4. EBERSBERGER WALD- UND UMWELTGESPRÄCHE



RISIKO KLIMAWANDEL: KANN MAN MIT HOLZ DAGEGEN ANBAUEN?

PROF. DR. HUBERT RÖDER LEHRSTUHL FÜR NACHHALTIGE BETRIEBSWIRTSCHAFT

HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF TUM CAMPUS STRAUBING FÜR BIOTECHNOLOGIE UND NACHHALTIGKEIT

ALTES KINO EBERSBERG – 06.11.2023









EINFÜHRUNG -WÄLDER EUROPAS

Die Wälder in Europa sollen in Zukunft vor allem einen positiven Beitrag zum Klimaschutz, aber auch zur Biodiversität und zu einer nachhaltigen kreislauforientierten Bioökonomie liefern.

In der EU werden aktuell durchschnittlich 73% des jährlichen Zuwachses genutzt (incl. illegal logging).

Eine Steigerung der Holznutzung wäre also nachhaltig ohne Probleme möglich.

Die Waldstrukturen sind in den EU-Mitgliedsländern allerdings sehr unterschiedlich.



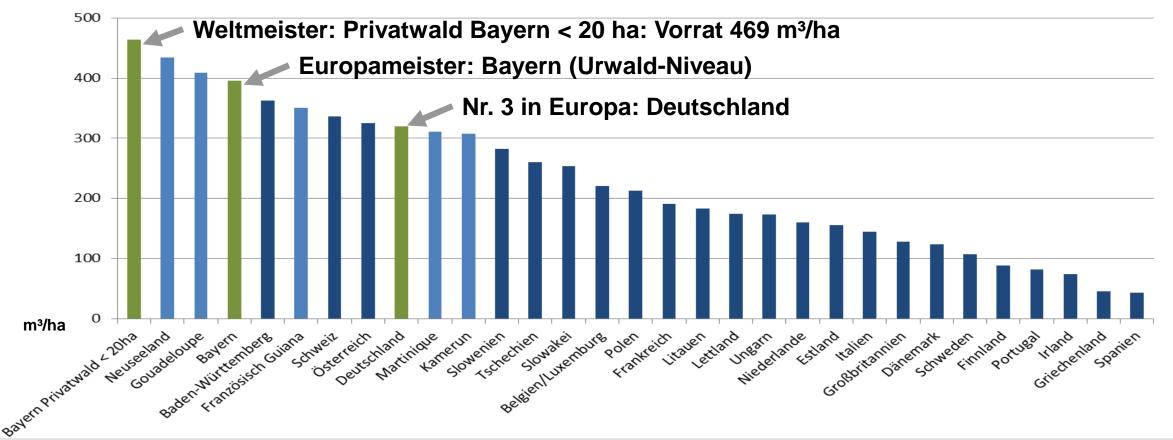






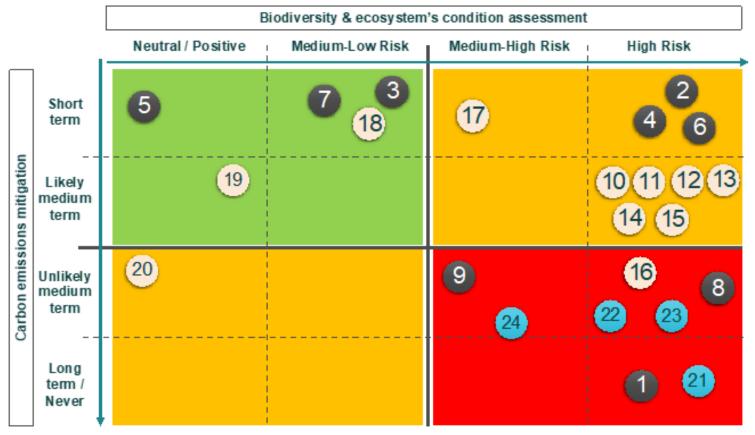
EINFÜHRUNG – HOLZVORRÄTE IN EUROPA

In der Schweiz, Österreich und Deutschland stehen die höchsten Holzvorräte Europas gefolgt von Slowenien, Tschechien und der Slowakei. Die Möglichkeiten zum Vorratsaufbau sind hier sehr begrenzt und Schadholzanteile im Klimawandel sehr hoch.



EINFÜHRUNG – EU-JRC BERICHT "BIOENERGY"

Nur 4 Szenarien beschreiben den durch den Klimawandel notwendigen Waldumbau (Nr. 21-24: Umwandlung von Naturwäldern in Plantagen). Die Umwandlung von Nadelholz-Reinbestände in Mischwälder wurde nicht untersucht.



Intervention	Archetype ID		Pathway description	Biodiversity impact assessment	Carbon payback time assessment
Logging residues removal	1		Coarse Woody debris	High	Long-term
Logging residues removal	2		Fine woody debris. Slash + foliage/needles	High	Short-term
Logging residues removal	3		Fine woody debris. Slash + foliage/needles	Medium-Low	Short-term
Logging residues removal	4		Fine Woody Debris. Slash	High	Short-term
Logging residues removal	5		Fine Woody Debris. Slash	Neutral	Short-term
Logging residues removal	6		Fine Woody Debris. Slash	High	Short-term
Logging residues removal	7		Fine Woody Debris. Slash	Medium-Low	Short-term
Logging residues removal	8		Low stumps	High	Unlikely medium- term
Logging residues removal	9		Low stumps	Medium-High	Unlikely medium- term
Afforestation	10		ural grassland to monoculture station	High	Likely medium-term
Afforestation			ural grassland to polyculture Itation	High	Likely medium-term
Afforestation	12 Natu		ural grassland to other planted st	High	Likely medium-term
Afforestation			propogenic heathland to noculture plantation	High	Likely medium-term
Afforestation			nropogenic heathland to culture plantation	High	Likely medium-term
Afforestation			propogenic heathland to other steel forest	High	Likely medium-term
Afforestation			ural forest expansion on propogenic heathland	High	Unlikely medium- term
Afforestation			ner agricultural land to noculture plantation	Medium-High	Short-term
Afforestation	18		ner agricultural land to polyculture Itation	Medium-Low	Short-term
Afforestation	19	plan	ner agricultural land to other Ited land managed with low Insity	Neutral-Positive	Short-term / Likely medium-term
Afforestation	20		ural forest expansion on former cultural land	Neutral-Positive	Unlikely medium- term
Conversion to plantation	21		version of primary, old-growth st, to plantation	High	Long-term
Conversion to plantation	22	rege	version of native naturally enerating forest to monoculture station	High	Unlikely medium- term
Conversion to plantation	23	rege	version of native naturally enerating forest to polyculture station	High	Unlikely medium- term
Conversion to plantation	24 rege		version of native naturally enerating forest to other planted st managed with low intensity	Medium-High	Long-term









