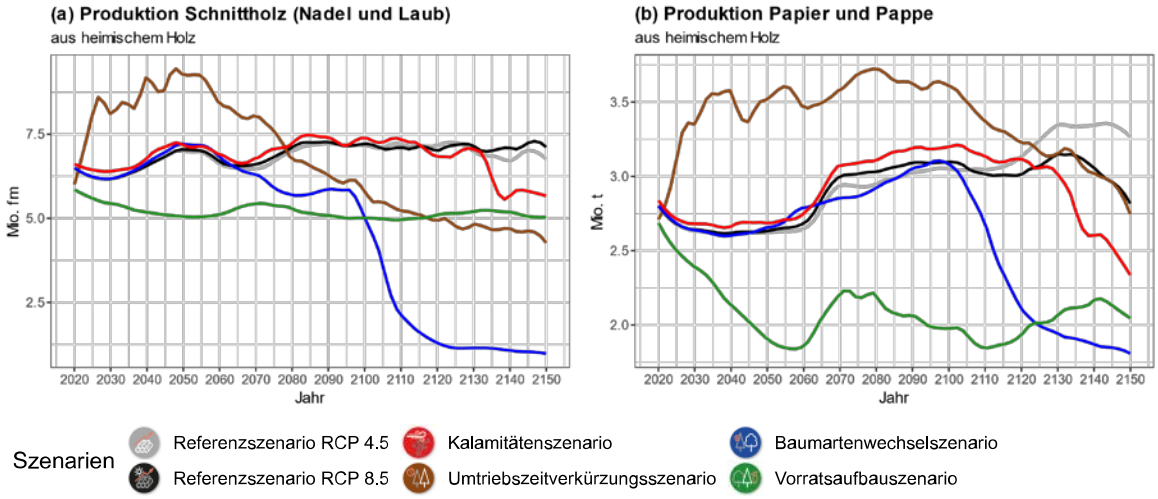


Abbildung 3. (a) Produktion von Schnittholz (Nadel und Laub) aus heimischem Einschlag; (b) Produktion von Papier und Pappe aus heimischem Einschlag

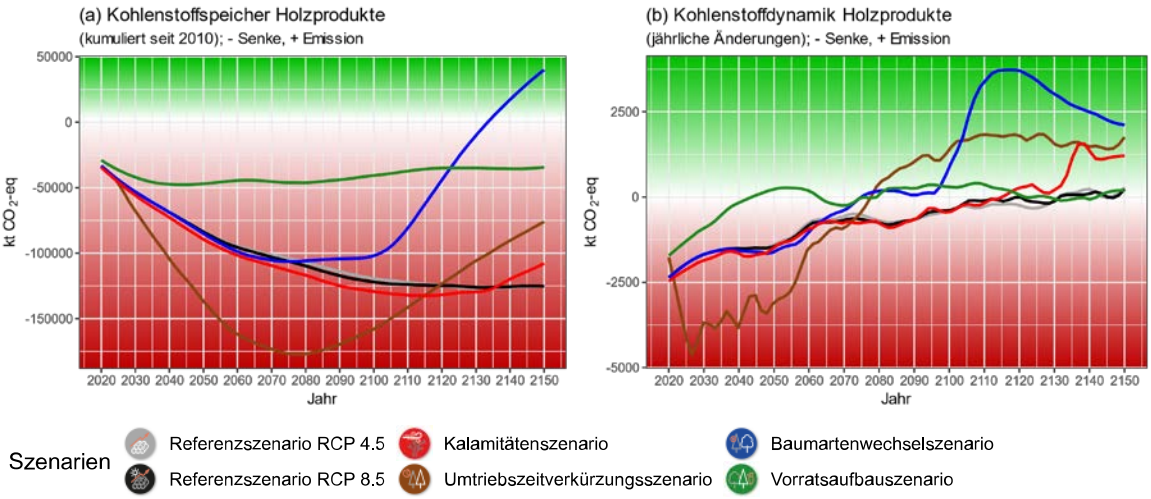


Abbildung 4. (a) Gespeicherter Kohlenstoff (kumulierte jährliche Änderungen seit 2010) für Halbwaren aus Holz (i.e. Schnittholz, Span- und Faserplatten, Papier und Pappe), (b) Jährliche Änderungen (Zuflüsse minus Abflüsse) für Halbwaren aus Holz. Berücksichtigt ist nur Holz aus heimischem Einschlag.

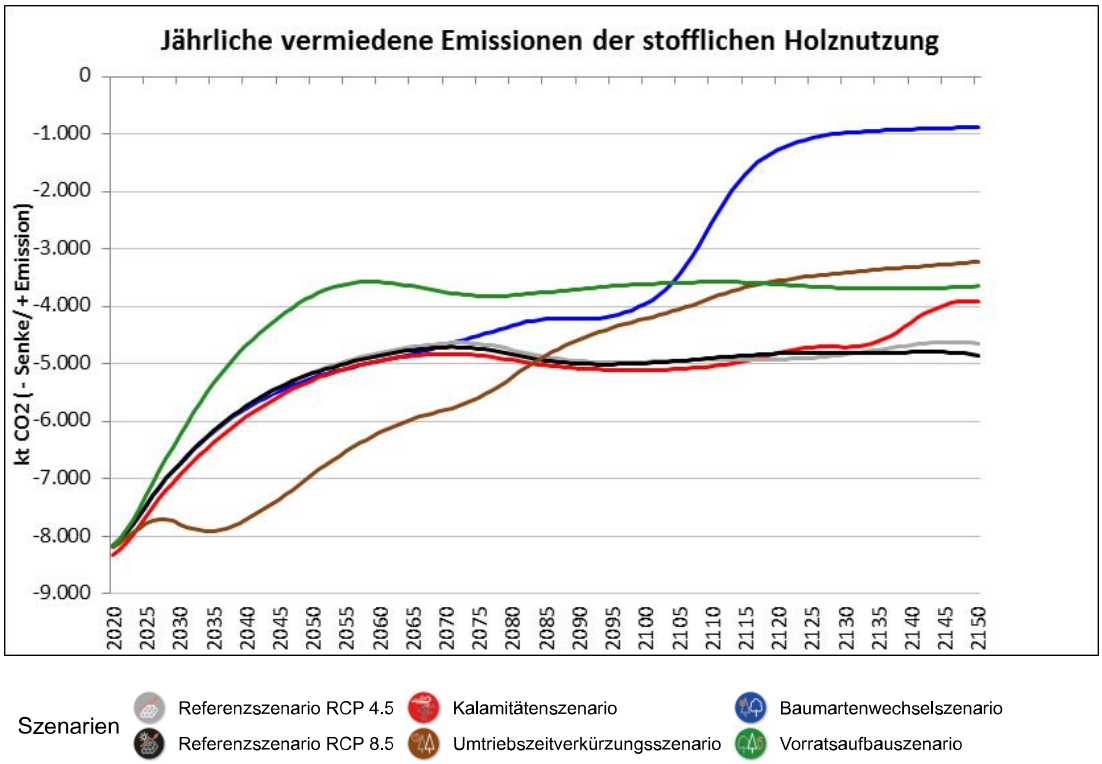
4.4 Analyse der Lebenszyklus-THG-Emissionen von Holz- und Ersatzprodukten (WP 5)

Die Ziele des Arbeitspakets waren:

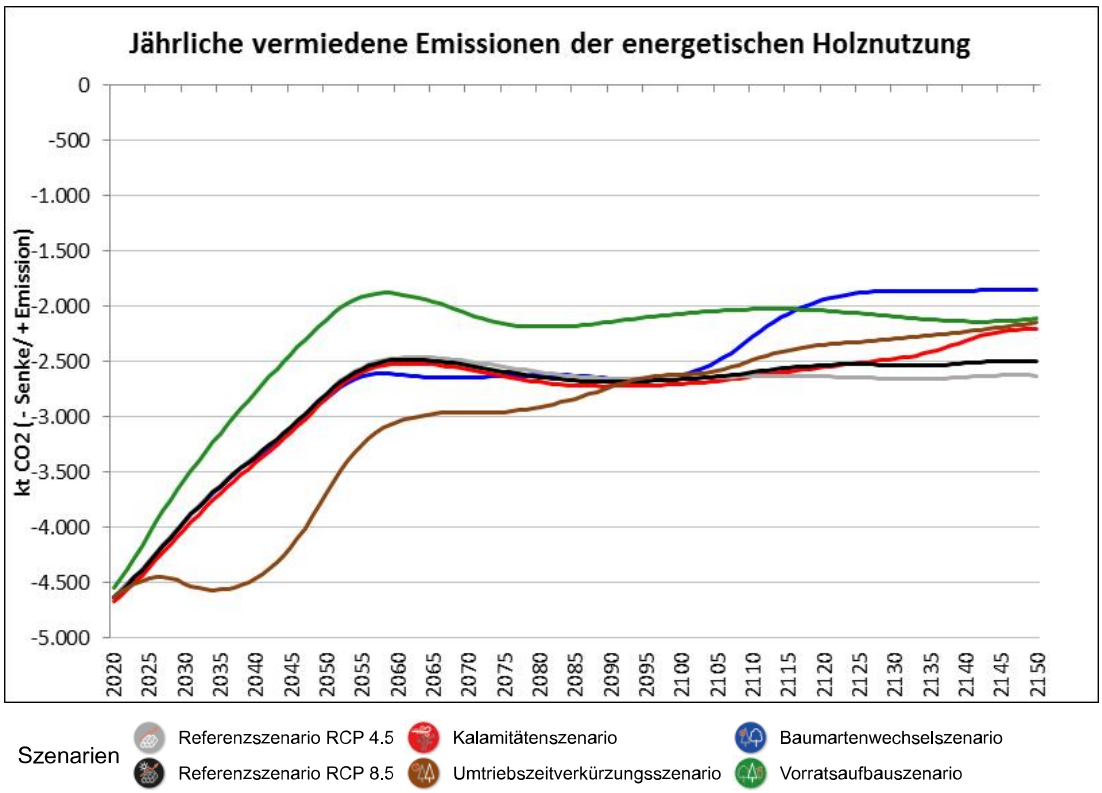
- Berechnung der THG-Emissionen über den Lebenszyklus von Holzprodukten/-brennstoffen und Ersatzprodukten mit dem österreichspezifischen Software Programm GEMIS (Global Emission Model for Integrated Systems)
- Berechnung der vermiedenen/zusätzlichen THG Emissionen durch die Fertigprodukte/Brennstoffe aus Holz aus dem österreichischen Wald entsprechend WP5 im Vergleich zu Ersatzprodukten/-brennstoffe aus anderen Materialen für die Szenarien gemäß WP2 als Input für WP6

Ergebnisse

Die einfache Differenz der THG Emissionen der Holzprodukte und der THG Emissionen der Ersatzprodukte aus anderen Materialien ergibt die Substitutionsemission. Für sämtliche Einsatzbereiche weisen die Holzprodukte geringere THG-Emissionen über den Lebenszyklus auf als die Ersatzprodukte aus anderen Materialien, es werden durch Holzprodukte durchwegs Emissionen vermieden – in der Folge wird daher von „vermiedenen Emissionen“ berichtet. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der vermiedenen Emissionen im Simulationszeitraum für die einzelnen Szenarien.



a)



b)

Abbildung 5: Entwicklung der Substitutionsemissionen (i.e. vermiedenen Emissionen durch Holzprodukte) in den sechs Szenarien in kt CO2eq von 2020 bis 2150, getrennt in a) stoffliche und b) energetische Holznutzung.

Die Abbildung verdeutlicht das hohe THG Einsparpotential von Holz gegenüber Substitutionsmaterialien. Durch die Verbesserung bei den Emissionsfaktoren sowie die Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energieträgern bei Haushalten und Dienstleistungen nehmen die Substitutionsemissionen bis 2050 ab. Beim Szenario Baumartenwechsel bricht die Verfügbarkeit von Nadelholz ein und damit die vermiedenen Emissionen. Auch beim Szenario Umtriebszeitverkürzung reduziert sich die verfügbare Holzmenge deutlich.

Zusammenfassend werden im Jahr 2020 rund 40% des Holzaufkommens stofflich und rund 60% energetisch (inkl. Kaskadennutzung) genutzt. Die vermiedenen THG Emissionen aus der stofflichen Holznutzung sind jedoch in allen Szenaren deutlich höher als beim energetischen Holzeinsatz. Dies verdeutlicht die Sinnhaftigkeit der kaskadischen Holznutzung mit stofflichem Einsatz in langlebigen Holzprodukten.

Insgesamt können entsprechend den Berechnungen im Jahr 2020 rund 12 Mio. Tonnen CO_2-Äquivalente durch den modellierten Holzeinsatz vermieden werden. Zum Vergleich im Jahr 2018 betrugen die jährlichen Treibhausgas-Emissionen Österreichs rund 79 Mio. Tonnen CO_2-Äquivalente (Umweltbundesamt 2020). Ab dem Jahr 2050 zeigen sich in den Ergebnissen – mit Ausnahmen im Szenario Baumartenwechsel – vermiedene Emissionen in der Höhe von 6 bis 8 Mio. Tonnen CO2-Äquivalente, das entspricht in etwa 10 Prozent der aktuellen Treibhausgas-Emissionen Österreichs.

In Summe werden bei den Referenzszenarien R4.5 und R8.5 in 130 Jahren durch den Einsatz von Holz bei der energetischen Substitution rund 360 Millionen und bei der stofflichen Nutzung rund 670 Millionen Tonnen CO_2eq Emissionen vermieden (in Summe etwa 1000 Millionen Tonnen CO_2eq).

Sensitivitätsanalysen mit unterschiedlichem Energiemix (Abbildung 6) sowie einer Erhöhung der Nutzungsdauer der Substitutionsprodukte (Abbildung 7) verändern die eingesparten Emissionen durch Holzprodukte/-brennstoffe über 130 Jahre: Eine Entwicklung mit deutlich höheren Anteilen an erneuerbaren Energieträgern bis 2050 (rd. 80 % statt 40 % in den R-Szenarien) senken die vermiedenen Emissionen durch Holzprodukte/-brennstoffe auf 900 Millionen Tonnen CO_2eq, während eine Unterstellung eines fortlaufenden Ersatzes eines rein fossilen Energiemixes in der Energiedienstleistung durch Holz die vermiedenen Emissionen gegenüber den Ergebnissen der R-Szenarien auf rd. 1700 Millionen Tonnen CO_2eq ansteigen lassen würde. Eine Unterstellung einer doppelt so langen Nutzungsdauer der Ersatzprodukte wie der Holzprodukte würde die vermiedenen Emissionen in der stofflichen Nutzung ebenfalls deutlich senken, aber dennoch insgesamt vermiedene Emissionen durch Holzprodukte zur Folge haben. Selbst diese Annahmen in der Sensitivitätsanalyse sehr zum Nachteil von Holz zeigen also immer noch einen erheblichen Vorteil bei den THG Emissionen durch die Nutzung von Holz. Dies bestätigt die Schlussfolgerungen aus Sensitivitätsanalysen zu den vermiedenen THG-Emissionen durch Holzprodukte des Vorgängerprojekts (Braun et al. 2016).

Insgesamt wurde in beiden Projekten die Sensitivität der folgenden Annahmen zu Parametern getestet, die die Menge der vermiedenen Emissionen beeinflussen: der Einfluss der Lebensdauer sowohl der Holzprodukte als auch der Ersatzprodukte aus anderen Materialien, der Einfluss eines anderen Produktmixes, der die Holzprodukte ersetzt, und ein anderer Trend der Dekarbonisierung in den nächsten Jahrzehnten. Die Lebensdauer beeinflusst die vermiedenen Emissionen deutlich: Wenn die Lebensdauer von Holzprodukten nur ein Viertel der Lebensdauer der Ersatzprodukte betragen würde, würde sich die THG-Vermeidung durch Holzprodukte in das Gegenteil umkehren, nämlich zusätzliche THG-Emissionen aus der Verwendung von Holzprodukten im Vergleich zu den Ersatzprodukten für einige Verwendungszwecke (Bau, Möbel, Verpackung). Dies ist jedoch eine sehr unrealistische Annahme. Wenn die Lebensdauer von Holzprodukten nur die Hälfte der Lebensdauer der Ersatzprodukte betragen würde, gibt es bereits deutliche THG-Vermeidung durch Holzprodukte, die bei gleicher Lebensdauer noch ausgeprägter sind. Hinsichtlich der Auswirkungen eines anderen Materialmixes, der die Holzprodukte ersetzt, wurde kaum ein signifikanter Einfluss auf die resultierenden vermiedenen Emissionen beobachtet (Pölz et al. 2015, Braun et al. 2016). Die Sensitivitätsanalyse für vermiedene Emissionen in CareforParis bestätigte den Einfluss der Lebenszeit auf die vermiedenen Emissionen und zeigte auch einen signifikanten Einfluss des zukünftigen Dekarbonisierungspfades auf die vermiedenen Emissionen. Je höher der Dekarbonisierungspfad, desto geringer die THG-Vermeidung von Holzprodukten. Doch selbst bei einem sehr ehrgeizigen künftigen Dekarbonisierungspfad sparen Holzprodukte im Vergleich zu Ersatzprodukten Treibhausgasemissionen ein. Daher können die THG-Einsparungen durch die Verwendung von Holzprodukten anstelle von Ersatzprodukten als ein robustes Ergebnis angesehen werden.

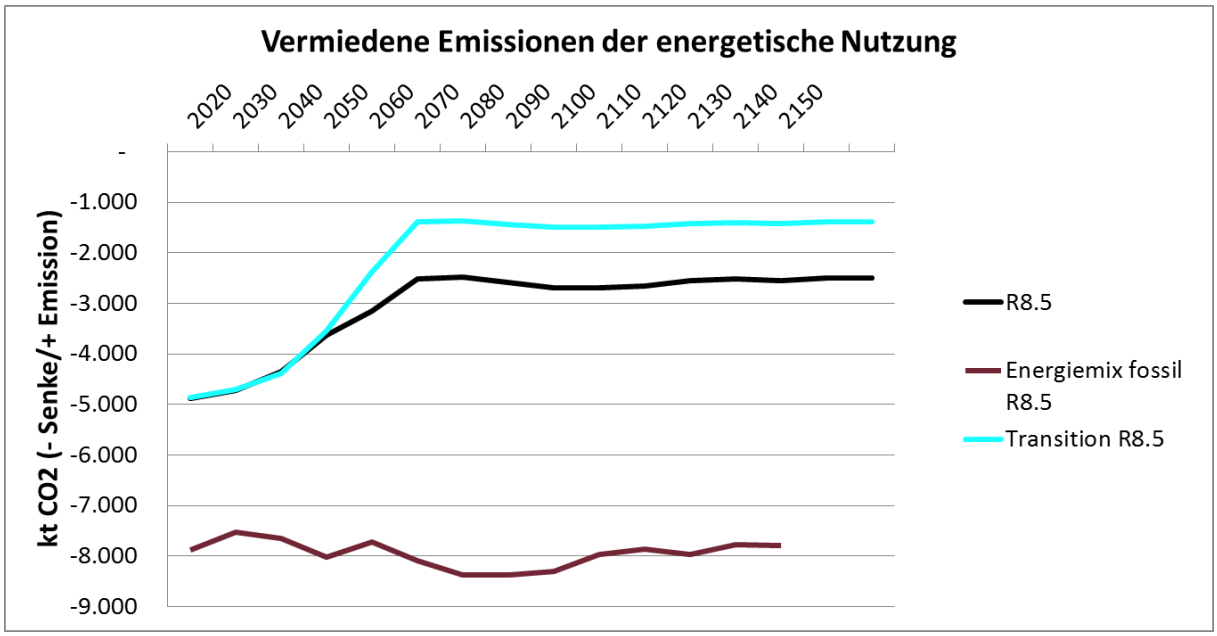


Abbildung 6: Sensitivitätsanalyse: Entwicklung der Substitutionsemissionen (i.e. vermiedenen Emissionen durch Holzprodukte) für die energetische Holznutzung im R8.5 Szenario und bei Annahme eines stärkeren Einsatzes erneuerbarer Energieträger bis 2050 („Transition R8.5“ - rd. 80 % statt 40 % in den R-Szenarien) bzw. bei Annahme eines fortwährenden Ersatzes fossiler Energieträger durch Holzprodukte („Energiemix fossil R8.5“).

