



Holzverwendungsmodellierung

Entwicklung der Holzverwendung in Fertigwarenspektoren
und ihre Wirkung auf den Halb- und Rohwarenbedarf.
Modell TRAW – Total Resource Assessment of Wood,
Kreislaufwirtschaftsmodell HOLZ

Udo Mantau (INFRO e.K.)

INHALT

- 3 Hintergrund und Motivation
- 4 Holzverwendungsmodellierung
Das TRAW-Model
- 5 Forschungsansatz -
Von Fertigwaren zum Waldholz
- 6 Ergebnisse -
Entwicklungen und Rohwareneinsatz
- 8 Projektierte Simulationen –
Anpassungsmöglichkeiten
quantifizieren
- 12 Erklärungskraft des Modells
- 14 Das Projekt DIFENS





Hintergrund und MOTIVATION

Um Entwicklungen in der Bioökonomie beschreiben zu können, müssen vollständige Wertschöpfungsketten einschließlich ihrer Vernetzung durch Rest- und Recyclingströme abgebildet werden. Erst dadurch werden Kreislaufwirtschaftsprozesse sachgerecht quantifizierbar. Entsprechend komplex sind die Modellstrukturen zu gestalten.

„Märkte“ sind abstrakte Vorstellungen von unzähligen Einzelaktionen. Unsere Vorstellungen (Modelle) über sie richten sich nach unserem Wissensbedarf und unseren verfügbaren Mitteln sie nachzuvollziehen.

Diese Broschüre präsentiert Ergebnisse aus dem Teilvorhaben Stoffstromanalyse und Nachfrageszenarien des DIFENs Projekts. Dabei werden ökonomische Wirkungsketten mit den materiellen Strukturen der Produktionsstufen eines Werkstoffs zu einer Einheit verbunden. Auf diese Weise kann die Waldholznachfrage aus der Nachfrage nach Stühlen, Dachbalken und anderen Produkten der Endnachfrage abgeleitet werden.

Konkrete Fragestellungen der Modellierung sind dabei:

- Welche Auswirkungen hat die Erhöhung der Holzbauquote auf die Waldholznachfrage?
- In welchen Bereichen bringt die Substitution von Nadelholz durch Laubholz den größten Effekt?
- Welchen Beitrag kann Verarbeitungseffizienz zur Rohstoffversorgung leisten?
- Welche Auswirkungen hat ein erhöhter Einsatz von Altholz im Holzkreislauf?

Die Ergebnisse gehen in die Modellierung der Waldentwicklung ein, die mit dem FABio-Forest Modell im Teilvorhaben 1: Szenarien der Waldentwicklung unter veränderten Klimabedingungen erfolgte.