EINFÜHRUNG – EU-JRC BERICHT "BIOECONOMY"

"Eine Steigerung der Ernte wird erwartet aufgrund des hohen Alters oder des Anpassungsbedarfs in bewirtschafteten Wäldern... dies unterstützt den Beitrag der forstbasierten Bioökonomie zum EU-Ziel der Klimaneutralität bis 2050."

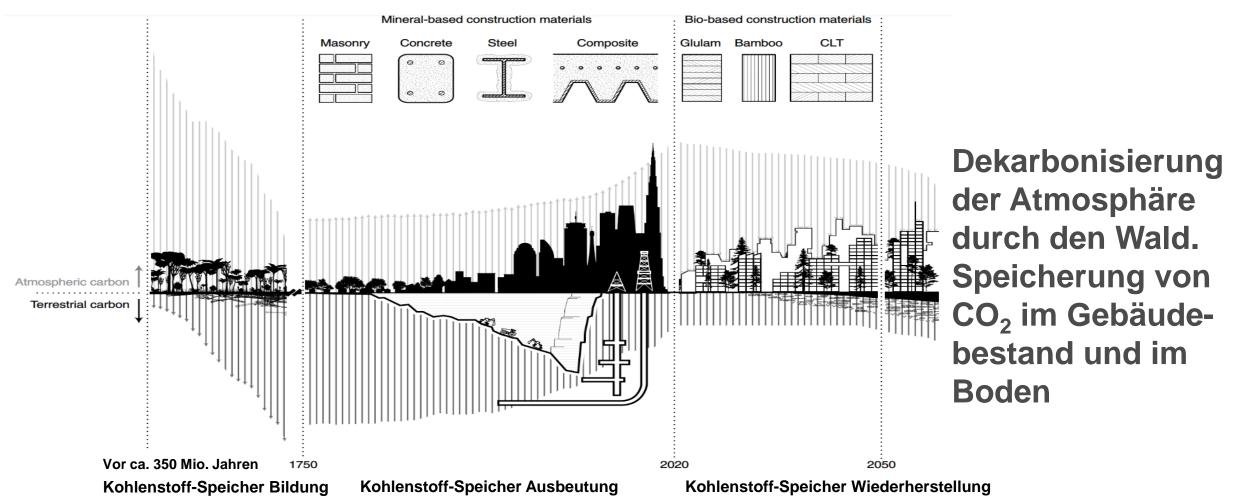
Eine Steigerung der Holzernte führt zu einer Steigerung der Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten (HWP) und zu einem höheren Aufkommen an Restholz für die energetische Nutzung.



KLIMASCHUTZ UND HOLZBAU



Mit Holz als Baustoff und Pflanzenkohle zum Humusaufbau können die gesamten CO₂- Emissionen der Menschheit kompensiert werden.







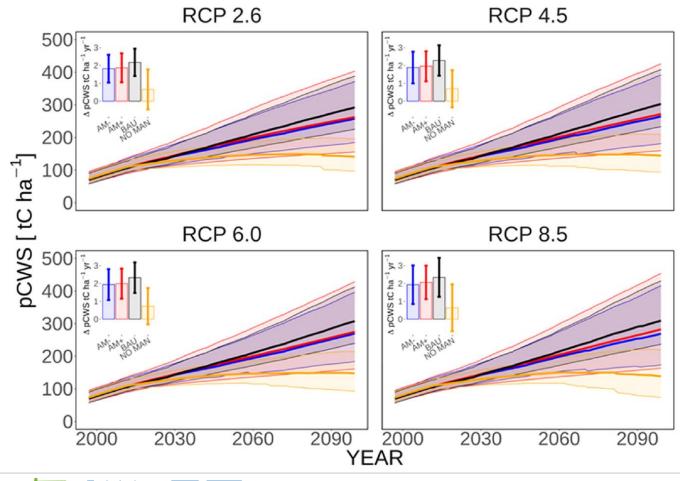


EINFÜHRUNG – ZUKÜNFTIGER CO₂-SPEICHER WALD UND HOLZ

Der Gesamtkohlenstoffspeicher von Wäldern und Holzprodukten (ohne Substitution) in Europa wird <u>mit Bewirtschaftung</u> weiter zunehmen. Wälder <u>ohne Bewirtschaftung</u> werden spätestens ab 2050/2060 zu CO₂-Quellen.

Potential Carbon Woody Stock (pCWS) = stehendes Holz und mögliche Holzprodukte (t C ha⁻¹). Simulationen verschiedener Management Szenarien: (AM+, BAU, AM– und NO-MAN) unter verschiedenen Klimawandel-Szenarien.

pCWS, solid line, is averaged across the representative forests, different Earth System Models (ESMs) and aggregated according to the management regime. Shaded areas represent the maximum and minimum values (5th and 95th percentiles) across the representative forests, different ESMs and aggregated according to the management regime. Carbon sequestration rates (as annual increase of CWS, t C ha–1 year–1) in the potential total woody stocks (mean and standard deviation) are reported in the bar plots.