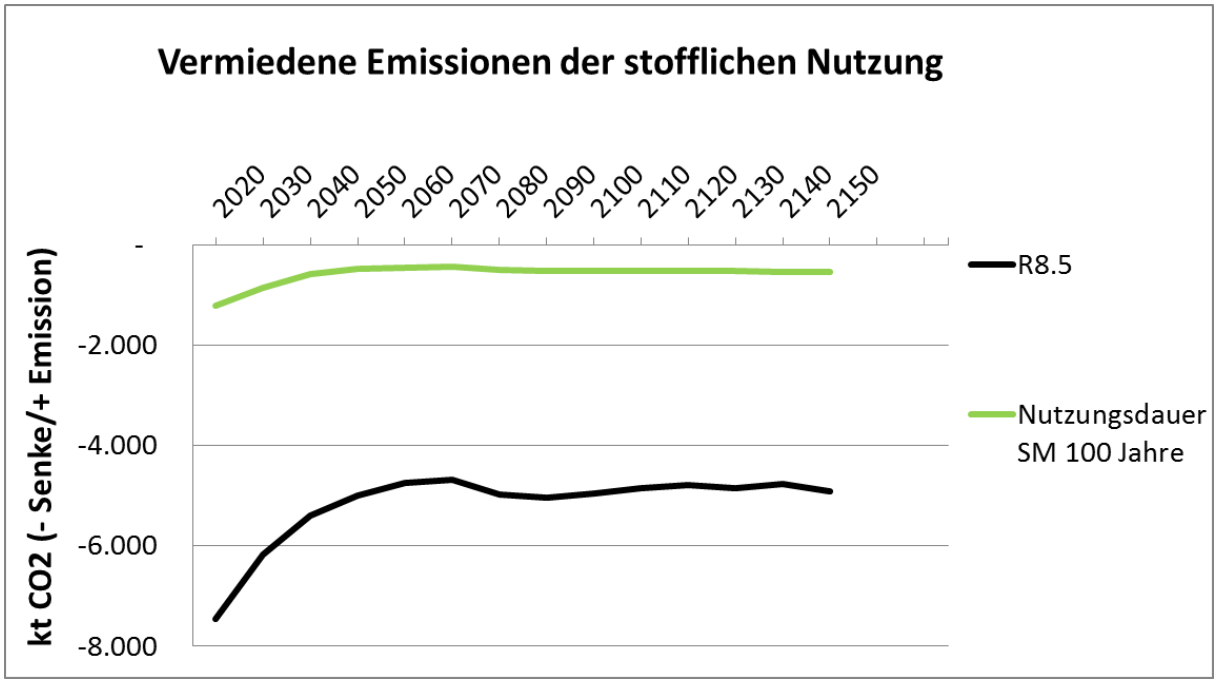


Abbildung 7: Sensitivitätsanalyse: Entwicklung der Substitutionsemissionen (i.e. vermiedenen Emissionen durch Holzprodukte) für die stoffliche Holznutzung im R8.5 Szenario und bei Annahme einer doppelt so langen Nutzungsdauer der Substitutionsmaterialien (SM) wie bei Holzprodukten.

4.5 Analyse der Effekte der Szenarien auf die THG-Bilanz des waldbasierten Sektors Österreichs (WP 6)

Die Ziele des Arbeitspakets waren:

- Gesamtbetrachtung und Analyse der THG-Bilanz des waldbasierten Sektors für die Szenarien (Wald, Holzprodukte-Pool, vermiedene Emissionen bzw. Emissionen aus notwendigem Ersatz durch Produkte aus anderen Rohstoffen)

Ergebnisse

Trotz unterstellter steigender Dekarbonisierung wird durch die Verwendung von Holz eine erhebliche Menge an THG-Emissionen vermieden, im R4.5 Szenario mehr als doppelt so viel wie die Wald- und HWP-Senke darstellt (R4.5 Szenario in Abbildung 8). Die Ergebnisse von CareforParis zeigen somit, dass der größte Hebel des waldbasierten Sektors für den Klimaschutz der Ersatz fossiler Rohstoffe durch Holzprodukte und die damit vermiedenen Emissionen ist. Der Gesamteffekt Wald-, HWP-Senke und vermiedene Emission entspricht bis 2150 etwa 20 jährlichen THG-Emissionen Österreichs.

Stärkerer Klimawandel kann die Treibhausgasbilanz des Waldes verschlechtern. Demnach stellt der Wald im Szenario R8.5 mit stärkerem Klimawandel und im Szenario KAL mit unterstellter weiterer Zunahme von Kalamitäten eine deutliche Emissionsquelle dar. Bis 2150 ist das R 8.5 Szenario kumuliert um acht jährliche THG-Emissionen Österreichs und das KAL Szenario um 13 jährliche THG-Emissionen Österreichs schlechter als das R 4.5 Szenario (Abbildung 8).

Auch erforderliche Klimawandel-Anpassungen im Wald können die THG-Bilanz des waldbasierten Sektors deutlich verschlechtern. Das Szenario mit unterstellter Umtriebszeitverkürzung (UZV) zur Vorbeugung von Sturmwürfen weist bis 2150 sechs jährliche THG-Emissionen Österreichs mehr als das Szenario R8.5 auf. Der Wald im UZV Szenario wird v.a. durch den anpassungsbedingten Vorratsabbau zur stärkeren Quelle (UZV Szenario in Abbildung 8). Aufgrund geringerer verfügbarer Holzressourcen im Vergleich zum R8.5 Szenario werden im UZV-Szenario auch zusätzliche fossile Emissionen durch Ersatzdienstleistungen von Produkten aus anderen Rohstoffen erforderlich. Diese entsprechen bis 2150 zwei zusätzlichen jährlichen THG-Emissionen Österreichs.

Baumartenwechsel (BAW Szenario; mehr Laubholz) als Klimawandel-Anpassung stellt unter den unterstellten Rahmenbedingungen eine deutliche THG-Senke im Wald und eine THG-Quelle von Holzprodukten dar. Grund dafür ist die simulierte gleichbleibende Holzverwendung, weshalb das Mehr an Laubholz nicht das fehlende Nadelholz in diesem Szenario ersetzt und daher weniger Holz genutzt wird. Dies führt auch zu geringeren vermiedenen Emissionen und erfordert zusätzliche fossile Emissionen aus Ersatzdienstleistungen durch Nicht-Holz-Produkte für die entfallenden Holzmengen im Ausmaß von 4,5 jährlichen THG-

Emissionen Österreichs (Abbildung 8). Bei fortschreitendem Baumartenwechsel im Österreichischen Wald wäre eine Anpassung der Holzverwertung und -nutzung erforderlich, um dieses Ergebnis zu verbessern.

Das Szenario mit moderatem Vorratsaufbau (Szenario VAU – bei CareforParis auf Standorten mit den besten Bonitäten) zeigt zwar das beste LULUCF Ergebnis (i.e. Summe der Wald- und HWP-Senke), allerdings bedeutet die Reduktion der Nutzung gegenüber R8.5 (Referenzszenario 8.5), dass zusätzliche fossile THG-Emissionen für die Ersatzdienstleistung zu den entfallenden Holzprodukten durch Nicht-Holz-Produkte im Ausmaß von vier jährlichen THG-Emissionen Österreichs bis 2150 notwendig werden (Szenario VAU in Abbildung 8). Die Strategie einer Reduktion der Nutzung gegenüber dem business-as-usual, wie in Szenario VAU unterstellt, ist somit der notwendigen Dekarbonisierung zur Erreichung der Paris-Agreement Ziele nicht förderlich, da eine verringerte Holznutzung zu zusätzlichen Emissionen von fossilem Kohlenstoff in den CO_2-Kreislauf führt.

Unterschiedliche Klimawandeltrends, Strategien der Klimawandelanpassung und Bewirtschaftung des Österreichischen Waldes haben einen bedeutenden Einfluss auf die THG-Wirkung des waldbasierten Sektors. Je nach Bewirtschaftungsszenario stellen der Wald plus die Holzproduktepools für 20 – 90 Jahre eine CO_2-Senke dar, danach eine Quelle (Abbildung 9) – insbesondere die Senkenwirkung des Waldes ist somit zeitlich begrenzt, während die vermiedene Emission durch Holzprodukte eine konstant positive THG-Wirkung über den betrachteten Simulationszeitraum darstellt (Abbildung 10). Das Ergebnis der Wald- und HWP-Senke zeigt für Szenario R4.5 mit moderater Klimaerwärmung in Zukunft die vergleichsweise geringere Quelle, ein Oszillieren um die Null-Linie – dies unterstützt Ergebnisse für andere Regionen und Landnutzungsbereiche, wonach Klimaschutz gemäß Paris-Agreement wichtig ist, um sekundäre emissionsverstärkende Wirkungen in Ökosystemen als Folge des Klimawandels zu minimieren.

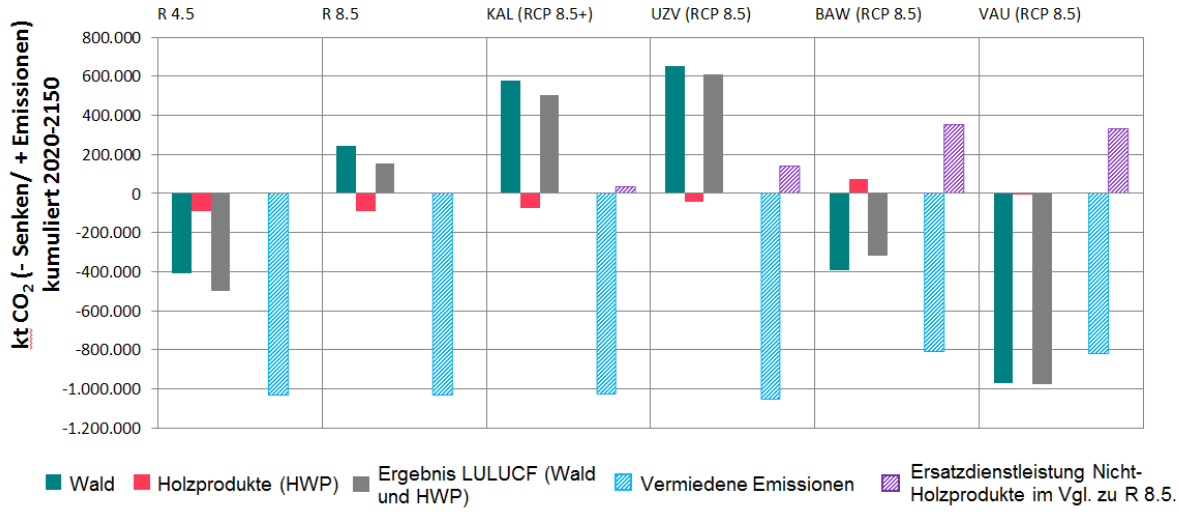


Abbildung 8. Kumulierte Emissionen (+) oder Senke und vermiedene Emissionen (-) der Szenarien im Simulationszeitraum 2020 bis 2100

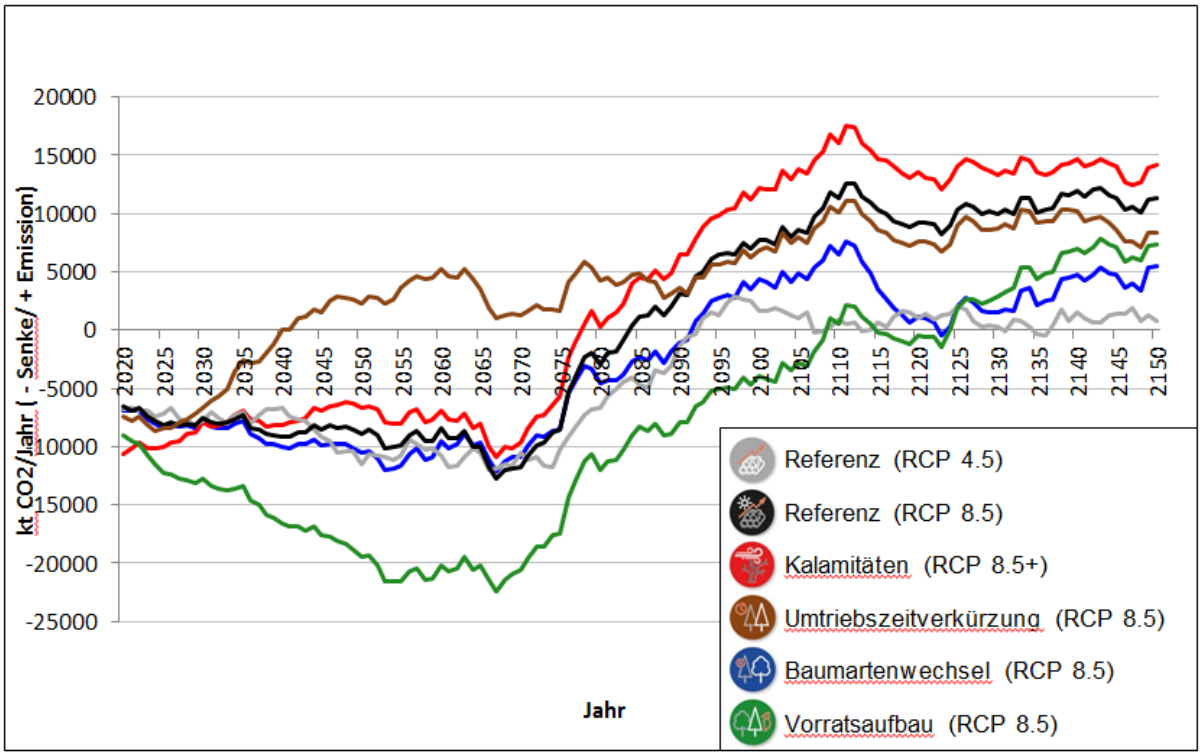


Abbildung 9. Jährliche Emission (+) oder Senke (-) durch Wald plus HWP in den Szenarien

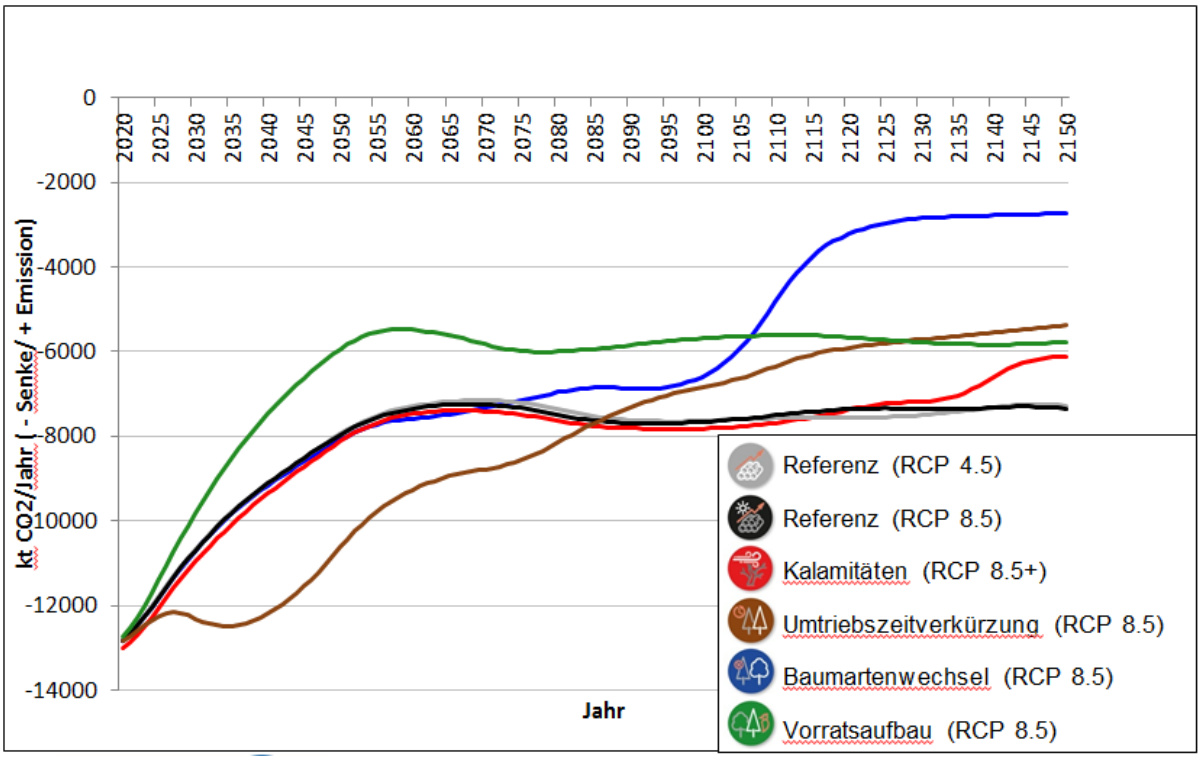


Abbildung 10. Jährliche vermiedene Emissionen (-) durch Holzprodukte in den Szenarien

Die vermiedenen Emissionen je geerntetem Vorratsfestmeter Stammholz aus Österreichs Wald betragen derzeit durchschnittlich etwa 0,46 t CO_2eq. Dazu

kommen noch durchschnittlich 0,14 t CO_2eq durch die damit verbundene Netto-Zunahme des Holzproduktepools. Insgesamt also etwa 0,6 t CO_2eq je geerntetem Vorratsfestmeter Stammholz. Zu beachten ist, dass in dieser Betrachtung die Waldbilanz nicht inkludiert ist, die jedoch derzeit ebenfalls eine CO_2-Senke darstellt, also positiv wirkt. Dieser Beitrag je geerntetem Vorratsfestmeter Stammholz ist veränderbar. Er wird umso höher, je mehr langlebige Holzprodukte aus dem geschlägerten Holz produziert werden, je länger die Holzprodukte in Verwendung sind und je mehr Emissionen fossiler Energieträger durch den Einsatz von Holzprodukten kompensiert werden können. Die Strategie, für welche Zwecke das Holz genutzt wird, hat also einen Einfluss auf das Treibhausgas-Ergebnis. Effiziente Ressourcennutzung und lange Lebensdauer sind auch bei Holzprodukten wichtig, um deren Treibhausgas-Bilanz zu verbessern.

Einige Anmerkungen zur Unsicherheit der Ergebnisse:

Es liegt in der Natur solch langer Simulationen eines komplexen Systems, das von verschiedenen unsicheren Eingangsparametern bezüglich zukünftiger Klimatrends (und damit verbundener Wetterextreme wie Dürren und Stürme), der wirtschaftlichen Entwicklung und ihrer Auswirkungen auf den gesamten waldbasierten Sektor abhängt, dass die Ergebnisse des Projekts mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet sind. Insbesondere mit dem Fortschreiten der simulierten Zeitspanne nimmt die Unsicherheit der Trends zu. Aufgrund der begrenzten Ressourcen war es nicht möglich und geplant, eine umfassende Unsicherheitsanalyse im Projekt auf Basis von Monte-Carlo-Simulationen und Definition der Unsicherheiten aller Eingangsparameter durchzuführen. Dennoch ist es für ein besseres Verständnis möglicher zukünftiger Entwicklungen in einem sich verändernden Umfeld unerlässlich, solche Szenario-Analysen durchzuführen. Für die Ergebnisse von CareforParis können dennoch einige Indikatoren auf die Unsicherheit genannt werden: Ergebnisse aus einer Sensitivitätsanalyse der vermiedenen Emissionen von Holzprodukten aus einem Vorgänger-Projekt zu CareforParis (Braun et al. 2016) sowie in CareforParis (Kapitel 2.2.4.4) bestätigen die Robustheit der nachgewiesenen vermiedenen Emissionen von Holzprodukten. Die verwendeten Modelle sind für die simulierten Rahmenbedingungen von CareforParis sehr gut geeignet, da sie auf Basis von gemessenen österreichischen Daten für die untersuchten Parameter über mehrere Jahrzehnte entwickelt und für diese Bedingungen validiert wurden (siehe Kapitel 2.2.3.3 bis 2.2.3.5). Die Eingangsdaten zu den Ausgangsbedingungen des österreichischen Waldes und der Holzwirtschaft basieren auf repräsentativen Langzeiterhebungen. Die Unsicherheiten in den Unterschieden zwischen den Szenarioergebnissen wurden erheblich reduziert, indem die Trends aller Inputparameter über die Szenarien hinweg konstant gehalten wurden, mit Ausnahme der Trends jener Einzelparameter, für die die Szenarien unterschiedlich definiert wurden. Folglich ist zu erwarten, dass Schlussfolgerungen, die auf den Unterschieden der Szenarienergebnisse basieren (z.B. THG-Vor-/Nachteile der einzelnen Szenarien), robuster sind als Schlussfolgerungen, die auf dem Niveau der Trends aller Szenarien aufbauen (z.B. jener Zeitraum, in dem die Wälder von einer THG-Senke zu einer Quelle werden). Dieser Tatsache wird durch eine vorsichtige Formulierung (z.B. "kann" statt "wird") und durch die Art und Weise, wie Schlussfolgerungen gezogen werden (z.B. durch die Angabe einer Zeitspanne von Jahrzehnten, in der sich die österreichischen Wälder von einer THG-Senke zu einer Quelle wandeln können), Rechnung getragen.