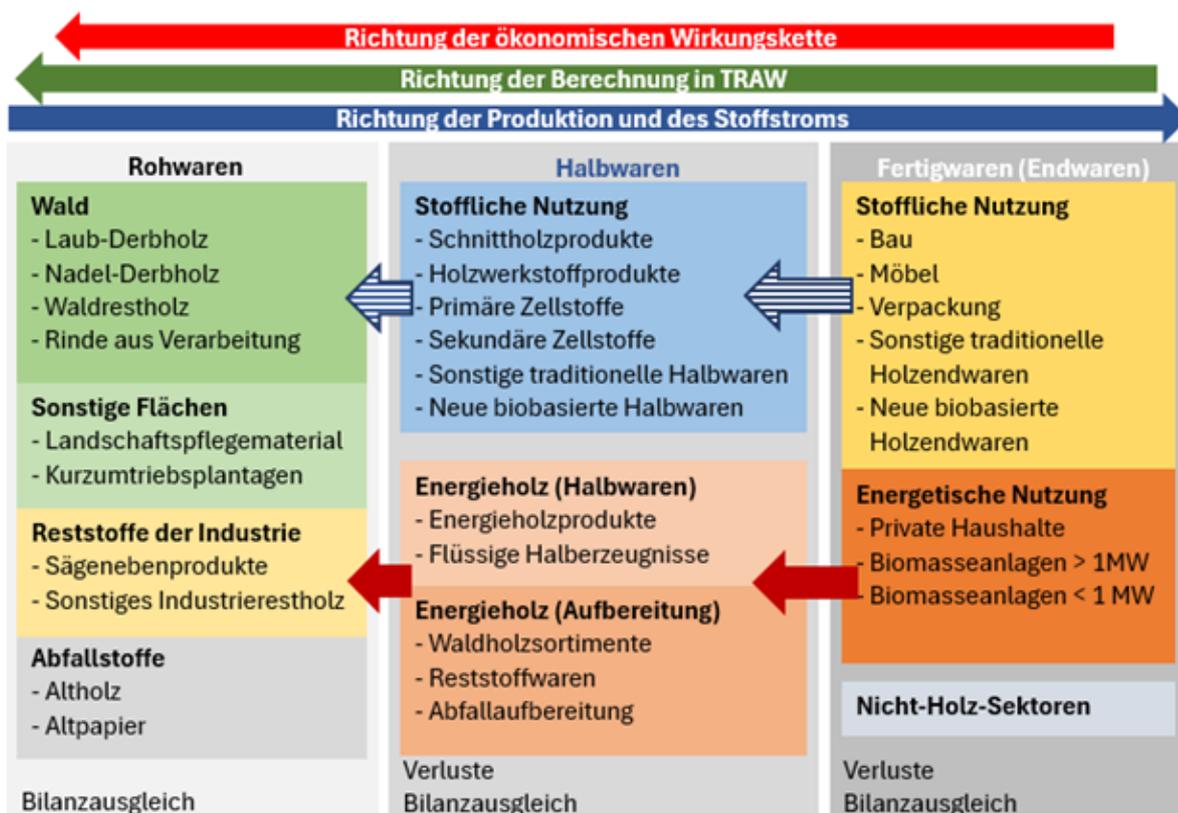
Holzverwendungsmodellierung

TRAW Total Resource Assessment of Wood

Das TRAW-Modell modelliert Fertigwarenspektoren auf der Basis von Rahmenbedingungen. Dabei kann ein Fertigwarenspezektor, wie z.B. das Baugewerbe, aus mehreren Teilsektoren bestehen. Über Einsatzkennziffern der

Halbwaren werden deren Mengenentwicklung abgeleitet. Anschließend werden die Rohstoffzusammensetzungen aus dem Rohstoffmonitoring verwendet, um die Entwicklung der Rohstoffe abzuleiten.

Abb. 1: Sektoren des TRAW-Modells und die Richtung des Stoffstroms und der Berechnung



Tab. 1: Vorgehensweise am Beispiel des Möbelmarktes

Holzrohstoffbilanz der Möbelindustrie 2020 in Mio. m ³ _{SWB}			
Rohwareneinsatz	Mio. m ³ _{SWB}	Halbwareneinsatz	Möbelgruppen
Derbholz, Nadel	2,150	0,852 Nadelschnittholz	0,207 Sitzmöbel
Derbholz, Laub	2,645	2,123 Laubschnittholz	0,706 Büromöbel
Derbholz, Tropen	0,163	0,163 Trop. Schnittholz	2,065 Küchenmöbel aus Holz
Sägenebenprod. NH	2,373	0,737 Sperrholzplatten *)	0,094 Sprungrahmen
Sägenebenprod. LH	0,125	1,104 Faserplatten **)	0,451 Metallmöbel, ohne Büro
Industrierestholz	0,252	4,400 Spanplatte	2,456 Wohnmöbel aus Holz
Altholz	1,593	0,011 Sonstige Platten***)	0,473 Holzmöbel
Gebrauchtholz	0,279	0,279 Gebrauchtholz	0,404 Möbelteile aus Holz
Sonstige	0,108	0,019 Sonstiges***)	0,337 Sonstige
			2,493 Reststoffanfall Halbwaren
Summe	9,687	9,687 Summe	9,687 Summe

*) Sperrholz, Multiplex, Tischlerpl., Furnierschichtholz; **) Wabenplatte, MDF, HDF, HPL, WPC; ***) Rattan, Korb, etc.
 Sekundärintputrate⁴⁾ 48,2% *) ohne Sonstige 1,930 Kaskadenfaktor⁴⁾

Forschungsansatz

Von Fertigwaren zum Waldholz

Sektorale Märkte entwickeln sich sehr spezifisch. Deshalb wurde zunächst ein umfangreicher Datenkranz aus exogenen demographischen und ökonomischen Variablen abgeleitet (siehe Nr. 1 in Tab. 2). Anschließend erfolgte eine schrittweise Regression der Verwendungssektoren für Produktion, Ex- und Import auf Basis der Rahmendaten (2).