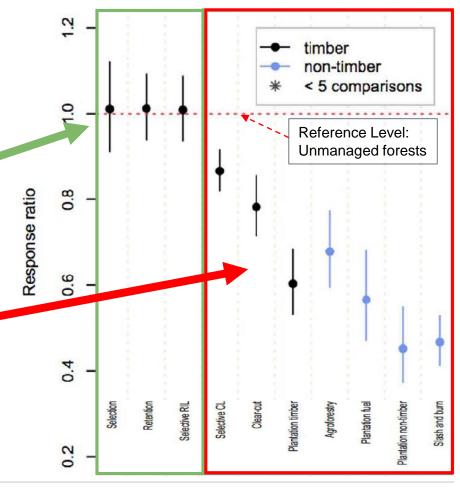
EINFÜHRUNG – WALDBEWIRTSCHAFTUNG UND BIODIVERSITÄT



Nachhaltig bewirtschaftete Wälder weisen eine gleiche oder höhere Biodiversität auf als unbewirtschaftete Wälder. Nur Umbau durch Kahlschlag und Plantagen hat negative Effekte auf die Biodiversität.

Ergebnisse einer globalen meta Studie zu 120 Analysen von bewirtschafteten und unbewirtschafteten Wälder:

- Gesamte Biodiversität in bewirtschafteten Wäldern ist gleich oder größer für Durchforstung und schrittweise Regeneration ohne Kahlschlag.
- Die gesamte Biodiversität wird nur durch Kahlschlag und Umbau zu Plantagen oder Landwirtschaftlichen Flächen negative beeinflusst.







EINFÜHRUNG – DIE ROLLE DER WÄLDER BEIM KLIMASCHUTZ

Die Klimaschutzwirkung von Wäldern in Europa wird kontrovers diskutiert, mit EU-Plänen für mehr Waldschutz und Flächenstilllegung, um mehr Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität zu erreichen.

- Die EU-Biodiversitätsstrategie (EUBDS) zielt darauf ab, Schutzgebiete auf mindestens
 30 % der europäischen Land- und Meeresflächen zu schaffen, einschließlich eines strengen Schutzes aller verbleibenden Primär- und Urwälder der EU.
- Die Verringerung der Holzentnahme aus Wäldern und die Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung in lebender und toter Biomasse wird für den Klimaschutz favorisiert.
- Allerdings: Die zunehmende Bedrohung durch den Klimawandel erfordert eine Anpassung der Wälder und forstbasierte Produkte haben ein großes Potenzial, fossile Alternativen zu ersetzen.
 - → Was ist die klimaoptimale Waldbehandlungsstrategie?
 Stilllegung und Reduktion der Waldnutzung <u>oder</u> proaktiver Waldumbau?

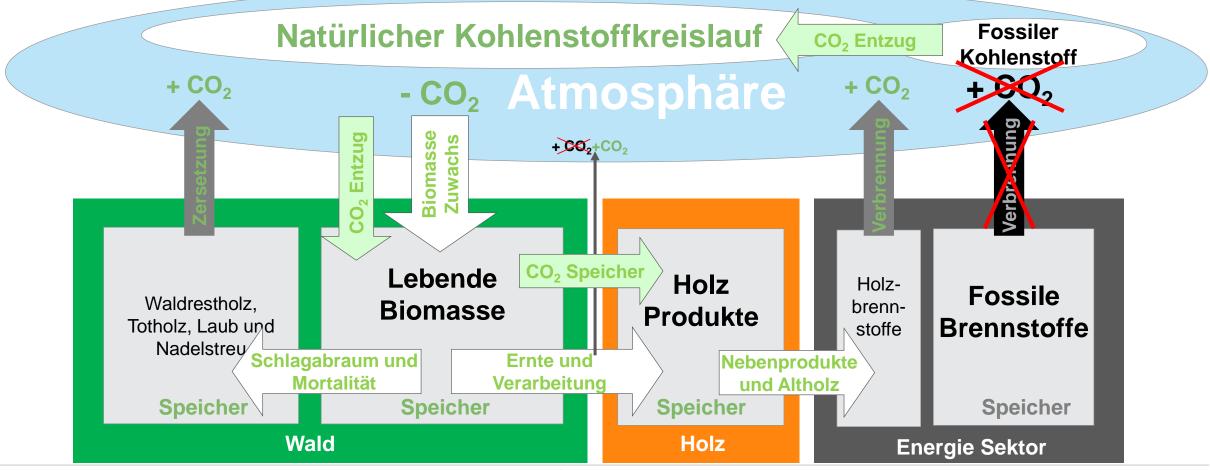






BERECHNUNG DER THG-EFFEKTE VON WALD UND HOLZ 2020 – 2050

Ein ganzheitlicher Ansatz wurde verwendet, um die gesamten Treibhausgas-Effekte der Waldbewirtschaftung einschließlich der Speicherung von Kohlenstoff und der Substitution fossiler Brennstoffe zu bewerten (= Gesamt THG-Effekt in der Atmosphäre OHNE sektorale Abgrenzung).







BERECHNUNG DER KLIMASCHUTZEFFEKTE

Vier Szenarien beschreiben mögliche THG-Effekte der Waldbewirtschaftung.