4.6 Analyse der ökonomischen Effekte der Szenarien auf den waldbasierten Sektor Österreichs (WP 7)

Die Ziele des Arbeitspakets waren:

- Untersuchung der Effekte durch die Verschiebung der Rohholz-Verfügbarkeit auf den Handel im waldbasierten Sektor
- Analyse der Wirkung der Szenarien auf die Wirtschaft des waldbasierten Sektors (WBS) und die österreichische Wirtschaft
- Empfehlungen für spezifische Maßnahmen um potenzielle negative Effekte durch Klimawandel und Klimawandelanpassung auf die Holzbasierte Industrie abzuwenden

Ergebnisse

Zur Ermittlung der Bruttowertschöpfung des waldbasierten Sektors (WBS) wurde der Produktionswert für Holz zur stofflichen Nutzung ermittelt und in Folge über den Produktionswert und die Bruttowertschöpfung des gesamten forstwirtschaftlichen Wirtschaftsbereiches die Bruttowertschöpfung der Forstwirtschaft ermittelt.

Tabelle 2.Bruttowertschöpfung des WBS nach Branchen in Mio. €, laufende Preise (BMLFUW 2017; Statistik Austria 2009, 2017b, 2018, e.B.)

Branchen	2006	2015	Veränderungen 2015/2006 (%)
Forstwirtschaft: Holz für stoffliche Nutzung[1]	713	660	-7,4
H.v. Holzwaren; Korbwaren (C16)	2067	2164	4,7
H.v. Papier/Pappe und Waren daraus (C17)	1652	1773	7,3
Summe waldbasierter Sektor (WBS)	**4432**	**4597**	**3,7**
Bezugsgröße: Bruttowertschöpfung der Land- und Forstwirtschaft + H.v. Waren (C)	47281	58490	23,7
Bezugsgröße: Bruttoinlandsprodukt	267820	344490	28,6

[1]Forstwirtschaft: Holz für stoffl. Nutzung beinhaltet Nadel- und Laubsägerundholz sowie Nadel- und Laubindustrieholz.

Die Wertschöpfung des WBS im engeren Sinne (Forstwirtschaft, Holzwaren, Papier und Pappe) macht 4,7 Mrd. € aus. Der Anteil des WBS an der Urproduktion und Warenproduktion beträgt 7,9 % (zzgl. Möbelproduktion: 9,6%, zzgl. Bau & Zimmerei: 9,7%), der Anteil am Bruttoinlandsprodukt 1,3% (zzgl. Möbelproduktion: 1,6%, zzgl. Bau & Zimmerei: 2,0%).

Im Modell FOHOW2 wird die Bruttowertschöpfung des WBS im engeren Sinne mitberücksichtigt. Das BIP ist mittels exogener Hilfsvariablen (basierend auf OECD Langzeitprojektionen) inkludiert. Somit konnte nach Validierung mit den historischen Daten aus Tabelle 2 der Beitrag des WBS zum BIP auch für den Simulationszeitraum berechnet werden (Abbildung 11). Die Simulationen zeigen für alle betrachteten Szenarien einen Rückgang des Beitrags des WBS zum BIP. Dies spiegelt die Entkoppelung der Wertschöpfung im WBS in Relation zum BIP wider (weitere relative Zunahme des Anteils des tertiären Sektors [Dienstleistungen] am BIP). Insbesondere die weiterhin zunehmende Bedeutung des tertiären Sektors sowie Transformationsprozesse innerhalb des WBS (Hetemäki and Hurmekoski, 2016) spielen hier eine tragende Rolle.

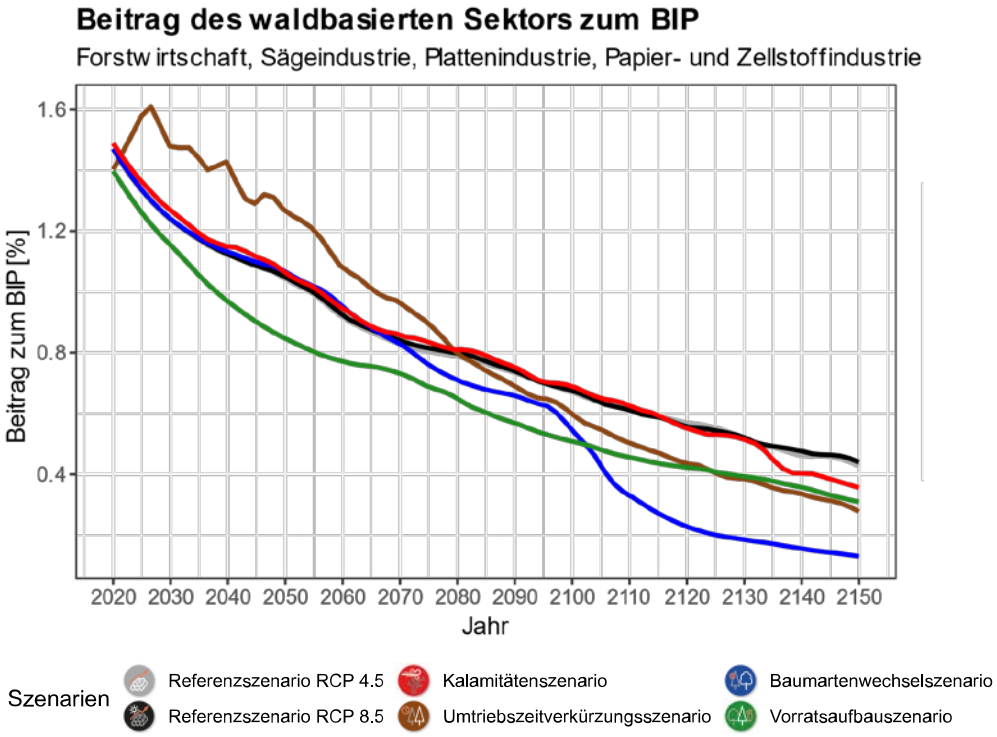


Abbildung 11. Beitrag des WBS im engeren Sinne (Forstwirtschaft, Säge, Platte, Papier- und Zellstoffindustrie) zum BIP in den einzelnen Szenarien

Aus den Szenarien ist ersichtlich, dass bis eine Verknappung des Holzangebots aus dem Wald stattfindet, das *Umtriebszeitverkürzungsszenario* bis 2080 die beste Entwicklung des WBS (in Relation zum BIP) darstellt. Während das *Vorratsaufbauszenario* über einen langen Zeitraum die schlechteste Variante darstellt, zeigen sich im letzten Drittel des Simulationszeitraums diverse angebotsseitige Verknappungseffekte (z.B. *Baumartenwechselszenario*: Massiver Rückgang des Nadelholzangebots, *Umtriebszeitverkürzungsszenario*: Verknappung des Angebots an hiebsreifem Holz, *Kalamitätenszenario*: Negativer Effekt von Kalamitäten auf die gesamte Forstwirtschaft), die den Beitrag des WBS zum BIP noch stärker einbrechen lassen.

Bei einer massiven klimawandelinduzierten angebotsseitigen Verknappung sind auch negative Effekte auf den Außenhandel und in Folge auf die Wettbewerbsfähigkeit (und somit – in einem Hochlohnland – auf die Innovationsleistung und somit auf die Standortsicherheit) zu erwarten.

Hierzu wurde zunächst eine historische Analyse des Exportwachstums sowie eine „Constant Market Share Analyse“ (CMSA) für den Zeitraum von 1999-2017 vorgenommen (Abbildung 12).

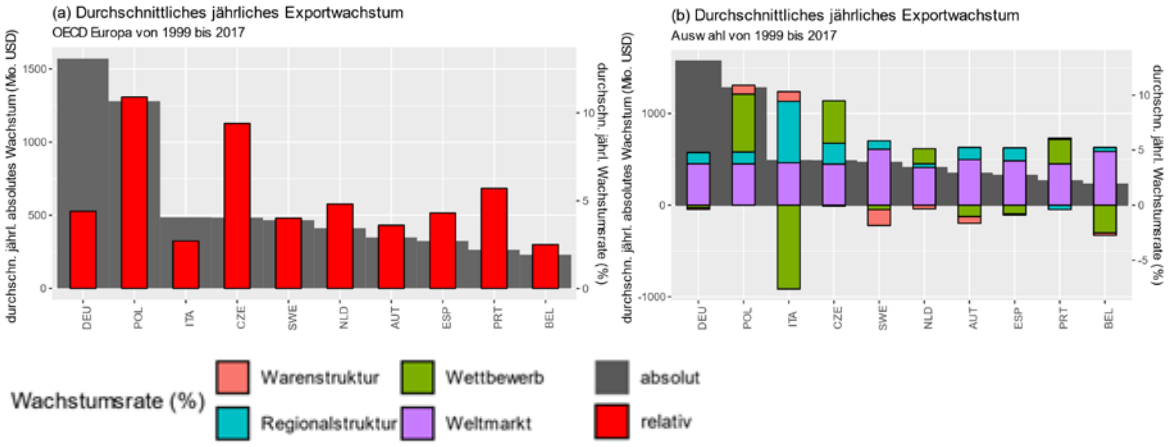


Abbildung 12. (a) Durchschnittliches jährliches Exportwachstum OECD Europa (1999–2017), (b) Constant Market Share Analyse (CMSA) auf Basis des durchschnittlichen jährlichen Exportwachstums. Betrachtete Warengruppen: Brennholz, Hackschnitzel, Rohholz, Schnittholz, Span- und Faserplatten (inkl. OSB und MDF), Papier und Pappe (aggregiert aus 14 Warengruppen)

Da die exportierten Warengruppen konsistent mit jenen im FOHOW2 gewählt wurden, konnte die Entwicklung der österreichischen Exporte auf Halbwarenebene direkt mit Hilfe des FOHOW2 geschätzt werden. Um die Entwicklung der Exporte nach Warengruppen und Ländern zu erhalten, wurden Regressionsanalysen für die Entwicklung der österreichischen Exporte in die OECD Europa Partnerländer sowie für die Entwicklung der Weltexporte in die OECD Europa Partnerländer vorgenommen. Die Ergebnisse für Österreich wurden mit Hilfe der FOHOW2-Daten korrigiert, um Konsistenz mit dem *CareforParis* Gesamtprojekt sicherzustellen, da die Entwicklung der FOHOW2 Außenhandelsdaten zur Berechnung vom heimischen Holzanteil zur Weitergabe an AP5 herangezogen wurde.

Abbildung 13a illustriert die Entwicklung des Exportwachstums Österreichs durch Holzprodukte in Bezug auf Weltmarkteffekte. Diese Entwicklung ist vorwiegend vom stofflichen Rohholzangebot in Österreich abhängig (da angenommen wurde, dass die Entwicklung des Welthandels über alle Szenarien gleichbleibt). Hier ist die generelle Entwicklung weitestgehend analog zu den Entwicklungen des Holzprodukteangebots (cf. WP4) mit dem Unterschied, dass der Weltmarkteffekt verzögert reagiert. Beim Warenstruktureffekt (Abbildung 13b) zeigt sich, dass dieser von der Zunahme des Wachstums gewisser Warensortimente abhängt. Je nach Szenario ist hier ab 2040 (*Vorratsaufbauszenario*) bis 2080 (*Umtriebszeitverkürzungsszenario*) ein Wachstum über ein großes Spektrum an Sortimenten nicht mehr gewährleistet, sei es durch Nutzungsreduktionen (*Vorratsaufbauszenario*), Übernutzung (*Umtriebszeitverkürzungsszenario*) oder mangelnde Anpassung des WBS an ein sich änderndes Holzsortiment (*Baumartenwechselszenario*).

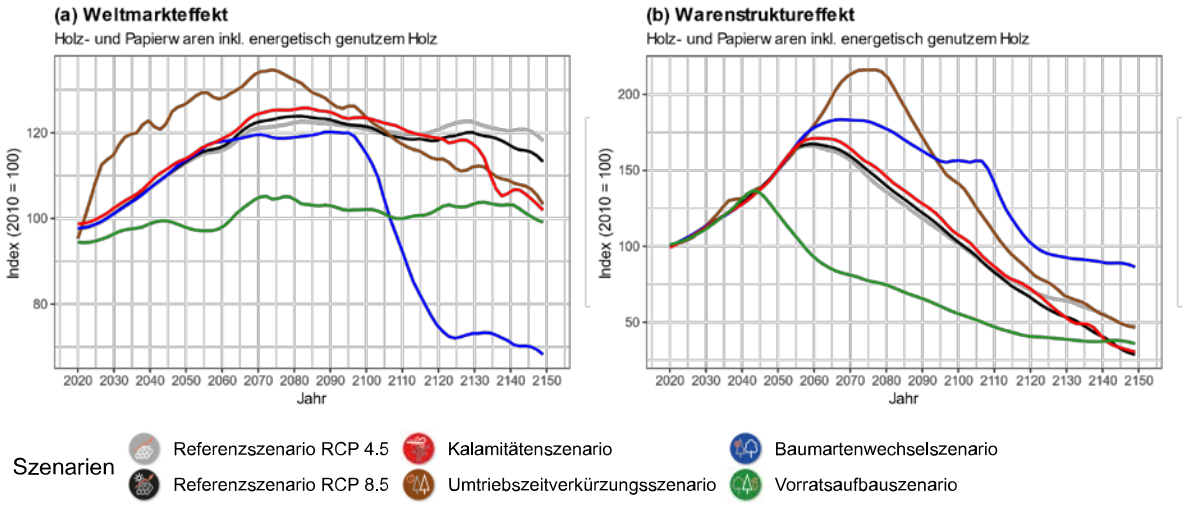


Abbildung 13. (a) Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit – Weltmarkteffekt, (b) Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit - Warenstruktureffekt

Der Wettbewerbseffekt als Residualgröße zeigt die Änderung der Wettbewerbsposition Österreichs, die in der Literatur meist als Indikator für die Innovationsleistung eines Sektors herangezogen wird. Hier zeigt sich, dass die Entwicklung der Exporttätigkeit durch Holzprodukte die nicht durch globales Wachstum, durch die Warenstruktur oder die Kooperation mit starken Außenhandelspartnern erklärt werden kann, stark von Schwankungen im Holzangebot und wahrgenommenen Möglichkeiten der Holzverarbeitung abhängig ist. In Bezug auf das *Umtriebszeitverkürzungsszenario* sind hier in Bezug auf die Wettbewerbsfähigkeit positive Effekte zu erwarten (jedoch mit starken Unsicherheiten behaftet), während sich eine Ressourcenverknappung etwa im *Baumartenwechselszenario* sowie im *Kalamitätenszenario* massiv negativ auf die Wettbewerbsfähigkeit auswirkt. In Bezug auf die Innovationsleistung sind hier mittelfristig negative Effekte auf die Beschäftigung von Fachkräften zu erwarten.

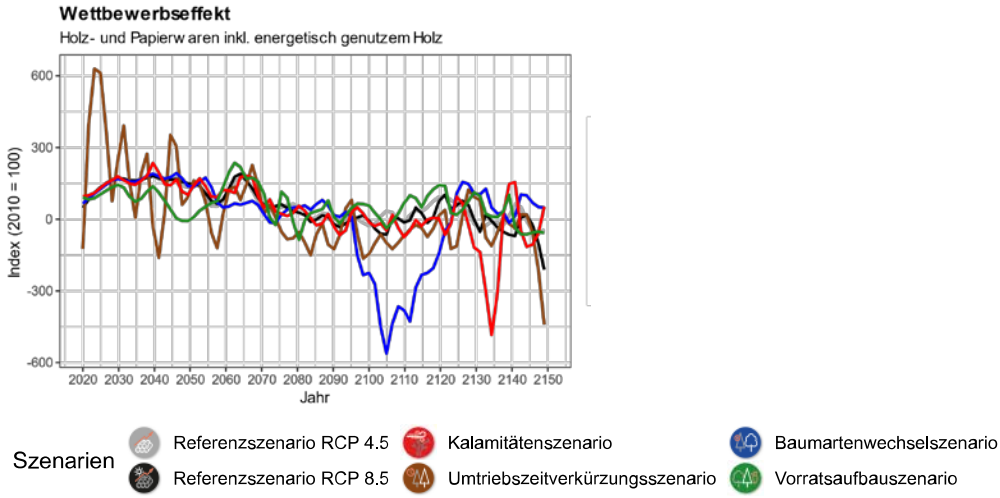


Abbildung 14. Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit - Wettbewerbseffekt

4.7 Politikanalyse und Erstellung des Entscheidungsfindungs-Tool (WP8)

Die Ziele des Arbeitspakets waren:

- Politikrelevante Einblicke zu Klimawandel-Anpassung und Klima-Schutz im waldbasierten Sektor für zukünftige Anpassungsstrategien.
- Analyse des Stakeholder-Bewusstseins zum Thema Klimawandel-Anpassung und Klima-Schutz.
- Identifikation wichtiger politischer Möglichkeiten zu Klimawandel-Anpassung und Klimaschutz im waldbasierten Sektor (Waldbewirtschaftung, Holznutzung) anhand eines Vorprojektes (BFW 2015) und den CareforParis-Ergebnissen für die Szenarien.
- Entwicklung eines Entscheidungsfindungs-Tools für Klimawandel-Anpassung und Klimaschutz (Waldbewirtschaftung, Holznutzung).

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Umfragen und Interviews von Stakeholdern zeigen folgendes: Für die Steigerung der CO_2-Effizienz betonen die meisten Experten insbesondere den Materialeinsatz langlebiger Holzprodukte, sowie eine Steigerung der Effizienz des Holzeinsatzes in einer „Kaskadennutzung“, die auch die energetische Nutzung der Ressource einschließt - von vielen betont - am Ende der Kaskade. Außerdem wird der nötige Wissensgewinn und Wissenstransfer mit allen Stakeholdern betont, um zukünftigen Herausforderungen besser begegnen zu können. Zu den von den Experten erwähnten Instrumenten zählen viele sogenannte „Soft“- und Freiwilligeninstrumente wie Informationstools und Partnerschaften. Diese dienen der Unterstützung nichtstaatlicher Governance-Formen wie der Selbstregulierung und des Dialogs zwischen den Akteuren innerhalb des Sektors. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Wahl der Instrumente mit zunehmender Bedeutung der Folgen des Klimawandels ändern wird.

Aufbereitung der Ergebnisse mittels entscheidungsunterstützender Tools:

Die Daten wurden als Informationsgrundlage aufbereitet. Alle Ergebnisse zu Entscheidungsgrundlagen sind (i) in Form einer **Matrix mit 17 Maßnahmen** und deren SWOT-Analyse für die drei Bereiche Wald-, Holz und Gesellschaftliche Sensibilisierung allgemein (Auszug in Tabelle 3 und Tabelle 4), dargestellt, diese Maßnahmen wurden von allen ExpertInnen als die dringlichsten eingestuft.