Ab dem dritten Schritt ergeben sich die vorgelagerten Produktionsstufen aus den technischen Koeffizienten. Diese können zunächst als konstante Variable angenommen werden. Erste regressive Ansätze wurden getestet. Im Vergleich zu ökonomischen Entwicklungen verlaufen technologische Zusammenhänge in einem gegebenen Prozess stabiler. Zudem erhöhen konstante Koeffizienten die Transparenz. Dennoch unterliegen auch sie zeitlichen Veränderungen, vor allem bei Prozessänderungen. Für Simulationen könnte auf dieser Ebene der Holzverbrauch pro Funktionseinheit (Gebäude) verändert werden. So könnte z.B. ein Gebäude mit weniger Türen/Fenster konstruiert werden oder grundsätzlich von einem geringeren Holzeinsatz pro Gebäude ausgegangen werden.

Aus der Entwicklung der Fertigwaren und deren Halbareneinsatz (3) ergibt sich die Entwicklung der Halbarenektoren (5). Veränderbar sind die Materialzusammensetzung und der Verschnitt (4). Materialeinsparungen würden auf dieser Ebene bedeuten, dass beim Bau einer Tür zukünftig mehr Röhrenplatten statt Vollspanplatten eingesetzt werden.

Über die Rohstoffanteile (6) in den Halbarenen gelangt man zur Entwicklung der Rohstoffsektoren (8). Dabei kann es auch zu Materialsubstitutionen (Laubholz ersetzt Nadelholz) oder Ausbeuteänderungen (7) kommen.

Tab. 2: Ablauf der Rechenschritte im TRAW-Modell

Nr.	Vorgehensweise	Analysemöglichkeiten
1	Entwicklung einer Treiberstruktur (Rahmendaten)	Auswahl
2	Szenarien der Endwarenektoren (m^3 pwe)	Materialeinsparung
3	Materialanteile der Halbarenen in Fertigwaren	Materialsubstitution
4	Verschnitt der Halbarenektoren	Effizienz
5	Entwicklung der Halbarenektoren (m^3 hwe)	Materialeinsparung
6	Materialanteile der Rohwarenen in Halbarenen	Materialsubstitution
7	Ausbeute der Rohwarenektoren	Effizienz
8	Entwicklung der Rohwarenektoren (m^3 swe)	

Definition: m^3 pwe (Holzinhalt der Fertigware); m^3 hwe (Holzhalbwareneinsatz zu deren Produktion); m^3 swe (Rohwareneinsatz zur Produktion von Halbarenen). Näheres im kommenden Abschlussbericht.



Ergebnisse

Entwicklungen und Rohwareneinsatz

Die stofflichen Verwendungssektoren zeigen unterschiedliche Entwicklungen und Rohstoffanteile. Wachstum wird nur noch im Bausektor durch Modernisierung und Tiefbau erwartet. Mit 27 Mio. m³_{swe} Holzrohstoffeinsatz im Jahr 2050 übertrifft der Baubereich die anderen Sektoren um etwa das 2,5-fache.

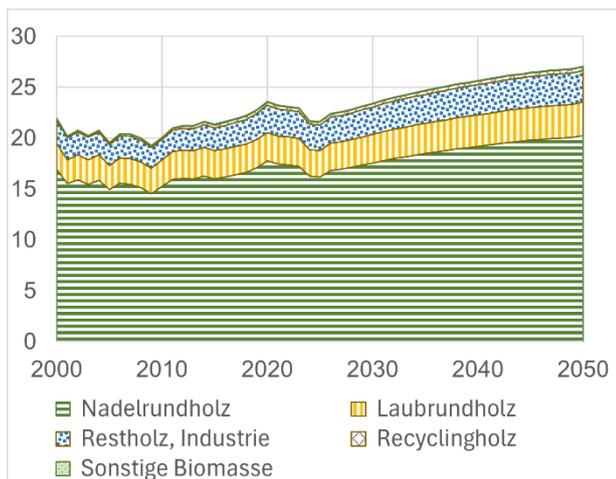
Im Möbelmarkt wird sich der Rohstoffeinsatz weitgehend auf dem heutigen Niveau von 10 Mio. m³_{swe} stabilisieren.

Der Verpackungssektor hat bis 2020 einen starken Aufschwung erlebt. Dieser flacht am aktuellen Rand ab und wird sich zukünftig ebenfalls auf einem Niveau von 10 Mio. m³_{swe} bewegen.