Szenario 1: Intensive Waldflächenstilllegung

- Entspricht einer intensiven Implementierung der EU Biodiversity Strategy
- Basierend auf Thünen-Institut (Schier et al. (2022))
- 4.164 M ha Waldfläche werden streng geschützt
- Gesamtreduktion der Rundholzproduktion um 48%

Szenario 2: Moderate Waldflächenstilllegung (entsprechend pnV)

- Entspricht einer moderaten Implementierung der EU Biodiversity Strategy
- Basierend auf Thünen-Institut (Schier et al. (2022))
- 2.6 M ha Waldfläche werden geschützt, davon 1.031 M ha streng geschützt
- Gesamtreduktion der Rundholzproduktion um 9%

Szenario 3: Trend "Business as Usual" (Basis-Szenario)

- Extrapolation der historischen Entwicklung seit 1990
- Basierend auf FAOSTAT und WEHAM
- Forstliche Maßnahmen entsprechen historischen Maßnahmen

Szenario 4: Assisted Translocation (proaktiver Waldumbau)

- Waldumbau mit Artenzusammensetzung und Wachstum nach Schüler et al. (2020)
- Proaktiver Waldumbau von Monokulturen und hiebsreifen Beständen zu Mischwäldern





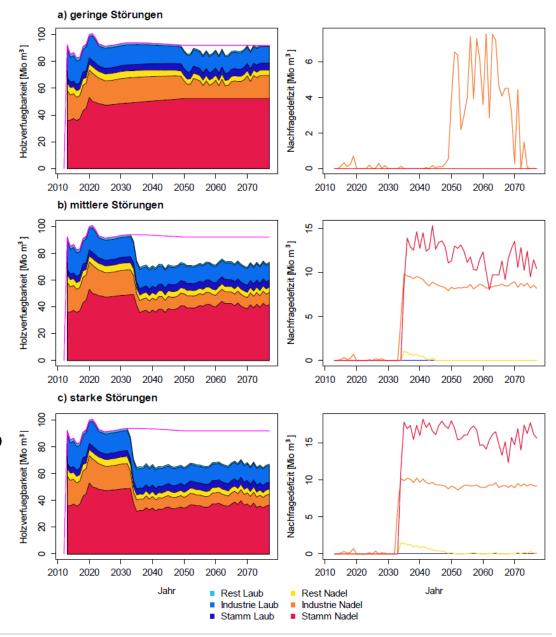


ALTERNATIVES SZENARIO DEUTSCHLAND: ZUNEHMENDE WALDSCHÄDEN

Aufgrund steigender Risiken durch den Klimawandel (2018-2022) werden Waldverluste v.a. bei Nadelwäldern befürchtet.

Ergebnisse einer Holzaufkommensbilanz OHNE Waldumbau und Nutzung von Waldrestholz (Öko-Institut 2023):

- Gesamtzuwachs Nadelholz würde auf 50% im Vergleich zu 2013-2017 sinken.
- Gesamtzuwachs Laubholz würde auf 75% im Vergleich zu 2013-2017 sinken.
- Versorgungsengpässe werden ab 2033 (starke Störungen) bzw. ab 2050 (schwache Störungen) befürchtet.





BERECHNUNG DER THG EFFEKTE: TEILBEREICH WALD

Der Wald erzeugt THG-Effekte über den Zuwachs, Speicherwirkung im stehenden Vorrat, Speicher im Totholz und im Boden und über Emissionen aus der Zersetzung von Totholz.

- Waldinventurdaten von 1990 bis 2020 dienen als Grundlage für die Hochrechnung in den Szenarien.
- Erhöhte Schadrisiken werden berücksichtigt. Referenz: 2010-2020.
- Wachstum und Vorratsentwicklung werden über historische Daten extrapoliert und über Altersklassen und Baumartenanteile der Wälder berechnet.
- Die **Speicherwirkung** im **lebenden Holz** wurde über die Halbwertszeit, abgeleitet aus der mittleren Umtriebszeit, berechnet.
- Die Emissionen aus Totholz und dessen Speicherwirkung wurde über das YASSO20 Model bestimmt und in der THG-Bilanz berücksichtigt.
- Speicherung und Zersetzung von Biomasse im Boden wurden ebenfalls über YASSO20 berechnet und in der THG-Bilanz berücksichtigt.





BERECHNUNG DER THG EFFEKTE: TEILBEREICH PRODUKTE

Holzprodukte wirken sich positiv als Speicher und durch die Substitution fossiler Produkte aus, negative Effekte entstehen durch Emissionen in der Produktion, sowie durch Zersetzung oder Verbrennung am Lebensende.

- Holzproduktstatistiken von 1990 bis 2020 und erzeugten Holzmengen dienen als Grundlage für die Hochrechnung in den Szenarien.
- Stoffliche Nutzung wurde bevorzugt behandelt und als erstes "bedient"; Marktstrukturen zwischen den Produkten, sowie Verarbeitungstechnologien werden als langfristig stabil angenommen.
- Holzprodukte wurden in die Produktklassen: Sägeholz, Holzwerkstoffe und Papier & Pappe eingeteilt und die Vorkette aus der Literatur über "Cradle-to-Gate" Daten bestimmt.
- Die Speicherwirkung von Produkten wurde über die Halbwertszeit berechnet (getrennt für Bausektor, Möbel und Verpackung).
- Für die Substitutionswirkung wurden Substitute in den jeweiligen Märkten und deren Emissionen über den gesamten Lebenszyklus aus der Literatur verwendet
- Für das Lebensende werden soweit möglich historische Trends für Entsorgung, Recycling und Kaskadennutzung unter Einbezug von Zielsetzungen der Branchen extrapoliert.



BERECHNUNG DER THG EFFEKTE: TEILBEREICH BIOENERGIE

Zur Abbildung des vollständigen Effekts von Bioenergie aus Resthölzern (Waldhackschnitzel und Pellets), wird auch die Wirkung der Nutzung auf den Teilbereich Wald miteinbezogen: Mehr Nutzung von Restholz bedeutet auch verlorene Speicherwirkung und vermiedene Emissionen aus Restholz im Wald.

- Substitutionseffekte für Energie wurden dynamisch modelliert und nehmen stetig über die Jahre ab. Für die Abnahme der Substitutionseffekte wird eine fortlaufende Defossilisierung der Energieversorgung basierend auf Trends seit 1990 angenommen.
- Energetische Nutzung findet im gleichen Jahr statt und es gibt keine Entwicklung der Verbrennungstechnologie (Biocarbon capture and storage/use u.ä.). Die Steigerung von BECCS (mit BioKohle) auf 75% in 2100 wird in einer Sensitivitätsanalyse gesondert analysiert.