Innerhalb der Matrizen sind diese Maßnahmen nach folgenden Kriterien gegliedert: Welche Maßnahmen sind zu welchem Politikziel derzeit verfügbar, was sind ihre Stärken und Schwächen, wie wären sie auszubauen. Aus diesen, den Fokusgruppenergebnissen und den Bewertungen der Delfi Umfragen wurden (ii) Ausklappbare **Mindmaps mit Pfaden von einzelnen klimapolitischen Handlungsoptionen** zu den Bereichen Waldwirtschaft, Holzwirtschaft und ein Exkurs in die Energiewirtschaft. (iii) Darstellungen der **Bewertungen der ExpertInnen anhand von Likert-Skalierungen** (welche Massnahmen halten sie für sehr, eher, weder/noch, eher weniger, gar nicht) a) realistisch / b) wünschenswert über die genannten Zeiträume jeweils: Kurzfristig: 2021-2030, langfristig: 2031-2050, sehr langfristig: 2051-2100 entwickelt. Die Ergebnisse sind als herunterladbare Dokumente unter www.careforparis.boku.ac.at allgemein zugänglich. Darin finden sich drei Entscheidungsmatrizen mit detailreichen Bewertungen anhand der drei Bereiche: (i) Maßnahmen im Wald, (ii) Maßnahmen

in der Holzverwendung sowie (iii) allgemein gesellschaftsorientierte Maßnahmen; sowie drei Mindmaps mit Pfaden zur strukturierten Informationsaufbereitung als Entscheidungsunterstützung für politische Entscheidungsträger/innen, Abbildung 15 zeigt ein Beispiel (in schematischer Darstellung).

Tabelle 3. Drei Maßnahmen von 17 und ihre Bewertung, Beispiel Holzwirtschaft

Nr.	Maßnahmen in Diskussion	aktuelle Maßnahmen	Ziel der Maßnahme	Art des Policy Instruments	Schwächen
Holzwirtschaft/ Holzbau					
1	Förderung von Holz als Baustoff, Anerkennung des CO2 Senkungspotenzials von Holz in der Wohnbauförderung, Benachteiligung von Holz weiter beseitigen	Leuchtturmprojekte im mehrgeschossigen Holzbau, Förderung ökologischer Energiequellen am Bau vorhanden (Photovoltaik, Heizungen), jedoch keine Förderung ökologischer Baumaterialen (Ausnahme OÖ),	Förderung der nachhaltigen stofflichen Nutzung in langlebigen Holzprodukten	monetär	politisch riskant, wegen Benachteiligung anderer Baustoffe. Produktneutrale Formulierung notwendig
2	Holzbauquote auch in anderen Städten/Bundesländern	Holzbauquote der Stadt Graz	Holz als Baustoff in öffentlichen Bauprojekten fördern	regulativ	Konflitke mit Interessen anderer Baustoffhersteller
3	verstärkte Integration des modernen Holzbaus in die Ausbildung von Architekten etc.	•laufende Architektenfortbildungen (proHolz) •Holzbauprofessur TU Graz	Ausbildung von ArchitektInnen und BauträgerInnen verbessern	regulativ, informativ	ungewisse Lenkungswirkung; schwierige Effektivitätsbewertung

Tabelle 4. Drei Maßnahmen von 17 und ihre Bewertung, Beispiel Forstwirtschaft

Nr.	Maßnahmen in Diskussion	aktuelle Maßnahmen	Ziel der Maßnahme	Art des Policy Instruments	Schwächen
Forstwirtschaft					
9	Dialog zwischen Waldbesitzern und Entscheidungsträger weiter forcieren	Informationsinstrumente und Dialogplattformen für Waldbesitzer. Z.B. Kooperationsplattform FHP, "ThinkForest", "Walddialog"	Information, Kooperation der waldpolitischen Akteure (EntscheidungsträgerInnen und WaldbesitzerInnern)	informativ/Sensibilisierungsmaßnahme	Unspezifische Ausformulierungen in den Programmen, Umsetzungsdefizit
10	Wissenslücken identifizieren (z.B. LH-Verarbeitung, Waldbewirtschaftung und Trockenheit…), identifizieren wo Wissen in diesen Bereichen vorhanden ist und Kontakt herstellen	Dialog mit Experten aus dem In- und Ausland (Bewirtschaftung).	Wissensgewinnung und -transfer	informativ	nicht verpflichtend, bündelt Ressourcen mehrerer Akteuere, Zielerreichung ungwiss, u.U. aufwänderiger Prozess (Sprachbarrieren)

11	mehr Sicherheit bei Beratung Waldumbau durch Erkenntnisse aus der Wissenschaft, weitere finanzielle Mittel zur entlastung der Waldeigetümer	LE14-20 (zb. LK-OÖ: „Bestandsumbau“), regional	Förderungen der Waldumwandlungsmaßnahmen	monetär	Zielerreichung ungewiss

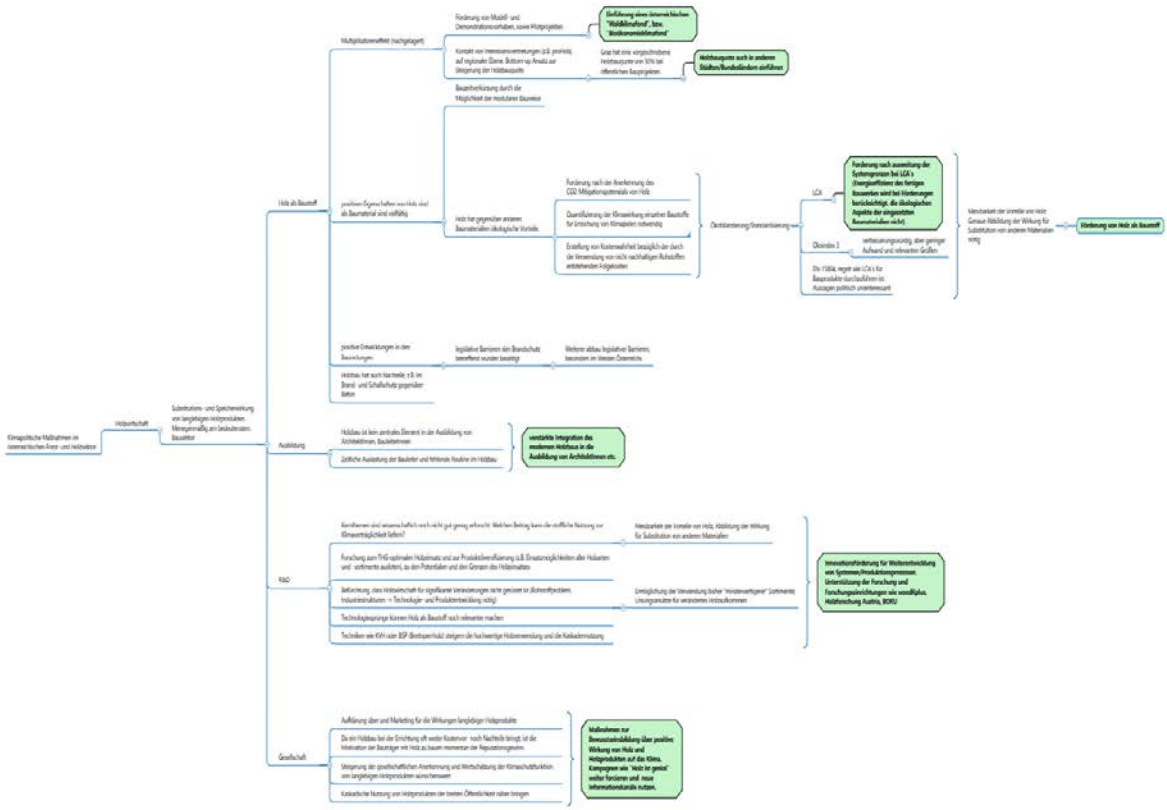


Abbildung 15. Beispiel Abbildung zur schematischen Darstellung der Mind-Map des Bereichs „Holzwirtschaft“ (Details und weitere Mindmaps sind auf der Website www.careforparis.boku.ac.at abrufbar)

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

(max. 5 Seiten)
Beschreibung der wesentlichen Projektergebnisse. Welche Schlussfolgerungen können daraus abgeleitet werden, welche Empfehlungen können gegeben werden?

Schlussfolgerungen zur THG-Bilanz des Waldes in den Szenarien

- In allen Szenarien wird der Wald trotz unterschiedlicher Bewirtschaftung zur THG-Quelle, der Zuwachs nimmt nach 50 Jahren deutlich ab
- In vier Szenarien (R4.5, R8.5, Kalamitäten, Baumartenwechsel) ist der Wald bis etwa 2065 eine stabile Senke, zwischen 2075 und 2090 wird er zur Quelle

- In Szenarien mit abweichenden Nutzungsmengen wird der Wald deutlich früher (Umtriebszeitverkürzung) oder deutlich später (Vorratsaufbau) zur Quelle
- Wald liefert einen wichtigen Beitrag zu CO_2-Speicherung, kann jedoch keine dauerhafte Netto-Senke sein

Schlussfolgerungen zur THG-Bilanz des Holzprodukte(HWP)-Pools in den Szenarien

- Das Referenzszenario RCP 4.5 und Referenzszenario RCP 8.5 leisten den günstigsten Beitrag zur Treibhausgasbilanz des Holzproduktepools. Diese Szenarien stellen jedoch Basisszenarien dar, bei denen Kalamitäten, Baumartenwechsel, Nutzungsreduktionen und die Deckung der Nachfrage nach heimischem Holz (e.g. Umtriebszeitverkürzung) keine signifikante Rolle spielen.
- In allen Szenarien findet im Laufe der Zeit ein Rückgang der jährlichen HWP-Senke statt. Dies zeigt, dass es genauso wie im Wald auch bei Holzprodukten zu Sättigungseffekten bei der Kohlenstoffspeicherung kommt, d.h. der aufgebaute Vorrat kann nur über einen gewissen Zeitraum als Senke wirken. Das Vorratsaufbauszenario leistet nur einen marginal positiven Beitrag zur Treibhausgasbilanz von Holzprodukten.
- In den Szenarien Umtriebszeitverkürzungsszenario, Baumartenwechselszenario und Kalamitätenszenario wird auch der Holzprodukte-Pool zur Quelle. Bei Umtriebszeitverkürzung und stärkeren Kalamitäten ist eine massive Verknappung des Angebots an Holz aus heimischen Wäldern der Grund. Beim Baumartenwechselszenario ist der Hauptgrund die hauptsächliche Nutzung des zusätzlich verfügbaren Laubholzes zur energetischen Nutzung, weshalb etwa aufgrund der fehlenden Nachlieferung an Nadelschnittholz der Pool an langlebigen Holzprodukten abgebaut wird. Bei adaptiver Waldbewirtschaftung muss somit auch die Holzwirtschaft Anpassungsmaßnahmen an das veränderte Angebot an Baumarten treffen, um den Beitrag zu einem klimaeffizienten System zu optimieren.

Schlussfolgerungen zu den vermiedenen Emissionen durch Holzprodukte

- In allen Produktgruppen vermeiden die Holzprodukte THG-Emissionen gegenüber den Ersatzprodukten aus anderen Materialien
- Das durch Holzprodukte vermiedene Ausmaß an THG-Emissionen ist abhängig von der bereitgestellten Holzmenge und von den Emissionsfaktoren der Substitutionsmaterialien.
- Je höher die bereitgestellte Holzmenge, desto höher die vermiedenen Emissionen
- Die stoffliche Holznutzung in Produkten vermeidet mehr THG-Emissionen als die energetische Holz-Nutzung, obwohl (inkl. Kaskadennutzung und Nebenprodukten bei der Holzverarbeitung) insgesamt mehr Holz energetisch genutzt wird.

Schlussfolgerungen zur gesamten THG-Bilanz des waldbasierten Sektors in den Szenarien

- Der österreichische Wald, dessen Bewirtschaftung und die Holzprodukte daraus spielen eine wichtige Rolle in der THG-Bilanz, die Senkenwirkung ist jedoch zeitlich begrenzt
- Die Holzverwendung leistet einen positiven Beitrag zum Klimaschutz, denn Holzprodukte haben einen geringen THG-Fußabdruck im Vergleich zu anderen Rohstoffen
- Der größte THG-Hebel im waldbasierten Sektor ist der Ersatz fossiler Rohstoffe durch Holzprodukte.
- Eine Reduktion der Holznutzung erhöht die fossilen THG-Emissionen durch notwendigen Ersatz durch Produkte auf Basis von fossilen Rohstoffen. Das ist kontraproduktiv für die notwendige Dekarbonisierung zur Erreichung der Paris-Agreement Ziele.
- Verstärkter Klimawandel und erforderliche Klimawandelanpassung im Wald verschlechtern die THG-Wirkung des waldbasierten Sektors
  - besonders durch Effekte im Wald
  - und bei mangelnder Anpassung der Holzverwertung an geänderte Rahmenbedingungen
- Klimaschutz und die Einhaltung der Pariser Klimaziele sind die beste „Maßnahme zur Klimawandelanpassung“

Schlussfolgerungen hinsichtlich der ökonomischen Auswirkungen der Szenarien

- Beim *Vorratsaufbauszenario* sowie beim *Baumartenwechselszenario* ist mit negativen Auswirkungen auf Exportmarktanteile und negativen Exportdynamiken in den Produktportfolios zu rechnen
- Systemische Änderungen haben starke positive bzw. negative Effekte auf die Innovationleistung
- Generell zeigt sich eine Abkopplung des waldbasierten Sektors vom BIP (stetige Zunahme der Bedeutung des Tertiärsektors)
- Bei adaptiver Waldbewirtschaftung müsste auch die Holzwirtschaft Anpassungsmaßnahmen treffen, um wettbewerbsfähig zu bleiben

Schlussfolgerungen aus der Politikanalyse

Folgende Maßnahmen wurden anhand der Auswertung der Stakeholder-Befragungen empfohlen:

- **Kurzfristig (2021-2030):** Investitionen in langlebige Holzprodukte (z.B. in der Bauwirtschaft) auf Basis von nachhaltiger Forstwirtschaft sind anzuraten. Hier bieten sich Maßnahmen innerhalb der öffentlichen Beschaffung, monetäre und informative Anreize sowie Einbindung von CO_2-Speicher und Substitutions-Kriterien z.B. im nationalen klima:aktiv Standard an. Die Ergebnisse aus CareforParis zeigen ebenso wie das vorangegangene Holzkettenprojekt (Braun et al. 2016) den positiven Effekt dieser Strategie zur Treibhausgasvermeidung.
- **Mittelfristig (2031-2050):** die österreichische Holzwirtschaft wird sich auf ein vermehrtes Angebot und die unterschiedlichen Gegebenheiten von Laubholz anpassen müssen, z.B. durch neue Technologien. Dies zeigt sich auch aus den Ergebnissen des Baumartenwechsel Szenarios.

- **Sehr langfristig: 2051-2100:** Vorratsnachhaltige Waldbewirtschaftung ist im österreichischen Wald weiter notwendig. Diese Einschätzungen aus den Befragungen der Stakeholder decken sich mit den Aussagen aus den Modellierungsergebnissen. Die Modellierungen zeigen, dass im Wald langfristig Sättigungseffekte auftreten, sodass die Senkenwirkung des Waldes langfristig abnimmt bzw. sich sogar umkehrt (bei verstärktem Klimawandel und –anpassung).

C) Projektdetails

6 Methodik

Die zukünftigen Treibhausgas(THG-)bilanzen des waldbasierten Sektors Österreichs unter Szenarien unterschiedlicher Klimawandelentwicklungen und Klimawandelanpassungsmaßnahmen im Österreichischen Wald wurden mit Hilfe von komplexen Modellen abgeschätzt:

Die Entwicklungen wurden anhand eines Sets von Modellen für vordefinierte Szenarien konsistent über die Schnittstellen gerechnet (**Abbildung *16***).

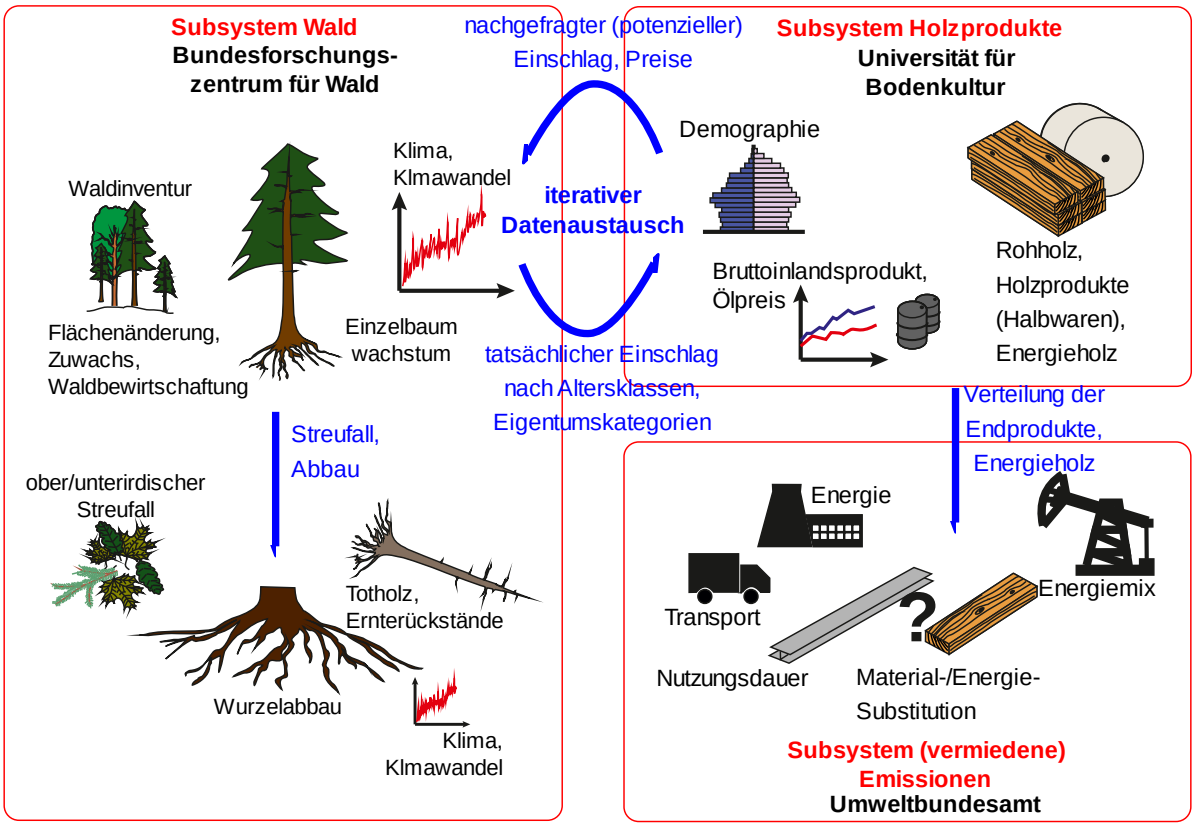


Abbildung 16. Modellierungsschema des Projekts

Neben der rein LULUCF-sektorbezogenen Treibhausgasbilanz des Waldes und des Holzproduktepools wurden auch die vermiedenen Emissionen durch Holzprodukte im Vergleich zu Ersatzprodukten aus anderen Rohstoffen sowie die zusätzlich notwendigen fossilen Emissionen durch Ersatzprodukte, wenn Holzprodukte durch Nutzungsreduktion oder andere Gründe entfallen, gerechnet:

- THG-Bilanz im österreichischen Wald (Biomasse, Totholz, Boden)
- THG-Bilanz des Holzprodukte-Pools (HWP) auf Basis des Einschlags aus dem österreichischen Wald (Schnittholz, Platte, Papier)
- Unterschiedliche Lebenszyklus-THG-Emissionen durch den Einsatz von Holzprodukten im Vergleich zu Substitutionsprodukten aus anderen Rohstoffen ausgehend vom verfügbaren Einschlag aus dem österreichischen Wald

- zusätzlich notwendige fossile Emissionen durch Ersatzprodukte aus anderen Rohstoffen, wenn Holzprodukte durch Nutzungsreduktion oder andere Gründe gegenüber dem Referenzszenario (business-as-usual) entfallen

Damit wird ein gesamthaftes Bild der Treibhausgaswirkungen des waldbasierten Sektors Österreichs ermöglicht. Ausgangspunkt der Modellierungen war der Status des Österreichischen Waldes jeweils zu Beginn des Projekts.

6.1 Definition der Klimawandel- und Klimawandelanpassungs-szenarien (WP2)

6.1.1 Klimaszenarien

Globales Klima

Die Szenarien des Waldwachstums für den Einsatz von Caldis und die Simulation des Bodenkohlenstoffs mit Yasso werden von Klimaparametern angetrieben. Daher war es erforderlich, für jeden Punkt der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) eine Klimazeitreihe zu erstellen.