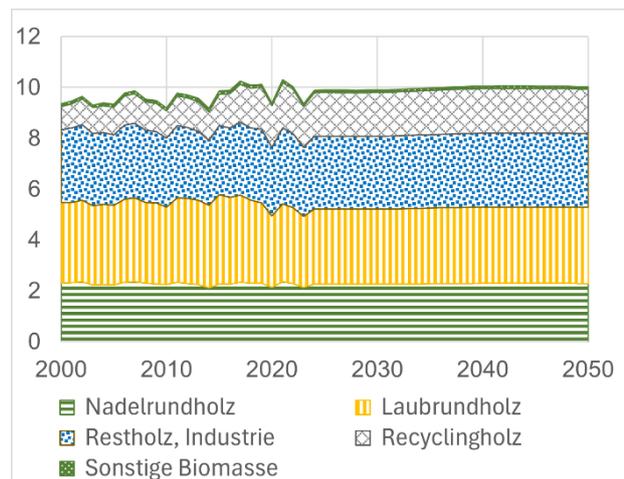
Der Rohstoffeinsatz in der Zellstoffproduktion schwächte sich bereits deutlich ab und geht auf 9 Mio. m³_{swe} zurück.

Abb. 2: Holzrohwareneinsatz nach ausgewählten Fertigwarenssektoren

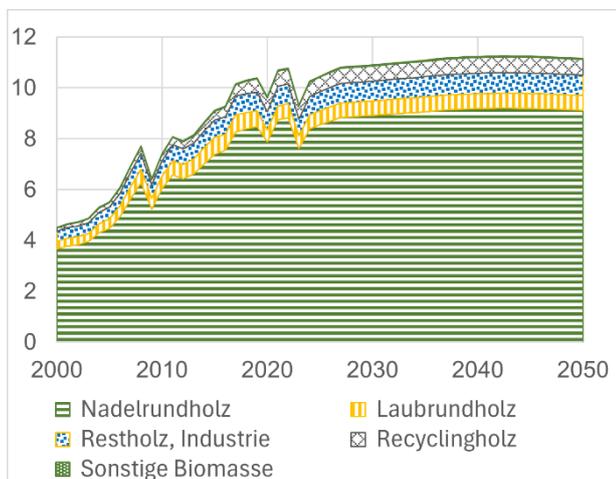
Bausektor in Mio. m³_{swe}



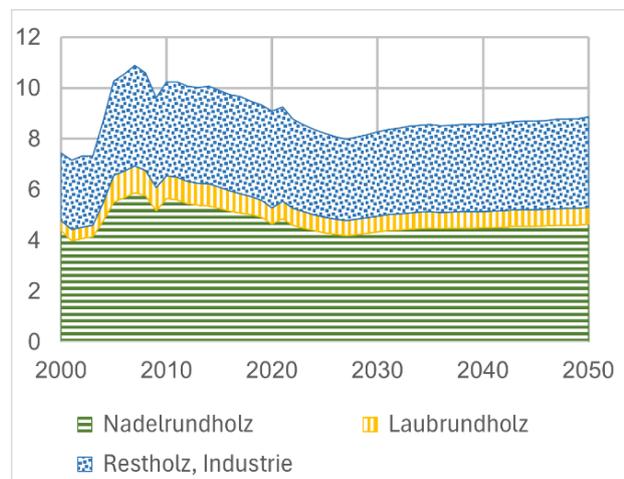
Möbelsektor in Mio. m³_{swe}



Verpackungssektor in Mio. m³_{swe}



Zellstoffsektor in Mio. m³_{swe}





Zusammenfassung

Vergleicht man diese Menge mit den Rohstoffen, die im vollständig erfassten Rohstoffmonitoring für die Herstellung von Halbwaren eingesetzt werden, ergibt sich ein Delta von 14 Mio. m^3_{swe} oder 17 % der stofflichen Nutzung. Die nicht spezifizierte Menge wurde entsprechend der Entwicklung der spezifizierten Menge fortgeschrieben. Die stoffliche Nutzung beträgt somit im Jahr 2050 76 Mio. m^3_{swe} . Die energetisch genutzten Holzrohwaren gehen vom aktuellen Rand aus zunächst stärker zurück. Der Abschwung läuft zwischen 2030 und 2040 aus und stabilisiert sich danach bei 46 Mio. m^3_{swe} (2050).