 $\mathsf{THG}_{\mathsf{Bioenergie}} = \mathsf{Emissionen}_{\mathsf{Vorkette}} + \mathsf{Emissionen}_{\mathsf{Verbrennung}} + \mathsf{Einsparung}_{\mathsf{Substitution}} - \mathsf{Speicher}_{\mathsf{Totholz}} - \mathsf{Emissionen}_{\mathsf{Totholz}}$

Direkte Effekte durch Bioenergie Indirekte Effekte durch Bioenergie im Wald









BERECHNUNG DER THG EFFEKTE: WEITERE ASPEKTE

Das verwendete Model berücksichtig die Komplexität des Waldes, indem Nader und Laubwälder und biogener und fossiler Kohlenstoff getrennt bilanziert werden. Feines Waldrest-holz, dynamische Substitution, Importe und Exporte werden zusätzlich berücksichtigt.

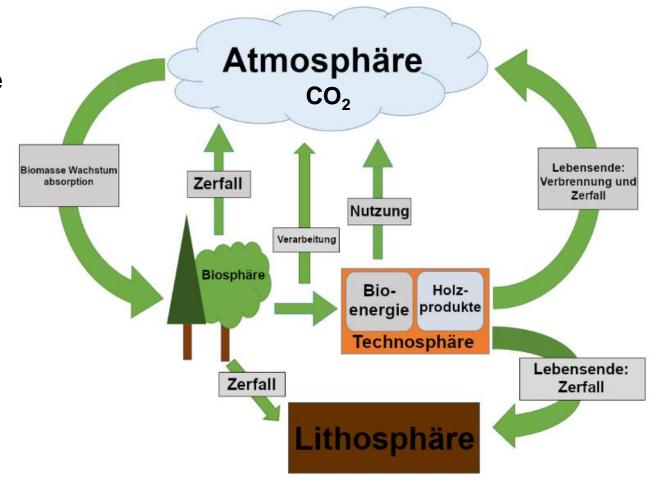
- Alle Szenarien werden für Nadel- und Laubholz getrennt bilanziert.
- Bei der Zersetzung von Totholz im Wald wird zwischen feinem (<10cm) und groben Totholz (>10cm) unterschieden.
- Für die Sicherung der Biodiversität wird in allen Szenarien Totholz in Höhe von 10% des Vorrates im lebendenden Bestand im Wald belassen (vgl. Entwurf BMU 2023: "Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz ANK").
- Das Modell berücksichtigt Exporte und Importe und entsprechende globale Klimaeffekte.



BERECHNUNG DER THG EFFEKTE: BIOGENER KOHLENSTOFF

Biogener Kohlenstoff wird nicht als klimaneutral behandelt und die Bilanzierung wird mit einem biogenen GWP-Faktoren im Vergleich zu fossilem Kohlenstoff vorgenommen.

- Durch biogene Emissionen wird der Eintrag in die Atmosphäre vergrößert und dadurch die CO₂ Konzentration der Atmosphäre erhöht.
- Durch Waldwachstum wird das biogene CO₂ wieder der Atmosphäre entzogen. In der vorliegenden Studie wird die Umtriebszeit als Verweildauer in der Atmosphäre verwendet (60 bis 120 Jahre).
- Biogenes CO₂ hat eine weit kürzere Verweilzeit in der Atmosphäre als fossiles CO₂. Fossile Emission sind auch nach über 1.000 Jahre mit etwa 20% noch in der Atmosphäre (Vollständige Wieder-Aufnahme potentiell bis zu mehreren 10.000 Jahren).



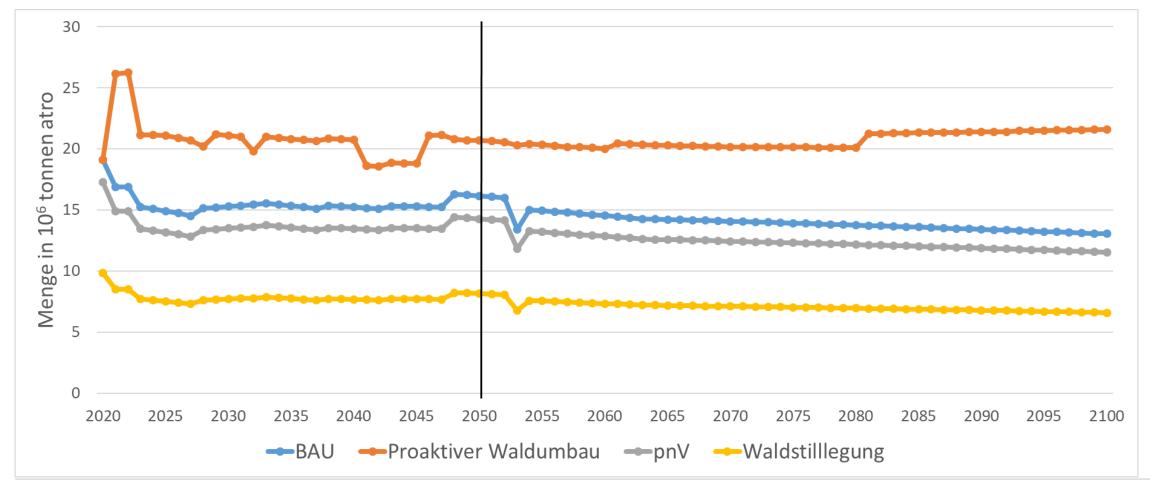






HOLZAUFKOMMEN WALDRESTHOLZ: DEUTSCHLAND – 2100

Proaktiver Waldumbau führt zu einer deutlichen und langfristig gesicherten Steigerung des Waldrestholz-Aufkommens. Dabei werden immer 10% des stehenden Vorrates zur Sicherung der Biodiversität als Totholz im Bestand belassen (entsprechend ANK-Entwurf des BMU).