Die verfügbaren Klimaszenarien des IPCC wurden im Detail beschrieben (http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tnt/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome). „Repräsentative Konzentrationspfade“ (Representative Concentration Pathways - RCPs) wurden von Wissenschaftlern außerhalb des IPCC erarbeitet und stützen sich auf Ergebnisse der Literatur.

Für die Zwecke des Projektes CareForParis wurden ein ambitioniertes Szenario (RCP 4.5) und ein pessimistisches Szenario (RCP 8.5) verwendet. In Abbildung 17 sind die globalen Emissionsmengen an CO2 dargestellt, die den beiden Szenarien zugrunde liegen. Die Abbildung zeigt das Mittel von mehreren Modellberechnungen und die Variationsbreite der Modelle. Beim Szenario RCP 8.5 steigen die Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2100 an. Dabei wird eine Erwärmung der Atmosphäre um mehr als 4 Grad in Kauf genommen. Beim Szenario RCP 4.5 werden die Emissionen bis zum Jahr 2030 stabilisiert. Danach sinken sie und in der Bandbreite der Modelle kommen auch negative Emissionen vor. Das heißt durch verschiedene Maßnahmen wird mehr CO2 in verschiedenen Senken festgelegt, als im gleichen Zeitraum durch Verbrennungsprozesse in die Atmosphäre gelangt.

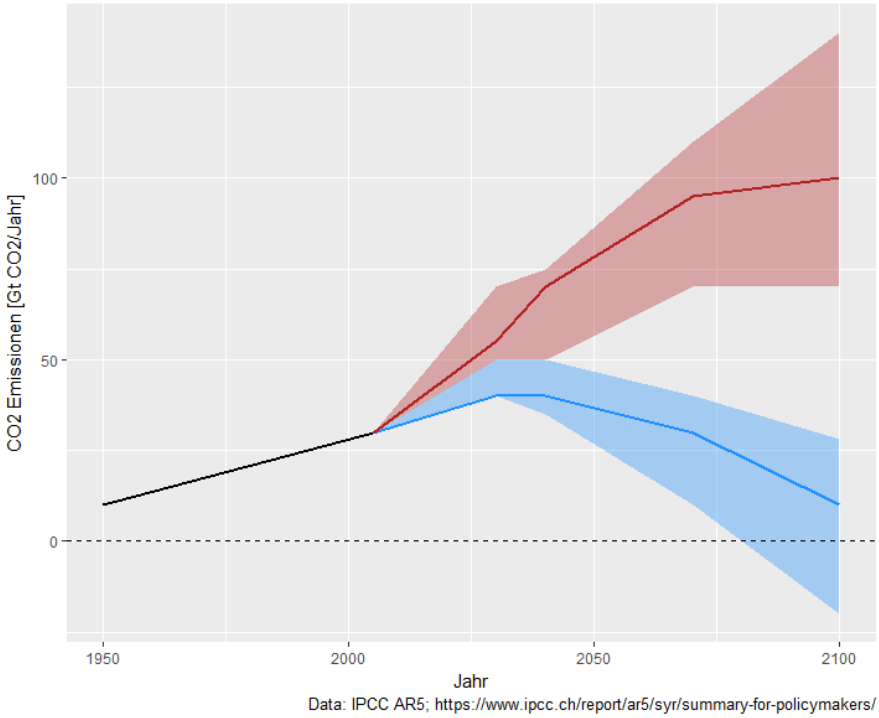


Abbildung 17. Emissions-Szenario RCP 8.5 (rot) und Szenario RCP 4.5 (blau) mit der Variationsbreite. Die schwarze Linie zeigt den historischen (gemessenen) Trend der Emissionen.

Regionales Klima

Aus den globalen Emissions-Szenarien werden Temperaturen und Niederschläge abgeleitet. Diese globalen Informationen werden für verschiedene Regionen ermittelt. In Österreich ist der Datensatz ÖKS 15 (Chimani et al 2016) eine verbindliche Referenz, die bei ACRP Projekten zu verwenden ist. Der ÖKS 15 Datensatz wird vom Datenzentrum des CCCA (https://data.ccca.ac.at) bereit gestellt. Bei der Regionalisierung der globalen Klimamodelle wurden verschiedene Modell-Kombinationen verwendet. Jedes der globalen Modelle CNRM-CM5, EC-Earth, IPSL-CM5A-MR, HadGEM2-ES, MPI-ESM-LR wurde mit einigen der regionalen Klimamodelle CCLM, ALADIN, RCA, RACMO, HIRHAM5, WRF kombiniert, sodass sich für beide RCP Szenarien jeweils 14 mögliche Klimaszenarien, in Summe 28, ergaben. Für das Projekt CareForParis war es aufgrund der limitierten Ressourcen nur möglich jeweils ein RCP 4.5 und ein RCP 8.5 Szenario zu simulieren. Da es keine Empfehlung gibt, welche der Szenariovarianten wahrscheinlicher ist bzw. bevorzugt werden sollte, erfolgte die Auswahl des am besten geeigneten Szenarios gutachterlich, wie nachfolgend dargestellt.

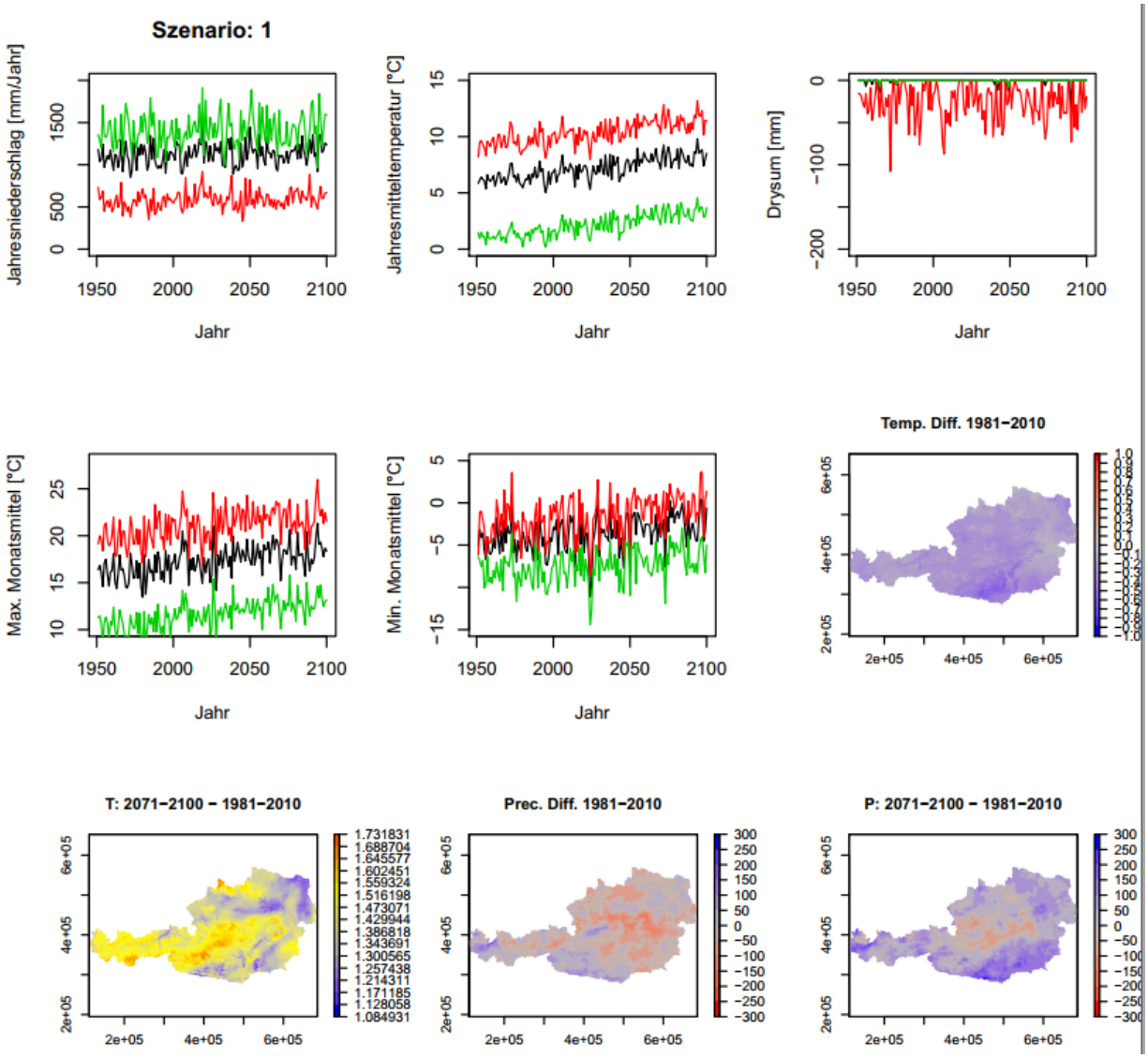


Abbildung 18 Beispielhafte Beurteilung des Szenario 1 der Szenarienfamilie RCP 4.5. Einzelheiten dazu sind im Text.

Für alle 28 Klimaszenarien wurde die Summe der jährlichen Niederschläge, eine mittlere Jahrestemperatur, der Trockenheitsindex Drysum (die Summe der fehlenden Niederschläge um von ariden zum humiden Charakter zu kommen), Temperaturminima und –maxima und Temperatur- und Niederschlagsdifferenzen zwischen bestimmten Zeitpunkten berechnet. Die mittleren Temperaturen und Niederschläge wurden für ganz Österreich (schwarze Linien), für die Region zwischen Retz und Hainburg (rote Linien) und für die Region zwischen Kaprun und St Veit / Defreggen (grüne Linien) berechnet.

Aus diesen Ergebnissen wurde jenes Szenario gewählt, das den Intentionen des Projektes am besten entspricht. Da die Erwärmung der stabilere Parameter ist, wurde die Auswahl vor allem danach getroffen, welches Modell die erwartete Trockenheit am besten abbildet.

Klimaszenarien auf Punkten der österreichischen Waldinventur

Die Klimaszenarien des ÖKS 15 Projektes bilden das Klima auf einem 1 km x 1 km Raster für ganz Österreich ab. Die Punkte der ÖWI liegen auf einem anderen Raster. Das Klima der ÖWI Punkte wurde linear zwischen den umliegenden

Rasterpunkten von ÖKS 15 interpoliert und mit einer Korrektur für die Seehöhe berechnet.

Klimaszenarien für 2100 bis 2150

Für die IPCC Berichte werden stets Klimaszenarien bis 2100 verwendet und dargestellt. Für die Fragestellung von CareforParis ist dieser Zeithorizont unzureichend, da in vielen Fällen nicht einmal eine gesamte Umtriebszeit dargestellt werden kann. Die Klimaszenarien wurden daher extrapoliert. Dazu wurde der Trend der Temperatur mit einer logit-Funktion ermittelt und mit den zufällig gezogenen Monatswerten aus der Periode 2071-2100 addiert.

Ergebnis – die verwendeten Klimadaten

In der Abbildung 19 ist der Temperaturverlauf dargestellt. Im Szenario RCP 4.5 stabilisiert sich die Erwärmung und die Temperatur bleibt ab etwa 2080 stabil. Beim Szenario RCP 8.5 ist der 31. Dezember 2100 nur ein beliebiger Tag und die Temperaturzunahme verläuft ungebremst.

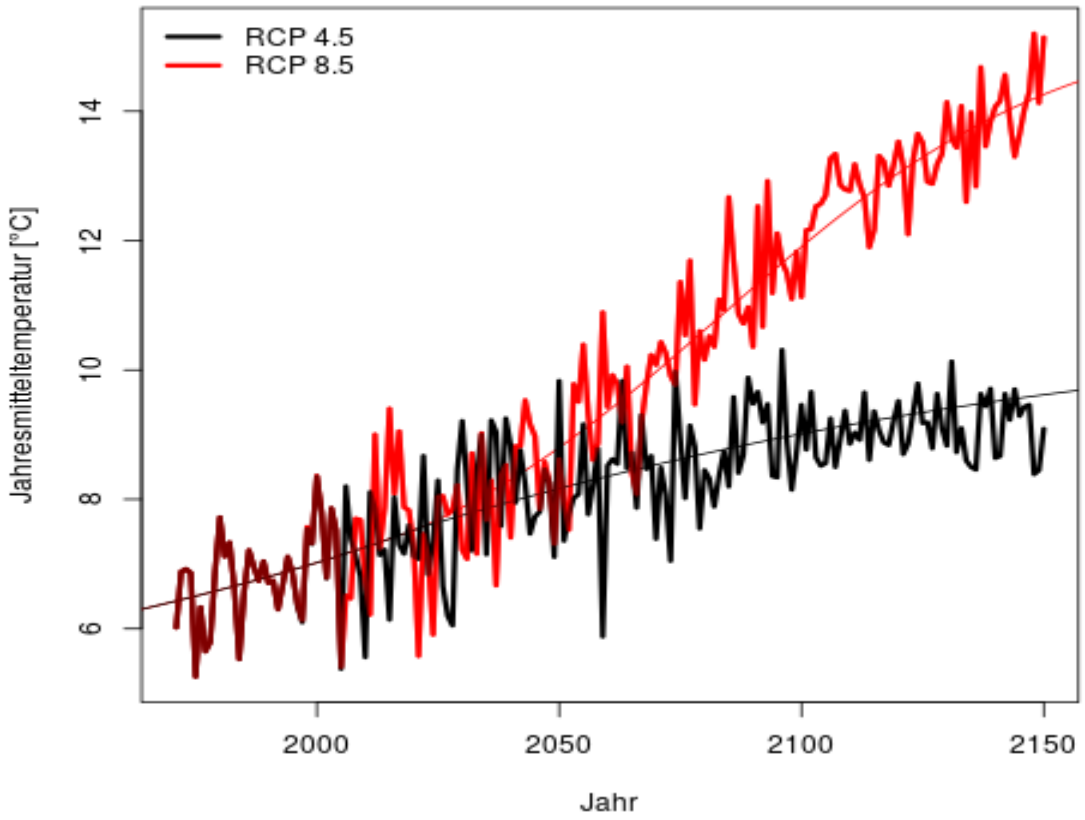


Abbildung 19 Mittlere Jahrestemperatur für die Waldwachstums- und Bodensimulationen.

Abbildung 20 zeigt, dass sich die Niederschlagsmengen der beiden Szenarien kaum unterscheiden und dass auch im Mittel von Österreich keine entscheidenden Schwankungen eintreffen. Regional treten Unterschiede auf, die zur Verschärfung und Häufung von Trockenperioden führen. Die Betrachtung von Abbildung 19 und Abbildung 20 lässt den Schluss zu, dass künftige Trockenperioden stärker durch

den Temperaturanstieg als durch Änderungen im Niederschlagsregime getrieben werden.

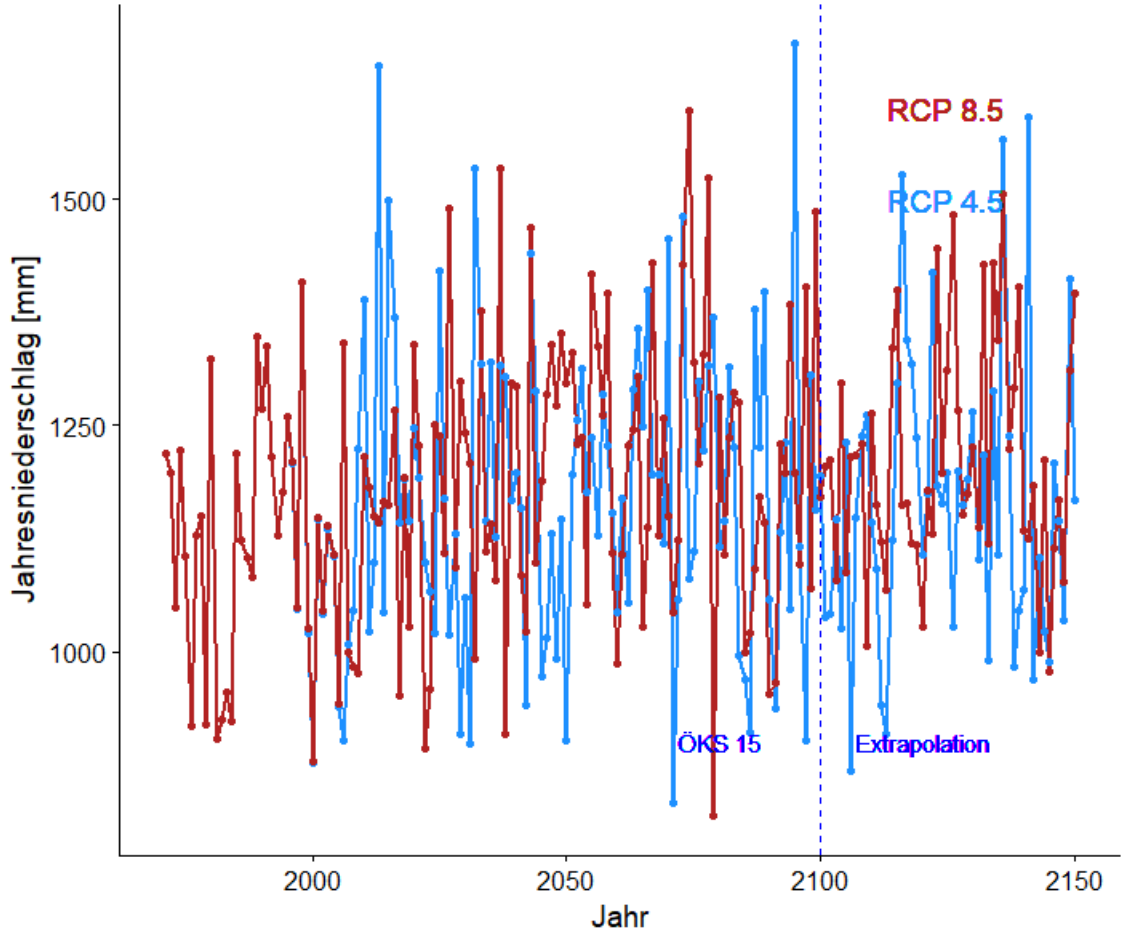


Abbildung 20 Jährlicher Niederschlag der Szenarien RCP 4.5 und 8.5 für die Waldwachstums- und Bodenkohlenstoff-Simulation.

6.1.2 Definition der Szenarien

Sechs Szenarien des künftigen Klimawandels und der waldbaulichen Klimawandelanpassung werden entwickelt – siehe Kapitel 4.1.

6.2 Simulation der Waldentwicklung (WP 3)

6.2.1 Biomassezuwachs und -nutzung

Die Waldentwicklung wurde unter Zugrundelegung der sechs unterschiedlichen Szenarien mit dem Waldwachstumsmodell CALDIS-VB V0.1 (Ledermann et al., 2017) simuliert. CALDIS-VB V0.1 ist ein klimaempfindliches, einzelbaumbasiertes Waldwachstumsmodell (Ledermann et al., 2017), das aus folgenden Teilmodellen besteht: einem Grundflächenzuwachsmodell (Kindermann 2010), einem Höhenzuwachsmodell (Gschwantner et al. 2010), einem Zuwachsmodell (Ledermann, 2002) und einem Modell zur Beschreibung von Kalamitätennutzungen und Mortalität (Ledermann 2017). CALDIS-VB V0.1 basiert auf dem gleichen Modellkonzept und wurde aus dem gleichen Datensatz parametrisiert wie PROGNAUS (PROGNosis for AUStria: Monserud und Sterba,

1996; Hasenauer, 2000; Ledermann, 2006). Der einzige Unterschied zwischen CALDIS-VB V0.1 und PROGNAUS besteht darin, dass CALDIS-VB V0.1 zusätzlich zu den erklärenden Variablen von PROGNAUS Klimavariablen verwendet. Das Grundflächenzuwachsmodell, das Höhenzuwachsmodell und das Mortalitätsmodell von PROGNAUS wurden mehrfach validiert (z.B. Sterba und Monserud, 1997; Sterba, 1999; Monserud und Sterba, 1999; Sterba et al., 2001; Ledermann, 2010). CALDIS-VB V0.1 wurde aus österreichischen Waldinventur-Daten für den Zeitraum von 1981-2009 entwickelt. Da die Waldinventur-Daten für die gesamte Waldfläche in Österreich repräsentativ sind, kann das Modell auf alle Kombinationen von Artenzusammensetzung, Bestandesstruktur, Bestandesbehandlung und Standortbedingungen, wie sie in der österreichischen Waldinventur beobachtet werden, angewendet werden. CALDIS-VB V0.1 wurde in einer Studie zur Treibhausgasdynamik in Österreich erfolgreich angewendet (BRAUN et al. 2016).