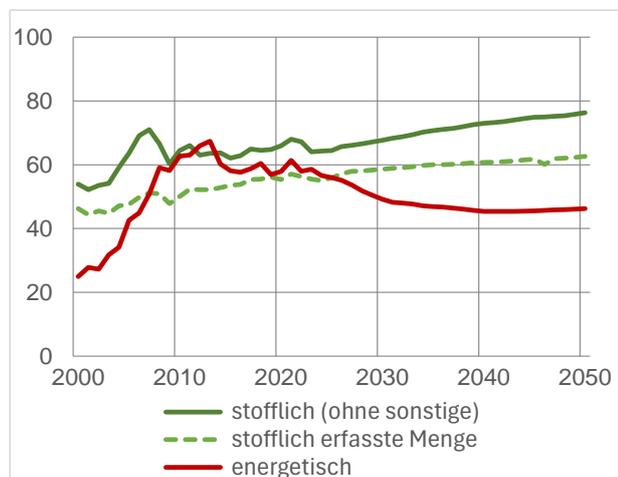
In den genannten stofflichen Verwendungsbe-
reichen sind auch neue biobasierte Verwen-
dungen für chemische Halbwaren
(2,5 Mio. m^3_{swe} in 2050) enthalten.

Im Jahr 2050 entfallen 49,1 % des Holzrohwareneinsatzes auf Nadelrindholz und 12,1 % auf Laubrindholz. Diese Werte werden getrennt nach Stammholz (39,5 %) und sonstigem Rindholz (21,7 %) als Entnahme an die Waldmodellierung übergeben.

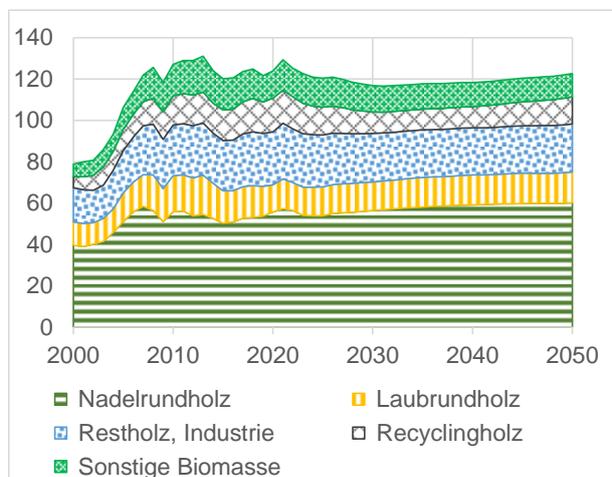
Industrierestholz hat einen Anteil von 19 %, davon entfallen 14,7 % auf Sägenebenprodukte, 1,8 % auf sonstiges Industrierestholz und 2,5 % auf Schwarzlaube. 10,7 % entfallen auf Recyclingholz, das sich aus Altholz (10,5 %) und Gebrauchtholz (0,2 %) zusammensetzt. Sonstige primäre Biomasse hat einen Anteil von 9,2 %. Davon macht Landschaftspflegeholz 3,2 %, Kurzumtriebsplantagen 0,0 %, Waldrestholz 4,2 % und Rinde 1,6 % aus.

Abb. 3: Holzrohwareneinsatz nach Hauptverwendungen und Rohwaren

Stoffliche und energetische Holzverwendung in Mio. m^3_{swe}



Holzverwendung insgesamt in Mio. m^3_{swe} nach Rohwarengruppen



Projektierte Simulationen

Anpassungsmöglichkeiten quantifizieren

Anlage der Simulationen

Wie Abbildung 2 oben zeigt, können im TRAW-Modell an verschiedenen Stellen Veränderungen vorgenommen und deren Einfluss auf die Entwicklung der Holzhalbwaren und Holzrohwaren untersucht werden. Eine Ausnahme bildet das Holzbauszenario, da hier eine Veränderung des Konjunkturverlaufs vorgenommen wurde.

Erhöhung der Holzbauquote um 32 %

Ausgangspunkt für die Erhöhung der Holzbauquote war eine Erhöhung um 25 %. Diese wurde an verschiedenen Stellen, insbesondere bei geringen Anteilen, aufgerundet, so dass sich insgesamt eine Erhöhung der Holzbauquote um 32 % ergab. Die Erhöhung erfolgte linear ab dem Jahr der Datenverfügbarkeit 2023, also zwischen 2024 und 2050.