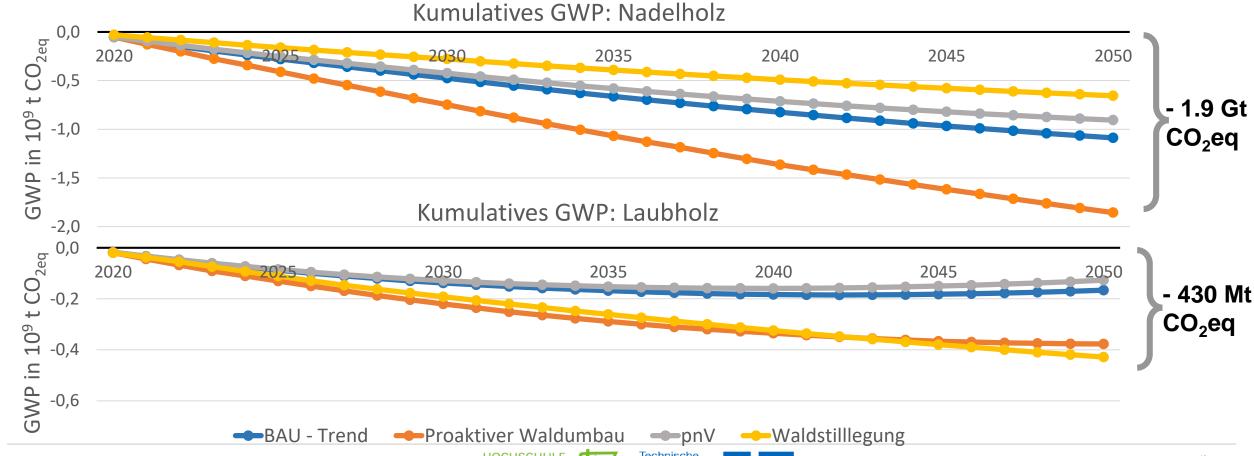






GWP VON WALD UND HOLZ: DEUTSCHLAND – 2050

Proaktiver Waldumbau führt in Nadelwäldern zur höchsten CO₂-Reduktion in der Atmosphäre. Bei Laubwäldern liegt aktuell ein Vorteil im Waldumbau, langfristig in der Stilllegung. Ein zentraler Grund für den starken Unterschied sind Produkte und Waldspeicher: Laubwälder speichern länger CO₂ und Laubholz wird weniger für langlebige Produkte verwendet.





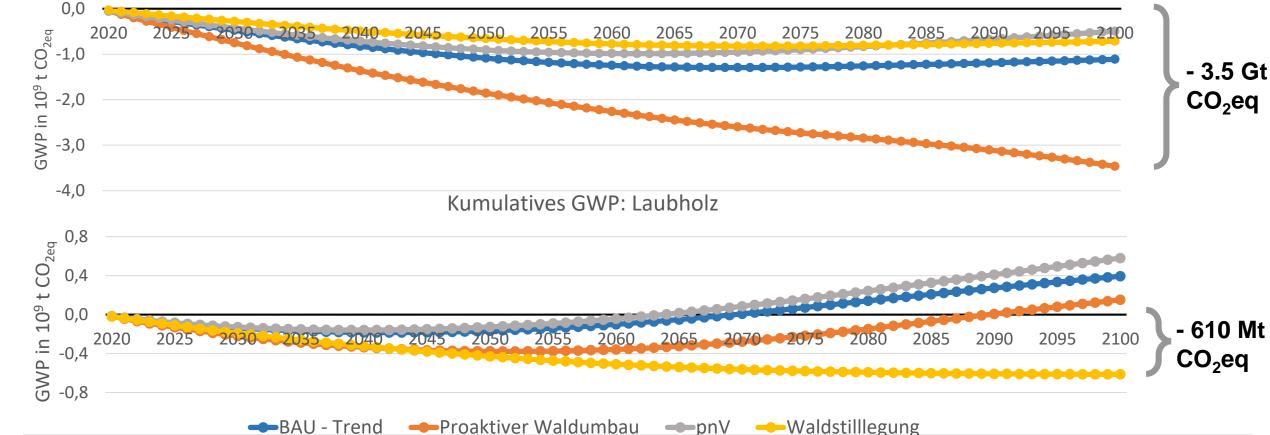




GWP VON WALD UND HOLZ: DEUTSCHLAND – 2100

Der Ausblick auf 2100 zeigt die unterschiedlichen Trends für Laub- und Nadelholz noch deutlicher. Für Nadelholz führt der proaktive Waldumbau zur höchsten GWP Reduktion, während für Laubholz Nutzungseinschränkungen ab ca. 2040 zum Vorratsaufbau vorteilhaft sind.



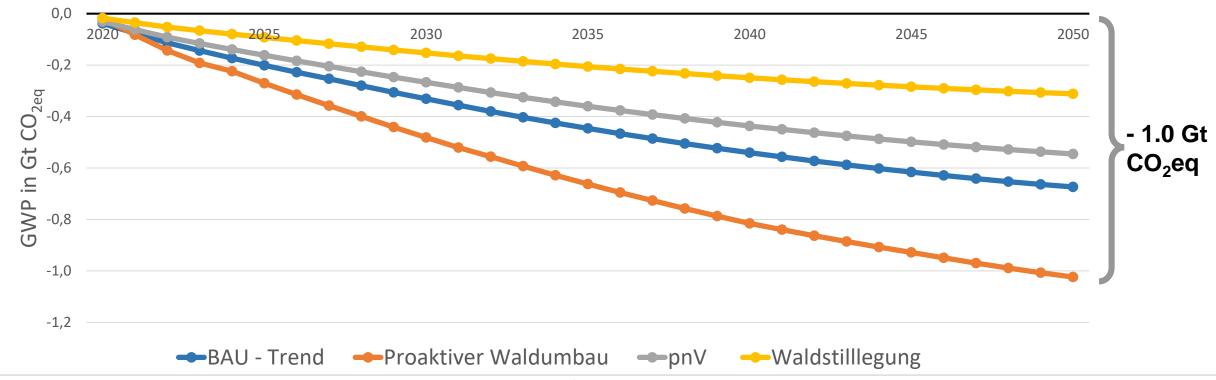




GWP VON BIOENERGIE AUS RESTHÖLZERN: DEUTSCHLAND – 2050

Holzenergie in Deutschland ist KLIMAPOSITIV! Durch die hohe Substitutionswirkung führt die Nutzung von Resthölzern für Bioenergie in Deutschland bis 2050 zu einer Klimawirkung von ca. -1 Gt CO_{2eq}. Die jährliche Wirkung nimmt leicht durch das sich verringernde Substitutionspotential ab. Die Verläufe sind bei Laub- und Nadelholz identisch.