Als Ausgangspunkt für die Simulation der Waldentwicklung wurden die Daten der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) aus der Erhebungsperiode 2007/09 herangezogen. Dieser Datensatz umfasst 7964 ÖWI-Probeflächen, die mit einer Fläche von ca. 3,37 Mio. Hektar den gesamten österreichischen Ertragswald repräsentieren. Zur Fortschreibung dieser Startwerte wurde das einzelbaumbasierte Waldwachstumsmodell CALDIS-VB V0.1 herangezogen. Als Inputdaten benötigt das Modell Baum-, Bestandes- und Standortsparameter, wie sie bei der ÖWI erhoben werden. Darüber hinaus benötigt CALDIS-VB V0.1 Temperatur- und Niederschlagsdaten die aus den verwendeten Klimaszenarien stammen. Für die Durchführung der Simulationsläufe wurde CALDIS-VB V0.1 mit dem Forest-Sector-Modell FOHOW (Schwarzbauer, 1990, 1993; Schwarzbauer und Rametsteiner, 2001) verlinkt. Dies ermöglichte einen gegenseitigen Datenaustausch, wodurch bei der Umsetzung der Bewirtschaftungsszenarien ökonomische Vorgaben berücksichtigt werden konnten.

6.2.2 Simulation der Waldbodenkohlenstoffentwicklung

Für die Simulation des Bodenkohlenstoff-Pools wurde das Programm Yasso15 (https://en.ilmatieteenlaitos.fi/yasso-description) verwendet. Es werden der Kohlenstoffvorrat, dessen Änderung und die heterotrophe Bodenatmung simuliert. Als Input Parameter werden Klimaparameter in jährlicher Auflösung und der Input von organischer Substanz aus der Baumbiomasse benötigt. Die Klimaparameter sind die jährliche Niederschlagssumme, die jährliche Mitteltemperatur und die jährliche Differenz zwischen dem kältesten und wärmsten Monat. Diese Daten stammten aus den Klimaszenarien. Der Input von organischer Substanz aus der Baumbiomasse wurde aus den Simulationsergebnissen von CALDIS-VB V0.1 errechnet. Dazu wurde für alle Einzelbäume ein Kohlenstoff-Fluss errechnet, der für die jeweils vertretenen Baumarten für jeden Punkt der Simulation summarisch aus den morphologischen Baummerkmalen nach mehreren Formeln berechnet wurden. Diese Formeln sind aus überwiegend österreichischen Daten abgeleitet und werden für die Österreichische THG-Bilanz konsistent verwendet.

Sobald für jeden Einzelbaum der Input an organischer Substanz in den Boden festgelegt aus den Kompartimenten Stammholz, Äste, Fein- und Grobwurzeln, und Nadeln und Blättern bekannt ist, wird jedem Einzelfluss (z.B. Aststreu von Ahorn am Probepunkt XY) eine chemische Qualität und eine Größe zugeordnet. Die chemische Qualität verwendet die Fraktionierung der organischen Bestandteile in säure- (A), wasser- (W), äthanollösliche (E) Bestanteile, in unlösliche Bestandteile (N) und in Huminstoffe (H). Diese Fraktionierung bestimmt ganz wesentlich, wie schnell die organische Substanz abgebaut wird. Außerdem wird jeder Fraktion eine Größe (Durchmesser) zugeordnet. Dadurch wird gewährleistet, dass große Teile (etwa Stämme) langsamer abgebaut werden als kleine Teile mit derselben chemischen Zusammensetzung (etwa kleine Holzstückchen). Für die Schätzung des Bodenkohlenstoffvorrates wurde ein neuer Ansatz mittels Spin-Up-Simulation gewählt. Dabei wurde der der mittlere Kohlenstoffinput über eine komplette Umtriebszeit bis zur DGZ-Kulmination ermittelt. Diese Spin-Up-Simulation war dem eigentlichen Simulationszeitraum vorgeschaltet.

6.3 Simulation des Holzproduktepools (WP 4)

Für die Durchführung des WP4 wurde das Modell FOHOW2 (Forst- und Holzwirtschaft) verwendet. FOHOW2 (Simulationsmodell für die Österreichische Waldwirtschaft) ist auf die nationalen Gegebenheiten Österreichs zugeschnitten. Die Leistungsfähigkeit von FOHOW, das aus ca. 1500 Gleichungen besteht, wurde in mehreren Studien getestet (z.B. Schwarzbauer 1989, Schwarzbauer 1991, Schwarzbauer 1993, Schwarzbauer und Rametsteiner 2001, Schwarzbauer und Stern 2010). Eine Beschreibung der Modellvalidierung findet sich auch in Braun et al. (2016), der Vorgängerstudie zu CareforParis. FOHOW2 besteht aus vier Arten von Modulen: (1) Allgemeine Wirtschaft: umfasst nur exogene Variablen (BIP, Bevölkerung); (2) Forstindustrie und Märkte für Forstprodukte: umfasst Angebot, Nachfrage, Preise und Handel für jedes Halbfabrikat; (3) Forstwirtschaft: umfasst das Holzangebot aus drei Besitzkategorien: kleine private Waldbesitzer (<200 ha), größere private Waldbesitzer (>= 200 ha) und Österreichische Bundesforste. Holzmärkte liegen an der Grenze zwischen (2) und (3); und (4) Waldressourcen: umfasst Waldfläche, nachwachsenden Bestand und Zuwachs jeweils unterteilt in Nadel- und Nichtnadelwälder, Besitzkategorien und zwei Altersklassen. In diesem Modell wird der Forstsektor als Ganzes modelliert, wobei Aspekte im Zusammenhang mit Angebot und Nachfrage von Holz in der forstbasierten Industrie bewertet werden; daher sind folgende Produktgruppen enthalten: Nadelrundholz, Nicht-Nadelrundholz, Nadelzellstoffholz, Nicht-Nadelzellstoffholz, Sägewerksreste, Brennholz, Nadelschnittholz, Nicht-Nadelschnittholz, Span- und Faserplatten, Zellstoff, Altpapier, Papier und Pappe.

WP4 wurde in enger Zusammenarbeit mit WP3 durchgeführt. Der folgende *modus operandi* wurde im Antrag festgelegt

- Die Modelle CALDIS und FOHOW2 tauschen das potenzielle Angebot, die potenzielle Nachfrage und die Rohstoffpreise der jeweiligen Holzsortimente aus
- FOHOW2 wird mit CALDIS mit Hilfe der Änderungen im Vorrat sowie im Zuwachs des Waldes kalibriert, weil FOHOW2 die Entwicklung der forstlichen Ressourcen endogen nur grob abbilden kann. Andere Daten wie die Entwicklung

des Bruttoinlandsproduktes, die Ressourcenbasis in der „Rest der Welt“-Region, Faktoren für die Ausbeute der holzverarbeitenden Industrie wird aus sekundären Daten abgeleitet.

Darauf aufbauend wurden im Laufe des Projektes folgende *Spezifikationen* und *Änderungen* in Bezug auf den *modus operandi* vorgenommen

- Die Art des Datenaustausches wurde jährlich vorgenommen (statt in Perioden von 5-10 Jahren) für den Zeitraum 2010 bis 2150. Hierfür wurde FOHOW zusätzlich adaptiert und ein Programm erstellt, dass den iterativen Austausch der Daten mit dem Bundesforschungszentrum für Wald (BFW, cf. WP3) über eine Cloud-basierte Lösung ermöglicht.
- FOHOW2 tauscht Preise für Rohholz mit CALDIS aus (Nadelsägerundholz, Laubsägerundholz, Nadelindustrieholz, Laubindustrieholz)
- FOHOW2 tauscht nicht die potenzielle Nachfrage aus, sondern direkt den Einschlag getrennt nach Eigentumskategorie (Nadelholz: Kleinprivatwald < 200ha, Betriebe >= 200 ha, österreichische Bundesforste, Laubholz: aggregiert für alle Eigentumskategorien) sowie nach Altersklassen (< 60 Jahre, >= 60 Jahre)
- CALDIS sendet Einschlagsmengen die laut waldwachstumskundlichem Modell erfüllt werden konnten. Sind diese geringer als im FOHOW2 wird die Nutzung im jeweilig ausgetauschten Jahr auf CALDIS-Mengen beschränkt. Ist dies nicht der Fall, so gelten die FOHOW2-Mengen.
- Zusätzlich sendet CALDIS die Vorratsänderung und die Zuwachsänderung, da dies wichtige Treiber der Marktsimulation im FOHOW2 sind.

In Bezug auf den Hektarvorrat wurde zudem eine Einschleifregelung festgelegt, um eine Übernutzung des Waldes zu vermeiden.

Hierzu wurden im Modell FOHOW durch Kurvenanpassung Multiplikatoren (als lookup-table) definiert. Grundlage war die Adaption eines in der Holzbiomasse-Aufkommens-Studie definierten Limits von 280 Vfm/ha für die Gesamtheit an Wirtschaftswald in Österreich. Dieser Wert wird auf die jeweilige Eigentumskategorie und Altersklasse umgelegt. Unterhalb dieses Wertes wird die Nutzung reduziert.

Tabelle 5. Definition der jeweiligen Grenzwerte nach Eigentumsart und Altersklasse. Unterhalb des jeweiligen Wertes ist die Einschleifregelung wirksam

Eigentumsart, Altersklasse	**Einschleifregelung gilt unterhalb von**
Kleinwald (agg. für Nadel, < 200 ha, < 60 Jahre)	180 Vfm/ha
Kleinwald (Nadel, < 200 ha, >= 60 Jahre)	340 Vfm/ha
Betriebe (Nadel, >= 200 ha, < 60 Jahre)	140 Vfm/ha
Betriebe (Nadel, >= 200 ha, >= 60 Jahre)	330 Vfm/ha
Bundesforste (Nadel, < 60 Jahre)	110 Vfm/ha
Bundesforste (Nadel, >= 60 Jahre)	300 Vfm/ha
Laubertragswald (Nadel, < 60 Jahre)	48 Vfm/ha
Laubertragswald (Nadel, >= 60 Jahre)	72 Vfm/ha

Die Simulationen umfassten Rohstoffe/Rohholz, Zwischenprodukte und Halbfertigprodukte. Letztere wurden für die Berechnung der vermiedenen Emissionen bzw. zur Abschätzung von notwendigen Ersatzdienstleistungen nach ihrer Verwendung in Endprodukten weiter aufgegliedert.

Folgende holzbasierte Rohstoffflüsse wurden zusätzlich berücksichtigt, die in der Holzeinschlagsmeldung nicht enthalten sind

- Mit dem Einschlag gekoppeltes Holzaufkommen wie Rinde, Kappholz/Übermaß, Ernterückstände (wie z.B. im Holzstromdiagramm enthalten)
- Sonstige Quellen für Holzbiomasse: Sägenebenprodukte, Holzabfälle der holzverarbeitenden Industrie, Altholz (*recovered post-consumer wood*), Schwarzlauge

Zusätzlich ist im verwendeten Modell auch Holz vom Nichtwaldboden berücksichtigt worden, die Systemgrenze war jedoch der österreichische Wald weshalb dieses Holz weder in der Darstellung der Ergebnisse berücksichtigt noch an nachfolgende Arbeitspakete weitergegeben wurde.

Hauptkomponente des WP4 war das Simulationsmodell der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft (FOHOW2), ein dynamisches partielles Gleichgewichtsmodell, das relevante holzbasierte Rohstoffmärkte und Produktmärkte berücksichtigt. Die Stärke des Modells ist die Ermittlung von mittel- bis langfristigen Entwicklungen im österreichischen waldbasierten Sektor (Schwarzbauer et al., 2013a, 2013b; Schwarzbauer and Stern, 2010; Stern et al., 2015) mit einem Fokus auf der Analyse von Szenarien und Wechselwirkungen zwischen Teilen des waldbasierten Sektors (z.B. Auswirkungen von sich verändernden politischen Rahmenbedingungen, Veränderungen in der Rohstoffverfügbarkeit, technologischer Innovation, etc.) in einem was-wäre-wenn-Ansatz (Hurmekoski and Hetemäki, 2013).

Das Modell inkludiert die Bilanzierung für Holzprodukte nach IPCC (2014) und folgt dem Tier 2 Ansatz. Sämtliche Berechnungen und Umrechnungsfaktoren in Bezug auf die THG-Bilanzierung für HWP sind konsistent mit den anderen Arbeitspaketen (dies betrifft insbesondere WP5).

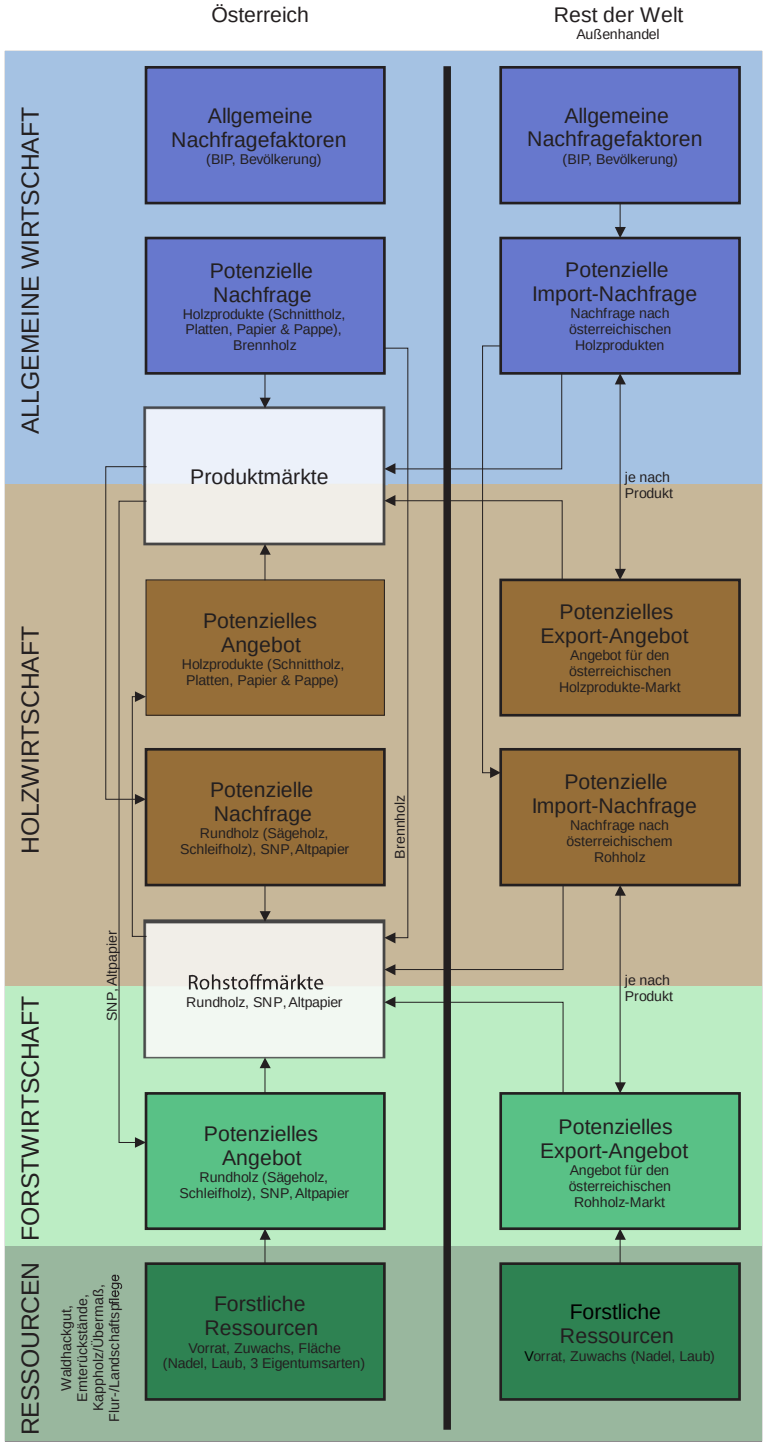


Abbildung 21. Schematische Darstellung des Modells FOHOW

6.4 Analyse der Lebenszyklus-THG-Emissionen von Holz- und Ersatzprodukten (WP 5)

Um die Frage des Klimaschutzes von Holzprodukten vollständig beantworten zu können, bedarf es zusätzlich auch eines Vergleichs der THG-Lebenszyklusemissionen von Holzprodukten/-brennstoffen und Ersatzprodukten im Betrachtungszeitraum der Szenarien.

Für diese Berechnungen wird ein Ökobilanzmodell namens GEMIS (Globales Emissions Modell Integrierter Systeme) verwendet und die Emissionen aus dem Holzeinsatz mit den Emissionen aus Ersatzprodukten aus anderen Materialien für unterschiedliche Szenarien für einen Zeitraum bis 2150 verglichen. GEMIS berücksichtigt dafür alle wesentlichen Prozesse, angefangen von der Primärenergie- und Rohstoffgewinnung bis zur Nutzenergie und Stoffbereitstellung, wie z.B. Hilfsenergie und Materialaufwand zur Herstellung von Energieanlagen und Transportsystemen. Dadurch werden neben den lokalen Emissionen auch die vorgelagerten Prozessemissionen in die Bilanzierung aufgenommen und ein gesamtheitliches Bild eines Prozesses abgebildet.

In den Berechnungen werden die Bereitstellung (Erzeugung samt Transport) der diversen Fertigprodukte und Brennstoffe aus Holz und aus den Substitutionsmaterialien, die Nutzung und die Entsorgung berücksichtigt, was dem gesamten Lebenszyklus dieser Güter entspricht. Die Berechnungen umfassen die stoffliche und energetische Nutzung von Holz im Vergleich zum geschätzten Mix aus Substitutionsmaterialien.

Die Emissionsfaktoren wurden mit der Datenbank ecoinvent 3.1 abgeglichen, und die direkten Emissionen insbesondere für fossile Brennstoffe werden laufend mit der österreichischen Luftemissionsinventur validiert, die u.a. Treibhausgase umfasst und jährlich aktualisiert wird. Methodische Details wie die verwendeten Emissionsfaktoren und Materialmischungen, die Holzprodukte substituieren, finden sich in einem Bericht des Vorgängerprojekts (Pölz et al. 2015). Es wird erwartet, dass die Emissionsfaktoren der stofflichen Substitution über die Jahre teilweise deutlichen THG-extensiver werden. Es wird eine Verbesserung der Emissionsfaktoren unterschiedlicher Materialien berücksichtigt (Hill et al 2011).

Tabelle 6. Entwicklung der THG Intensität zwischen 2010 und 2050

	Entwicklung der THG Intensität zwischen 2010 und 2050				
	2010	2020	2030	2040	2050
Stahl	100%	87%	75%	63%	50%
Aluminium	100%	88%	72%	54%	45%
Beton	100%	87%	75%	63%	50%
Kunststoff	100%	93%	85%	77%	70%
Ziegel	100%	87%	75%	63%	50%
Glas	100%	94%	88%	82%	75%
Keramik	100%	94%	88%	82%	75%
Gips (Karton und Platte)	100%	94%	88%	82%	75%

Tabelle 7. Emissionsfaktoren der Materialien und Produkte

Substitutionsmaterial	Emissionsfaktor in CO2-eq	Holzprodukte	Emissionsfaktor in CO2-eq
Gas	0,270 kg CO2-eq/kWh	Brennholz	0,037 kg CO2-eq/kWh
Heizöl	0,337 kg CO2-eq/kWh	Balkenschichtholz	141,1 kg CO2-eq/m³
Kohle	0,380 kg CO2-eq/kWh	Konstruktionsvollholz	97,8 kg CO2-eq/m³
Stahl	2,77 kg CO2-eq/kg	Schichtholzplatten	168,8 kg CO2-eq/m³
Aluminium	7,33 kg CO2-eq/kg	MItteldichte Faserplatte	413,5 kg CO2-eq/m³
Beton	0,35 kg CO2-eq/kg	Oriented Strand board (OSB)	411,8 kg CO2-eq/m³
Plastik	2,29 kg CO2-eq/kg		
Ziegel	0,19 kg CO2-eq/kg		
Glas	1,36 kg CO2-eq/kg		
Keramik	0,94 kg CO2-eq/kg		
Gips	0,21 kg CO2-eq/kg		

Für die Berechnungen erforderlich ist einerseits die anfallende Holzmenge, aufgeteilt nach verschiedenen Holzarten und deren Einsatzbereichen, die aus WP 4 zur Verfügung gestellt wird: Bau Konstruktion, gestaltende Konstruktion, Verpackung, Möbel, andere Waren und energetische Nutzung und andererseits jener Materialien, die die Holzprodukte ersetzen würden, sog. Substitutionsmaterialien.