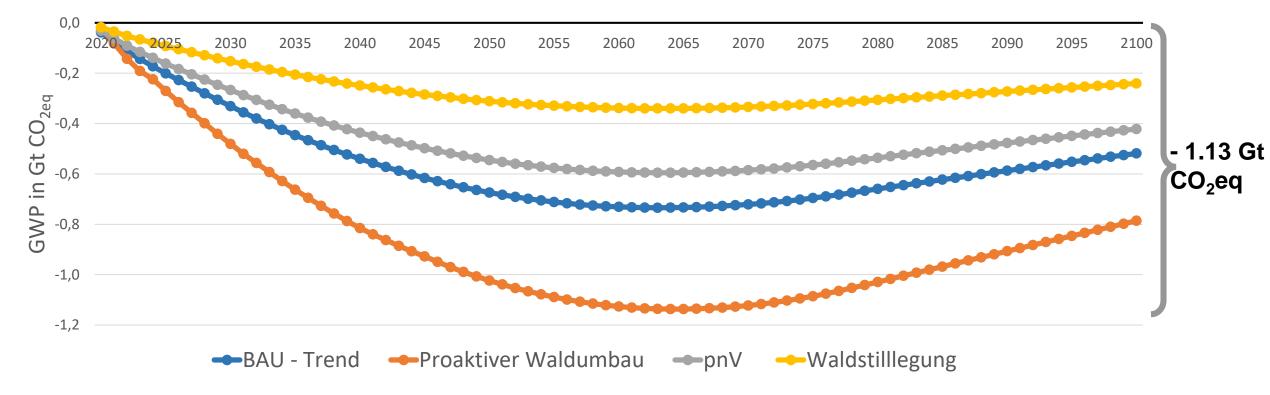




GWP VON BIOENERGIE AUS RESTHÖLZERN: DEUTSCHLAND – 2100

Nach 2050 fallen in Deutschland Substitutionseffekte weitgehend weg und Holzenergie verliert an Potential für eine positive Klimawirkung. Ab ca. 2065 würden die Emissionen aus der Vorkette und das Speicherpotential durch das Belassen von Restholz überwiegen.





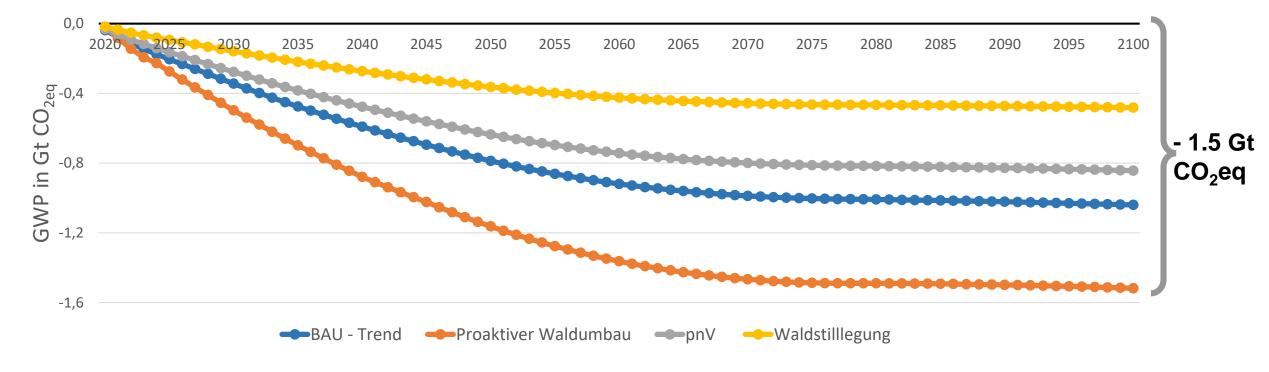




GWP FÜR BIOENERGIE MIT CCS: DEUTSCHLAND – 2100

Mit BECCS (Co-Produktion von BioKohle, BioMethan, Bio-H₂ etc.) leistet Holzenergie auch langfristig einen zuverlässig positiven Klimaschutzeffekt. Für die Berechnungen wurde ein stetiger Ausbau von BECCS bis zu 75% in 2100 angenommen.









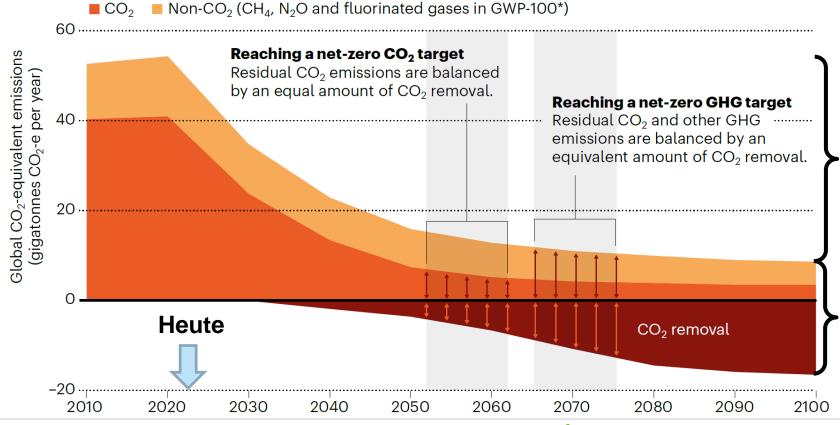
AUSBLICK - NEGATIVE EMISSIONS-TECHNOLOGIEN - NET



Um eine langfristige CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre sicherzustellen, sind vitale Wälder und Negative-Emissions-Technologien (NETs) zwingend erforderlich.