Die Aufteilung der Holzinputmengen auf die Einsatzbereiche erfolgt nach folgender Tabelle.

	AUS DEM FOHOW: MENGEN in m3		ANTEIL in %	Herstellung von Waren	Möbel	Verpackung	andere Waren	Bau	Bau Konstruktion	Bau Gestaltend	Energetische Nutzung
INPUTS	Schnittholz	Nadel&Laub	26	18	3	46	52	82	17	83	0
		Nadel		13	1	27	73	87	17	83	0
		Laub		97	7	85	8	3	93	7	0
	Holzplatten		8	98	97	3	0	2	100	0	0
	Brennholz		13	0	0	0	0	0	0	0	100
	SNP		36	48	0	0	0	0	0	0	52
	Papier und Pappe		18	100	0	24	76	0	0	0	0

Abbildung 22: Produktmatrix: Aufteilung der Holzmengen auf die einzelnen Einsatzbereiche

Durch umfangreiche Recherche wurden jene Materialien identifiziert, die anstelle von Holz eingesetzt werden würden. Je nach Einsatzbereich kommen die Materialien Stahl, Aluminium, Beton, Kunststoff, Ziegel, Glas, Keramik und Gips zum Einsatz. Für die Umrechnung zwischen Substitutionsmaterial und Holzarten werden Korrekturfaktoren eingesetzt, welche den Umstand berücksichtigen, dass ein 1m³ Stahl nicht exakt 1m³ Holz ersetzten kann, da keine Massengleichheit bzw. unterschiedlichen Dichten vorliegen. Für die jeweiligen Einsatzbereiche wurden Korrekturfaktoren entwickelt, um funktionale Äquivalenz zwischen Holz-

und Ersatzprodukt herzustellen. Es wurde kein Unterschied bei der Nutzungsdauer zwischen Holzprodukt und Substitutionsprodukt vorausgesetzt.

Zur energetischen Nutzung kommen Sägenebenprodukte, Brennholz sowie Restholz aus dem Wald und Holzabfälle (inkl. Schwarzlauge) aus der holzverarbeitenden Industrie in Frage. Hier wurden die Substitutionsenergieträger basierend auf den Heizwerten der Holzprodukte und anderen Energieträger sowie auf den Mengenangaben in kWh kalkuliert.

Für energetisch genutztes Holz wurde ein Heizwert von 2,13 MWh/m³ herangezogen, ein Durchschnittswert für verschiedene thermische genutzte Holzsorten (Lauge, Brennholz, Rinde, Reste holzverarbeitender Industrie) (HAGAUER 2009).

Die Berechnung der Substitutionsemissionen für energetisch genutztes Holz durch andere Energieträger erfolgt nur für fossile Energieträger und folgt dem Energieeinsatz bei Haushalten und Dienstleistungen der Energieszenarien des Umweltbundesamtes 2017. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger ergibt keinen relevanten Unterschied, daher gibt es für den Ersatz von energetisch genutztem Holz durch andere erneuerbare Energieträger keine Berechnung von Substitutionsemissionen.

Bilanzjahr	Erdgas	Öl	Kohle	EE
2015	36%	27%	1%	36%
2020	38%	24%	1%	37%
2030	39%	18%	0%	43%
2040	39%	12%	0%	49%
2050	36%	7%	0%	57%

6.5 Analyse der Effekte der definierten Szenarien auf die THG-Bilanz des waldbasierten Sektors Österreichs (WP6)

In diesem WP werden die THG-Bilanzen des Waldes, der Holzprodukte, die vermiedenen Emissionen durch Holzprodukte sowie die zusätzlich erforderlichen Emissionen durch Ersatzdienstleistungen für Holzprodukte, die aufgrund eines Rückgangs der Holznutzung gegenüber dem Referenzszenario nicht zur Verfügung stehen, für alle Szenarien zusammengestellt und bewertet.

6.6 Analyse der ökonomischen Effekte der Szenarien auf den waldbasierten Sektor Österreichs (WP7)

Der österreichische waldbasierte Sektor (WBS) ist stark exportorientiert und bietet Arbeitsplätze in strukturschwachen ländlichen Regionen. Somit ist es wichtig, die wirtschaftliche Bedeutung des WBS durch Relation zu gesamtwirtschaftlichen Daten zu quantifizieren. Für diesen Vergleich sind folgende Aspekte von Bedeutung:

- In die Berechnungen fließen vor allem offizielle Statistiken der Statistik Austria und des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus, Umwelt und Wasser (Grüner Bericht) ein, welche frei verfügbar sind.
- Dargestellt wird die (Brutto-)Wertschöpfung der Branchen, nicht der Produktionswert. Dies ist vor allem für die Berechnung von Anteilen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) von Bedeutung, da dieses die Summe aller Wertschöpfungen und nicht der Produktionswerte darstellt.
- Da es neben dem Vergleich mit dem BIP speziell auch um den Vergleich mit dem sogenannten „Sekundären Sektor“ geht, in welchem u.a. die „Herstellung von Waren“ inkludiert ist, werden hier neben der Forstwirtschaft nur produzierende Teile der Holzwirtschaft mit einbezogen. Handel und energetische Nutzung von Holz sind hier daher nicht berücksichtigt.
- Die Vergleiche beinhalten zwei Zeitpunkte, nämlich 2006 und 2015, da für diesen Zeitraum bzw. diese beiden Zeitpunkte die verfügbaren Daten konsistent vorliegen

Die Wettbewerbsfähigkeit des WBS hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Investitions- und Innovationskraft und somit auf die Standortsicherung des WBS. Mit Hilfe der Analyse konstanter Marktanteile (Constant Market Share Analyse, CMSA) nach Milana (Milana, 1988) wurde die Wettbewerbsfähigkeit des öst. WBS sowie der neun exportstärksten OECD-Länder im Zeitraum von 1999–2017 analysiert. Zur Analyse wurden bilaterale Handelsströme aus der COMTRADE (Commodity Trade Statistics Database) Datenbank der Vereinten Nationen (United Nations, UN) herangezogen.

Forstwirtschaft

In der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung der Statistik Austria wird die Wertschöpfung der Forstwirtschaft dem sogenannten "Primären Sektor" = Urproduktion zugerechnet. Bezugsgrößen für die Berechnung des Anteils der forstlichen Bruttowertschöpfung bezüglich Holz für stoffliche Nutzung sind (a) die gesamte Bruttowertschöpfung der Land- und Forstwirtschaft (beide aus BMLFUW, 2017) und (b) das gesamte Brutto-Inlandsprodukt (Statistik Austria, 2018, 2009) (Tab. 1).

Holzwirtschaft

Die Definition bzw. Abgrenzung der Holzwirtschaft kann unterschiedlich erfolgen. Für AP7 wurden die Kernbereiche der Holzwirtschaft berücksichtigt. Folgende produzierende[1] Branchen des WBS wurden berücksichtigt (Bezeichnungen nach Statistik Austria, 2017 - ÖNACE).

[1] Da hier der produzierende Teil der Holzwirtschaft im Mittelpunkt steht (vor allem, da er in Relation zur gesamten Herstellung von Waren (Sektor C nach Statistik Austria) dargestellt werden soll), muss hier die Branche Holzhandel ausgespart werden.

- Herstellung von Holzwaren; Korbwaren (C16), davon
  - Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke (C161)
  - H.v. Furnier- und Holzfaserplatten (C1621) (Anm.: inkl. Spanplatten)
  - H.v. Parketttafeln (C1622)
  - H.v. Ausbauelementen aus Holz (C1623)
  - H.v. Verpackungsmitteln aus Holz (C1624)
  - H.v. sonst. Holzwaren; Korbwaren (C1629)
- Herstellung von Papier/Pappe und Waren daraus (C17), davon
  - H.v. Holz-/Zellstoff, Papier, Karton (C171)
  - H.v. Waren aus Papier und Pappe (C172)

Außenhandel

Zur Analyse des Außenhandels wurden die im FOHOW2 simulierten Daten mit COMTRADE-Daten nach dem Harmonisierten System abgeglichen. Zusätzlich wurden die daraus gewonnenen Daten mit Hilfe der Außenhandelsstatistik der Plattform Forst-Holz-Papier (FHP) überprüft. Folgende Kategorien wurden berücksichtigt:

- Nadel-Rohholz (Nadel-Sägerundholz, Nadel-Industrieholz; HS 440320)
- Laub-Rohholz (Laub-Sägerundholz, Laub-Industrieholz; HS 440391, 440392, 440399)
- Nadelschnittholz (HS 440710)
- Laubschnittholz (HS 440791, 440792, 440793, 440794, 440795, 440799)
- Spanplatten (inkl. OSB, Grobspanplatten, etc.) und Faserplatten (inkl. MDF; HS 4410, 4411)
- Papier und Pappe (14 relevante Kategorien; HS 4802, 4803, 4804, 4805, 4807, 4808, 4810, 4811, 4814, 4817, 4818, 4819, 4820, 4821)

Die Constant Market Share Analyse (Analyse der konstanten Marktanteile; CMSA), die die Exporte eines Landes wertmäßig in vier Effekte unterteilt, wurde angewendet (Dieter and Englert, 2009):

- Weltmarkteffekt: gleicher Trend wie im Weltmarkt (aggregierte Weltexporte)
- Warenstruktureffekt: Abweichungen vom Weltexporttrend, die sich auf das Gütersortiment zurückführen lassen
- Regionalstruktureffekt: Exporte in Regionen in denen die Nachfrage stärker zunimmt als im globalen Durchschnitt
- Wettbewerbseffekt: Entwicklung der Marktanteile, die durch die vorherigen drei Effekte nicht erklärt werden kann. Indikator für eine verbesserte Wettbewerbsposition.

6.7 Politikanalyse und Erstellung des Entscheidungsfindungs-Tools (WP 8)

Wie der aktuelle Forschungsstand zeigt, enthält der Einsatz von Holz große Potenziale zur Mitigation des Klimawandels und zur Erhöhung der Kohlenstoffvorräte. Trotz Diskussionen über unterschiedliche Berechnungsansätze (z. B. Krug, 2018) kann der Forstsektor mit der Produktion langlebiger Holzprodukte und der Bereitstellung von CO2-neutraler, erneuerbarer Energie

dazu beitragen, internationale Klimaziele wie das Pariser Abkommen zu erreichen (Rüter 2011). Das Umweltbundesamt Österreich fordert im letzten Kontrollbericht ein umfassendes Konzept für die Nutzung von Holz im Hinblick auf den künftig steigenden Bedarf an Rohholz und Energie unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten und unter Einbeziehung aller beteiligten Akteure (Umweltbundesamt 2016, S.100f.). Unter der Annahme, dass die aktuellen politischen Maßnahmen eventuell zukünftig nicht ausreichen, um eine treibhausgas- (THG) optimierte Forstwirtschaft in Österreich durchzuführen, befasste sich das Arbeitspaket mit der Entwicklung von Entscheidungsgrundlagen und politischen Handlungsoptionen für die Forst- und Holzwirtschaft. Vor dem Hintergrund der aktuellen Forschungsliteratur wurden anhand einer dreistufigen Delphi-Umfrage, sechs Fokusgruppen und insgesamt 13 qualitativen Experteninterviews mit österreichischen Experten/innen klimapolitische Optionen für die österreichische Holzwertschöpfungskette erarbeitet. Die Ergebnisse skizzieren und bewerten insbesondere politische Maßnahmen und Instrumente, die von den befragten Interviewpartnern und Stakeholdern erarbeitet und diskutiert wurden. Das methodische Vorgehen (die drei-stufige Delphi-Befragung, Literatur- und Dokumentenauswertung, 13 qualitative Expert/inneninterviews, 2 Stakeholderworkshops, 3 Gruppendiskussionen sowie mehrstufige Expertenbewertungen nach Likert-Skalierungen zur Wertigkeit der Maßnahmen für Österreich) ist in Abbildung 1 (s.u.) schematisch dargestellt.

In der Erhebung wurden auch Wechselwirkungen zwischen politischen Optionen berücksichtigt. So wirken sich Maßnahmen in der Forstwirtschaft in ihrer Folge auf die zur Verfügung stehende Rohholzmenge aus. Dies bedeutete für unser Arbeitspaket, dass z.B. politische Maßnahmen, welche auf die Erhöhung der Kohlenstoffsenken in Wäldern abzielen, Maßnahmen entgegenstehen, die zum einen die Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten und zum anderen die Substitution fossilbrennstoffintensiver Produkte fördern sollen. Ebenso wirken sich energetischer und materieller Gebrauch unter Umständen negativ aufeinander aus, da nicht immer erkennbar ist, ob der energetische Gebrauch am anderen Ende der Wertschöpfungskette stattgefunden hat, nachdem kein anderer materieller Gebrauch möglich war; oder ob er z.B. auch in Kuppelproduktion, bzw. sogar als Verfeuerung von anders stofflich verwendbaren Waldfrischholzes stattfand. Der Begriff kaskadische Nutzung wurde in diesem Zusammenhang von einigen der befragten Stakeholder als dehnbar angesehen und insbesondere in der Delphi-Umfrage (diese war anonymisiert) aber auch in den darauffolgenden Stakeholder Workshops und Fokusgruppen vehement diskutiert.

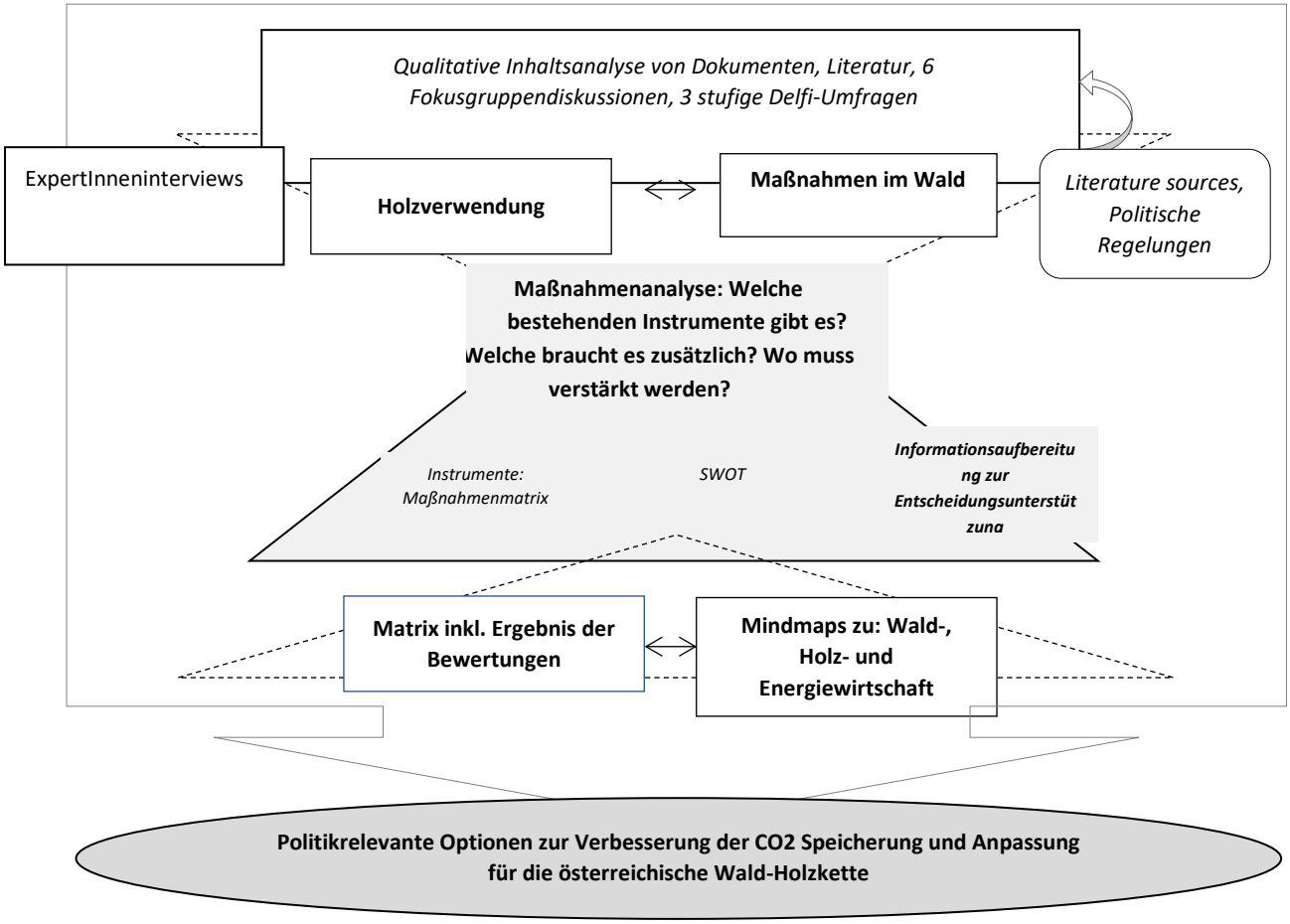


Abbildung 23. Methodisches Vorgehen WP 8 „Policy Analysis and Decision Support“

Tabelle 8. Eingesetzte Methoden der Datenerhebung im Detail

Methode	Anzahl und Zeitraum der Datenerhebungen
Sekundärdaten	Forschungsliteratur, Richtlinienpapiere (hauptsächlich im Zeitraum 2010-2019) in Bezug auf Bioökonomie, Klimawandel, Wälder und Holzprodukte, zeitrahmen der Erhebung: April 2017-September 2017
Einzelinterviews	13 Interviews mit Experten und Wissenschaftlern aus Wirtschaft, Lobbygruppen, politischen Entscheidungsträgern und politischen Akteuren, jeweils 1-2 Stunden. Zeitrahmen: August 2017- Mai 2019
Delphi-Umfrage	drei Runden Delphi-Umfragerunden, inkl. offene und geschlossene Fragen. Zeitrahmen August 201-März 2018
Fokusgruppen	6 Fokusgruppendiskussionen mit Experten und Wissenschaftlern aus Wirtschaft, Lobbygruppen, politischen Entscheidungsträgern und politischen Akteuren, die im Mai und Oktober 2018 stattfanden.

Die gewonnenen Daten wurden unter folgenden Analysekriterien untersucht:

1) Welche Maßnahmen wurden genannt
2) Welche Maßnahmen gibt es bereits
3) Welche Maßnahmen, müssen wie verändert oder neu geschaffen werden

Danach wurde eine SWOT-Analyse zur Positions- und Wertebestimmung, sowie zur Identifikation möglicher zukünftiger strategischer Ausrichtungen im österreichischen Forst- und Holzsektor erstellt in Form einer Maßnahmenmatrix erstellt. Die Delphi-Umfrage wurde ausgewertet, um einerseits die größten Hindernisse für eine THG-optimierte Waldbewirtschaftung und Holzeinsatz zu quantifizieren, sowie unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Literaturrecherche, Fokusgruppen und Einzelinterviews die grundsätzlichen Vorschläge in Richtung THG-Mitigation im österreichischen Forst- und Holzsektor zu identifizieren. Diese Ergebnisse wurden in den publizierten Mindmaps zur Entscheidungsunterstützung bereitgestellt.

6.8 Literatur

BFW, 2015: Treibhausgasbilanz der österreichischen Holzkette. Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, BFW Praxisinformation Nr. 38, 19 pp., http://bfw.ac.at/cms_stamm/500/PDF/BFW_praxisinformation38_treibhausgasbilanz.pdf

BMLFUW, 2017. Grüner Bericht 2016. Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft im Jahr 2016. Wien.