Global greenhouse-gas (GHG) emissions

Illustrative pathway for reaching net-zero carbon dioxide and net-zero GHG emissions (from ref. 3).



- 1. Vermeidung fossiles CO₂ z.B. durch mehr Holzbau und Bioenergie
- 2. Entfernen von CO₂ aus der Atmosphäre (NET) z.B. durch BioKohle und Plattformchemikalien

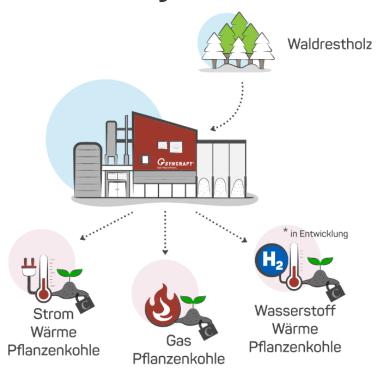
BIOENERGIE UND NEGATIVE EMMISSIONS TECHNOLOGIEN

Pyrolyse und Holzvergasung ermöglichen heute schon die Co-Produktion von BioKohle, BioMethanol und Bio-H2. Dadurch wird Kohlenstoff aus der Atmosphäre entfernt und in langfristigen Produktsystemen gespeichert.

www.pyreg.com



www.syncraft.at

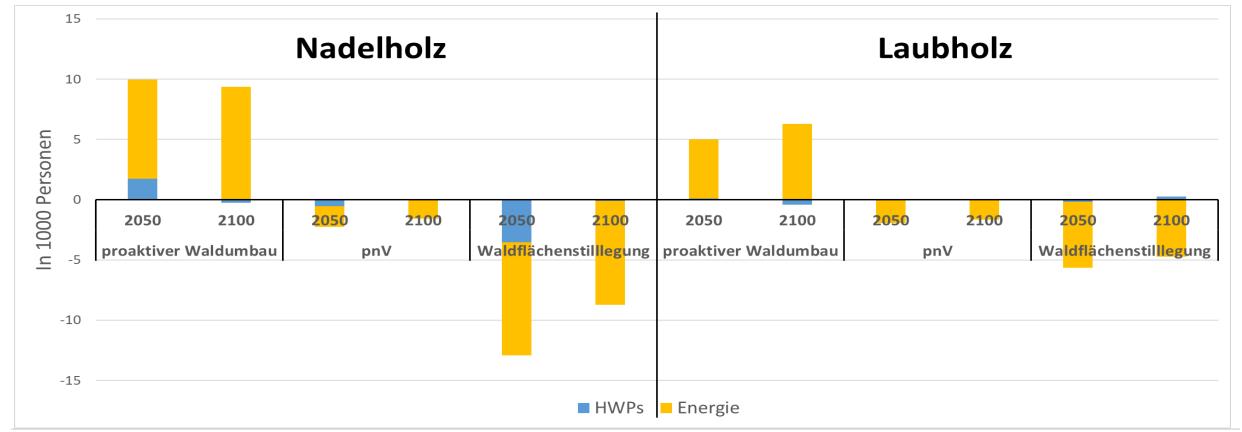






SOZIO-ÖKONOMISCHE EFFEKTE WALD UND HOLZ - BESCHÄFTIGUNG

Durch proaktiven Waldumbau ergibt sich bis 2050 positive Beschäftigungs- effekte von +15.000 Beschäftigten/a vor allem im Energiesektor. Das Waldstill-legungs-Szenario führt bis 2050 zu einem Verlust von -19.000 Beschäftigten/a im Vergleich zum BAU-Szenario.









FAZIT: KLIMAOPTIMALE NUTZUNG DER WÄLDER

Mehr Holzbau und Bioenergie aus Restholz haben aktuell ein sehr großes Potential für den Klimaschutz in Deutschland. Langfristig würde ein Technologie-Ausbaupfad für BECCS die positiven Effekte der Holzenergie sichern.

- Kurzfristig ist eine verstärkte Nutzung und ein proaktiver Umbau für Nadel- und Laubwälder (v.a. alte Reinbestände) klimaoptimal zur Vermeidung hoher Schadrisiken (Adaptation)
- Die neu etablierten Mischwälder sind besser auf Klimawandel vorbereitet, leisten höhere Zuwächse und die Biodiversität wird durch Belassen von ausreichend Totholz im Wald gesteigert.
- Durch die Energetische Nutzung von Resthölzern kann ein substantieller Beitrag zum Klimaschutz und zur Reduktion von Importen fossiler Energieträger geleistet werden. Vor allem in Nahwärmenetzen und für industrielle Prozesswärme.
- Mittel- und langfristig dient ein höherer Anteil BECCS und holzbasierter Bioraffinerien zur dringend notwendigen Dekarbonisierung der Atmosphäre.



KONTAKT



www.hswt.de/forschung/projekt/1915-klimaholz

(in Kürze mit download der Vollversion der Studie)

Prof. Dr. Hubert Röder

Telefon +49 9421 187 260

Email hubert.roeder@hswt.de

Stefan Füchsl (M.Sc.)

Telefon: +49 9421 187 264

Mobil: +49 160 94717925

Email: stefan.fuechsl@hswt.de

Nachhaltige Betriebswirtschaft
HSWT – Hochschule Weihenstephan Triesdorf
TUM – Technische Universität München
Campus Straubing für Biotechnologie und
Nachhaltigkeit
Am Essigberg 3
DE-94315 Straubing
sbe.cs.tum.de