Braun M., Fritz D., Weiss P., Braschel N., Büchsenmeister R., Freudenschuß A., Gschwantner T., Jandl R., Ledermann T., Neumann M., Pölz W., Schadauer K., Schmid C., Schwarzbauer P., Stern T. 2016: A holistic assessment of greenhouse gas dynamics from forests to the effects of wood products use in Austria. Carbon Management, DOI: 10.1080/17583004.2016.1230990, http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17583004.2016.1230990

Chimani B., Heinrich G., Hofstätter M., Kerschbaumer M., Kienberger S., Leuprecht A., Lexer A., Peßenteiner S., Pötsch M.S., Salzmann M., Spiekermann R., Switanek M. und H. Truhetz, 2016. ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse. Projektendbericht, Wien. CCCA Data Centre. PID: https://hdl.handle.net/20.500.11756/06edd0c9. [September 20, 2019]

Dieter, M., Englert, H., 2009. Zur Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Holzwirtschaft – eine Constant-Market-Share-Analyse | Competitiveness in the European forest industry sector – a constant market share analysis. Schweizerische Zeitschrift fur Forstwes. 160, 375–383. https://doi.org/10.3188/szf.2009.0375

Gschwantner, T., Kindermann, G., Ledermann, T. 2010: Weiterentwicklung des Wachstumssimulators PrognAus durch Einbindung klimarelevanter Parameter, in: Neumann, M. (Ed.), Auswirkungen des Klimawandels Auf Österreichs Wälder - Entwicklung Und Vergleichende Evaluierung Unterschiedlicher Prognosemodelle. Forschungsbericht A760631. Climate and Energy Fund, Vienna, p. 150.

Hetemäki, L., Hurmekoski, E., 2016. Forest Products Markets under Change: Review and Research Implications. Curr. For. Reports 2, 177–188. https://doi.org/10.1007/s40725-016-0042-z

Hurmekoski, E., Hetemäki, L., 2013. Studying the future of the forest sector: Review and implications for long-term outlook studies. For. Policy Econ. 34, 17–29. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2013.05.005

IPCC 2018: 12-Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf [Sept. 30, 2019]

IPCC, 2014. 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. Switzerland.

IPCC (2014) Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.

Kindermann G. (2010) Erste österreichweite Jahrringanalyse: Daten, Methoden und Ergebnisse, BFW-Dokumentation, Wien, (11): 77S.

Kindermann, G. 2010: Eine klimasensitive Weiterentwicklung des Kreisflächenzuwachsmodells aus PROGNAUS. Austrian Journal of Forest Science 127, 147–178.

Krug, Joachim (2018): Accounting of GHG emissions and removals from forest management: A long road from Kyoto to Paris, in: Carbon Balance and Management, 13:1; Open Access

Ledermann, T. 2006: Description of PrognAus for Windows 2.2. In: Hasenauer, H. (Ed.)., Sustainable Forest Management - Growth Models for Europe. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 71-78.

Ledermann, T. 2010: Evaluierung des Waldwachstumsmodells PROGNAUS. In: Neumann, M. (Ed.)., Abschlussbericht des Fichten-Pflanzweiteversuchs am Hauersteig. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien, pp. 61-75.

Ledermann, T. 2017: Ein Modell zur Abschätzung der Zufallsnutzungen in Österreich. In: Klädtke, J., Kohnle, U. (Eds.), Beiträge zur Jahrestagung 2017 in Untermarchtal/Baden-Württemberg. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde, ISSN 1432-2609, Freiburg, pp. 9-19.

Ledermann T., Kindermann G., Gschwantner T. (2017) National Woody Biomass Projection Systems Based on Forest Inventory in Austria. In: Barreiro, S., Schelhaas, M.J., McRoberts, R.E., Kändler, G. (Eds.), Forest Inventory-based Projection Systems for Wood and Biomass Availability. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 79-95.

Milana, C., 1988. Constant-market-shares analysis and index number theory. Eur. J. Polit. Econ. 4, 453–478. https://doi.org/10.1016/0176-2680(88)90011-0

Monserud, R.A., Sterba, H. 1996: A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria. Forest Ecology and Management 80, 57-80.

Monserud, R.A., Sterba, H. 1999: Modeling individual tree mortality for Austrian forest species. Forest Ecology and Management 113, 109-123.

Pölz W., Braschel N., Fritz D. 2015: Treibhausgasemissionen des stofflichen und energetischen Einsatzes von Holz in Österreich im Vergleich zu Substitutionsstoffen. https://bfw.ac.at/cms_stamm/050/PDF/holzkette/Umweltbundesamt_Substitutionsemissionen_end160701.pdf

Rüter, S. (2011): Welchen Beitrag leisten Holzprodukte zur CO2 Bilanz? AFZ-Der Wald 66(15), 15-18

Schwarzbauer P. 1989: Modellstudie über die Folgen eines EG-Beitritts für die österreichischen Holzmärkte. Internationaler Holzmarkt Nr. 22, S. 7-10 und Nr. 23, S. 13-15

Schwarzbauer P. (1990) Comparison of two models of the Austrian forest sector. IIASA Working Paper WP-90-23. IIASA, Laxenburg, Austria, 58.

Schwarzbauer P. 1991: Mögliche Auswirkungen des Waldsterbens auf die österreichischen Holzmärkte. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, Heft 3, S. 283-295

Schwarzbauer P. (1993) Der Österreichische Holzmarkt im Modell. EG - Waldsterben - Zellstoffmarkt. Univ. für Bodenkultur, Wien, 111.

Schwarzbauer P., Rametsteiner E. (2001) The impact of SFM-certification on forest product markets in Western Europe - an analysis using a forest sector simulation model. For. Policy Econ. 16, 241–256.

Schwarzbauer, P., Huber, W., Stern, T., Hasenauer, H., 2013a. Reduction of Forest Areas Available for Wood Supply (FAWS) - Impacts on the Economic Situation of the Austrian Forest-Based Sector. Austrian J. For. Sci. 130, 61–83.

Schwarzbauer, P., Stern, T., 2010. Energy vs. material: Economic impacts of a “wood-for-energy scenario” on the forest-based sector in Austria—A simulation approach. For. Policy Econ. 12, 31–38. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.004

Schwarzbauer, P., Weinfurter, S., Stern, T., Koch, S., 2013b. Economic crises: Impacts on the forest-based sector and wood-based energy use in Austria. For. Policy Econ. 27, 13–22. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2012.11.004

Statistik Austria, 2009. Leistungs- und Strukturstatistik 2005-2007 nach ÖNACE 2008 [WWW Document]. URL http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/produktion_und_bauwesen/leistungs_und_strukturdaten/index.html (accessed 3.2.18).

Statistik Austria, 2017. Leistungs- und Strukturstatistik 2015, Hauptergebnisse [WWW Document]. URL http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/produktion_und_bauwesen/leistungs_und_strukturdaten/index.html (accessed 3.2.18).

Statistik Austria, 2018. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Hauptgrößen [WWW Document]. URL

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/volkswirtschaftliche_gesamtrechnungen/bruttoinlandsprodukt_und_hauptaggregate/jahresdaten/index.html (accessed 3.20.18).

Sterba, H. 1999: PROGNAUS - ein Validierungsbeispiel. In: Kenk, G. (Ed.)., Beiträge zur Jahrestagung 1999 in Volpriehausen. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde, ISSN 1432-2609, Freiburg, pp. 24-32.

Sterba, H., Monserud, R.A. 1997: Applicability of the forest stand growth simulator PROGNAUS for the Austrian part of the Bohemian Massif. Ecological Modelling 98, 23-34.

Sterba, H., Korol, N., Rössler, G. 2001: Ein Ansatz zur Evaluierung eines Einzelbaumwachstums-simulators für Fichtenreinbestände. Forstwissenschaftliches Centralblatt 120, 406-421.

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. Change 91, 311–326. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.04.001

Umweltbundesamt (2016): Elfter Umweltkontrollbericht. Umweltsituation in Österreich. Umweltbundesamt, Wien

Umweltbundesamt (2019): Austria's National Inventory Report 2019. REP-0677, Umweltbundesamt Wien, 636 pp.

7 Arbeits- und Zeitplan

Im Zuge der Projektbearbeitung kam es aufgrund der komplexen Aufgabe der Modellierung über die Schnittstellen in WP 3 und WP 4 zu zusätzlichem Zeitbedarf, sodass das Projekt um sieben Monate bis Mitte November 2019 verlängert wurde. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen den WPs wurden aus diesem Grund auch die WPs 1 und 5 bis 9 um sieben Monate später fertiggestellt.

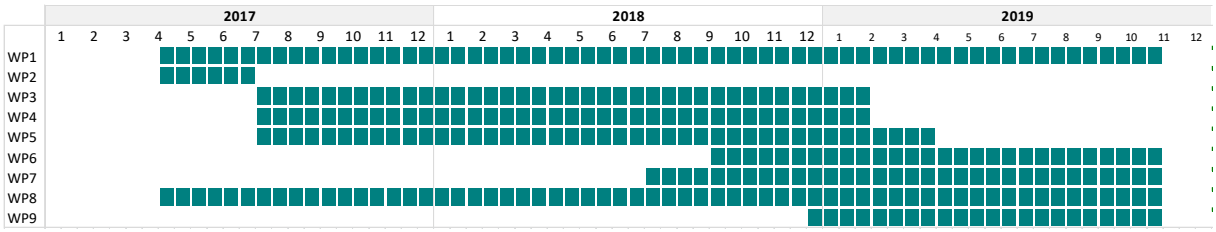
Neben der Verlängerung einzelner WPs um sieben Monate gab es keine Änderungen des Arbeits- und Zeitplans.

Tabelle 9: Arbeitsplan des Projekts CareforParis

WP	Titel Work Package (WP)	Dauer (Monate)
WP1	Projekt Management	31
WP2	Definition von sechs Szenarien von Klimawandel und Klimawandelanpassung im Österreichischen Wald und der Rahmenbedingungen für den waldbasierten Sektors Österreichs	3
WP3	Simulation der Klimawandel- und Klimawandelanpassungseffekte auf die THG-Bilanz des Österreichischen Waldes sowie auf die Holznutzung und –versorgung für die definierten Szenarien	19

WP4	Simulation der Klimawandel- und Klimawandelanpassungseffekte auf die THG-Bilanz des Holzproduktepools aus dem Österreichischen Wald und auf die Änderungen der Holzprodukteversorgung für die definierten Szenarien	19
WP5	Analyse der Lebenszyklus-THG-Emissionen von Holzprodukten/-brennstoffen aus dem Österreichischen Wald verglichen mit Ersatzprodukten/-brennstoffen aus anderen Materialien für die definierten Szenarien	21
WP6	Analyse der Effekte der definierten Szenarien auf die THG-Bilanz des waldbasierten Sektors Österreichs	14
WP7	Analyse der ökonomischen Effekte der Szenarien auf den waldbasierten Sektor Österreichs	16
WP8	Politikanalyse und Erstellung des Entscheidungsfindungs-Tool	31
WP9	Evaluierung und Öffentlichkeitsarbeit	11

Abbildung 24. Finaler Zeitplan des Projekts CareforParis



8 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

Akteure und Akteurinnen aus der Politik (national und regional), Wissenschaft (forschende, lehrende und studierende) und der Gesellschaft (Unternehmen der Holzverarbeitenden Industrie und Bevölkerung) wurden als Zielgruppen unserer verschiedenen Disseminierungsaktivitäten definiert und wie in den nachfolgenden Tabellen gezeigt adressiert. Die Disseminierungsaktivitäten für dieses Projekt wurden in einem eigenen Arbeitspaket gebündelt und liefen schon in der frühen Projektphase an. Allgemeine Informationen wie der Projekt-Start wurden über vor allem über die Webseiten der Projektpartner gestreut bzw. webbasierte Auftritte eingerichtet (Projekt Homepage, Research Gate).
Während des Projektes wurden Informationen zum Projekt, Projektziel und Zwischenergebnisse Schwerpunktmäßig an Akteure und Akteurinnen der Politik weitergegeben und die zusätzliche Einbindung in zwei Stakeholder-Workshops und Befragungen ermöglichten eine gemeinsame Synthese und Wissenstransfer. Hervorzuheben sind die entwickelten mindmaps zur Informationsaufbereitung und Entscheidungsunterstützung aus der Politikfeldanalyse abzurufen unter https://careforparis.boku.ac.at/.
Die Ressourcen konzentrierten sich auf die Disseminierung der erarbeiteten Projekt-Ergebnisse in der Schlussphase des Projektes. Vor allem die wissenschaftlichen Publikationen werden im Nachgang des Projektes zur Veröffentlichung kommen. Weitere Ergebnisse werden über verschiedene Kanäle an die Zielgruppen herangetragen wie im Folgenden tabellarisch dokumentiert.

Tabelle 10: Entwickelte Arbeitspapiere im Laufe des Projektes

Titel	Datum	Kanal	Zielgruppe
Entscheidungsgrundlagen zur Holzverwendung und Klimaschutz	3.05.18	e-mail	Nationale und regionale Akteure und Akteurinnen
Entscheidungsgrundlagen der Holzverwendung für den Klimaschutz: Erste Ergebnisse	3.10.18	e-mail	Nationale und regionale Akteure und Akteurinnen
Interim Report – Activity Report	31.04.18	Web	Politik, Wissenschaft
Publizierbarer Endbericht	30.11.19	Web	Politik, Wissenschaft, Zivilgesellschaft

Tabelle 11: Abgehaltene Präsentationen im Laufe des Projektes

Bezeichnung	Datum, Ort	Präsentator/In	Titel der Präsentation	Zielgruppe, Reichweite
Stakeholder Workshop I	15.03.17, Wien	Alice Ludvig	Entscheidungsgrundlagen zur Holzverwendung und Klimaschutz	Politik, Zivilgesellschaft, 40
Stakeholder Workshop II	03.10.17, Wien	Alice Ludvig	Entscheidungsgrundlagen der Holzverwendung für den Klimaschutz: Erste Ergebnisse	Politik, Zivilgesellschaft, 40
19. Österreichischer Klimatag, Konferenz	24.04.18, Salzburg	Peter Weiss, Martin Braun	CareForParis	Politik, Wissenschaft, 200
Podiumsdiskussion BOKU	23.05.19, Wien	Peter Schwarzbauer	Podiumsdiskussion der Studienvertretung Forst- und Holzwirtschaft “Unser Wald im Wandel der Zeit…”	Wissenschaft, Zivilgesellschaft, 100
Forum Wood Building Nordic 2019 Konferenz	26.09.19, Helsinki, Finnland	Heini Vitemäki , Alice Ludvig	Institutional and policy frameworks shaping the Wooden Multi-Storey Construction markets: A comparative case study on Austria and Finland	Wissenschaft, 200
XXV IUFRO World Congress	29.09.19, Curitiba, Brasilien	Martin Braun	The contribution of the Austrian forest-based sector to climate change mitigation with regard to climate change impacts and adaptation measures in Austrian forests	Wissenschaft, 200
Abschluss Präsentation	23.10.19, Wien	Alle ProjektpartnerInnen	CareForParis - Abschlusspräsentation	Politik, Wissenschaft, Zivilgesellschaft, 80

Tabelle 12: Wissenschaftliche Artikel

Autoren / Innen	Jahr	Titel	Journal
Vihemäki, H.; Ludvig, A.; Toivonen, R.; Toppinen, A., Weiss, G.	2019	Institutional and policy frameworks shaping the Wooden Multi-Storey Construction markets: A comparative case study on Austria and Finland	Wood Material Science and Engineering.
Ludvig, A. et al.	2019 eingereicht	The Policies of for carbon efficient forests and the entire wood value chain	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLICY
Braun et al.	2020 geplant	The effect of adaptive forest management on carbon dynamics of the entire Austrian forest based sector	Carbon Management
Braun et al.	2020 geplant	Analysis of the competitiveness of the Austrian forest based sector .. a constant market share analysis.	Forest Policy and Economics
Ledermann et al.	2020 geplant	Arbeitstitel: Modellierung der C-Flüsse im österreichischen Wald	Tbd
Fritz et al.	2020 geplant 2020	Arbeitstitel: Relevanz von Substitutionsemissionen in der THG-Bilanz des österreichischen Waldes	Tbd
BFW	2020 geplant	Arbeitstitel: Ergebnisse des CareForParis Projekts	BFW Praxisinfo

Tabelle 13: Presseaussendungen und webbasierte Auftritte im Laufe des Projektes

Titel	Datum	Kanal, Link	Zielgruppe
CareForParis @Research Gate	20.07.17	https://www.researchgate.net/project/CareforParis-Adaptation-for-carbon-efficient-forests-and-the-entire-wood-value-chain	Politik, Wissenschaft, Gesellschaft
MAIF am Klimatag	16.06.18	Aussendung Wood News Verteiler Wood K plus	Forst- und Holzwirtschaft, Partnerunternehmen von Wood K plus,Öffentliche Körperschaften
Podiumsdiskussion BOKU	25.05.19	https://boku.ac.at/wiso/mi	Politik, Wissenschaft, Gesellschaft
23.10.2019 Save the Date: CareforParis	29.05.19	https://boku.ac.at/wiso/mi/newsitem/54884	Wissenschaft, Politik, Gesellschaft
Klimakrise managen: …	30.10.19	Aussendung APA-OTS	Politik, Wissenschaft, Gesellschaft
Klimakrise managen: …	31.10.19	https://www.umweltbundesamt.at/aktuell/presse/lastnews/news2019/news_191030_2/	Politik, Wissenschaft, Gesellschaft

Ökoevent für CareForParis	08.11.19	https://www.oekoevent.at/	Politik, Wissenschaft, Gesellschaft
Klimapolitische Maßnahmen ….	08.06.19	https://careforparis.boku.ac.a	Politik, Wissenschaft

Tabelle 14: Lehre an der Universität für Bodenkultur Wien

Art, Thema	Datum	Lehrende/r	Studierende
735.185 Übung Datenerhebung, Holzmengenerhebung zu langlebigen Holzprodukten	01.10.2017-01.02.2018	Martin Braun	35
735.185 Übung Datenerhebung, Theoretische und Tatsächliche Lebensdauer von Produkten	01.10.2017-01.02.2018	Franziska Hesser	35
735.179 Seminar Marktlehre Holz und NAWAROS, Bioökonomie – Die Rolle der Bioökonomie und Möglichkeiten nachhaltiger Innovation in der Forst- und Holzwirtschaft	01.03.2018-30.06.2018	Martin Braun	40
735.179 Seminar Marktlehre Holz und NAWAROS, Bioökonomie – Nachhaltige Produktion und Innovation in der Forst- und Holzwirtschaft	07.03.2019-27.06.2019	Martin Braun	40
732.321 Mountain Forest Policy	01.10.2018-31.01.2019	Alice Ludvig	20
732.337 Innovation in Forestry	01.10.2018-31.01.2019	Gerhard Weiss Alice Ludvig	22
Masterarbeit, Entwicklung von Entscheidungsgrundlagen zu klimapolitischen Maßnahmen im österreichischen Forst- und Holzsektor.	2018-2019	Karl Hogl, Alice Ludvig	Blasius Franz Schmid

Tabelle 15: Vernetzung mit anderen Projekten

Projekt-Name (Akronym)	Projektkonsortium	Laufzeit	Förder geber	www link
MoreSeedsAdapt	BOKU, Wood K plus, BFW	2016-2020	ACRP	https://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=10403
Laubholzroadmap	Wood K plus	2017-2018	Land NÖ	-
BENCHVALUE	EFI; Joensuu, BOKU Vienna	2017-2019	SUM-Forest	https://www.sumforest.org/wp-content/uploads/2017/10/007-Benchvalue.pdf

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte sowie die barrierefreie Gestaltung der Projektbeschreibung, übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

Die Fördernehmerin/der Fördernehmer erklärt mit Übermittlung der Projektbeschreibung ausdrücklich über die Rechte am bereitgestellten Bildmaterial frei zu verfügen und dem Klima- und Energiefonds das unentgeltliche, nicht exklusive, zeitlich und örtlich unbeschränkte sowie unwiderrufliche Recht einräumen zu können, das Bildmaterial auf jede bekannte und zukünftig bekanntwerdende Verwertungsart zu nutzen. Für den Fall einer Inanspruchnahme des Klima- und Energiefonds durch Dritte, die die Rechtinhaberschaft am Bildmaterial behaupten, verpflichtet sich die Fördernehmerin/der Fördernehmer den Klima- und Energiefonds vollumfänglich schad- und klaglos zu halten.