Mengeneffekte im Jahr 2050:

Zuwachs der Halbwaren 650.000 m³_{hwe}

Zuwachs der Rohwaren 873.000 m³_{swe}

Kumulierte Mengeneffekte zwischen 2024 und 2050:

Zuwachs der Halbwaren 9,0 Mio. m³_{hwe}

Zuwachs der Rohwaren 12,2 Mio. m³_{swe}

Dies entspricht einer Steigerung der Holzverwendung um +3,5 %. Warum wirkt sich die Steigerung der Holzbauquote um 31,9 % nur mit +3,5 % auf den Rohwareneinsatz im Baubereich aus? Im Jahr 2050 beträgt der Anteil des Neubaus nur noch 29,2 %. Innerhalb des Neubaus entfällt der Zuwachs nur auf Gebäude mit überwiegender Holzbauweise, die im ungewichteten Mittel einen Anteil von 15,6 % haben. Die Hälfte der Holzverwendung findet in den 84,4% Nicht-Holzgebäuden statt. Deren Substitution reduziert den Effekt der höheren Holzbauquote der Gebäude in Holzbauweise um -17,5 %.

Simulationen

Die folgenden Veränderungen beziehen sich auf die Nutzung von Holz in den Fertigwarenssektoren und deren Konsequenzen für die vorgelagerten Wertschöpfungsketten.

Im Rahmen einer Delphi-Studie (Durchführung: Marcus Knauf Knauf Consulting 2024) wurden Experten zu künftigen Entwicklungen befragt. Sie bildeten die Grundlage der folgenden Simulationen, die zugleich für den Projektionszeitraum bis 2050 berechnet wurden.

Dabei werden die Veränderungen für jeden Sektor fachlich angepasst vorgenommen und die Konsequenzen für die vorgelagerten Halbwaren und Rohwaren ermittelt. Dies wird im Folgenden am Beispiel einer Reduktion des Verschnitts um 15 % dargestellt (Tabelle 3).

Anschließend werden die Bedingungen der Simulationen beschrieben. Daran schließt sich eine Zusammenfassung der Wirkungen aller Simulationen für den Rohwareneinsatz an (Tabelle 4).

Tab. 3: Ergebnisse der projizierten Simulation zur Reduktion des Verschnitts um 15%

Zeitraum 2026-2050	Verschnittfaktoren			Mengen in m ³ _{hwe} Halbwaren				Mengen in m ³ _{swe} Rohwaren			
	vorher	nachher	Faktor	vorher	nachher	Verschnitt	Verschnitt	vorher	nachher	Verschnitt	Verschnitt
Einheit	Faktor	Faktor	Faktor	Mio. m ³ _{hwe}	Mio. m ³ _{hwe}	Mio. m ³ _{hwe}	Mio. m ³ _{hwe}	Mio. m ³ _{swe}	Mio. m ³ _{swe}	Mio. m ³ _{swe}	Mio. m ³ _{swe}
Wertangabe	2025	2050	Annahme	Mittel	Mittel	Mittel	Summe	Mittel	Mittel	Mittel	Summe
Bau (ohne Sonstige)	1,211	1,179	0,85	17,022	16,650	-0,372	-9,280	25,060	24,568	-0,492	-12,301
Möbel	1,257	1,218	0,85	7,576	7,385	-0,191	-4,772	9,986	9,723	-0,263	-6,570
Verpackung	1,097	1,082	0,85	7,032	6,955	-0,077	-1,922	11,088	10,964	-0,124	-3,086
Sonstiges	1,197	1,167	0,85	15,940	15,614	-0,326	-8,152	15,633	15,113	-0,520	-13,001
Summe, stofflich	1,197	1,167	0,85	47,570	46,604	-0,966	-24,126	61,767	60,368	-1,399	-34,958

Darstellung der projizierten Simulationen

15 % weniger Verschnitt Die Einschätzungen der Experten zur möglichen Reduktion des Verschnitts lagen zwischen 10 und 20 %. Für die Analyse wurden 15 % angenommen. Dies entspräche einer Reduktion des durchschnittlichen Verschnittfaktors der stofflichen Nutzung von 1,211 auf 1,179. Bis zum Jahr 2025 bleibt der Verschnittfaktor konstant. Von 2026 bis 2035 erfolgt eine lineare Reduktion des Verschnittfaktors bis zum Erreichen des Zielwertes, der anschließend konstant fortgeschrieben wird.

Erhöhung des Laubholzeinsatzes um 20 % Nach Expertenmeinung in der Delfi-Studie ist eine Steigerung des Laubholzeinsatzes von derzeit 17,1 % auf 25 % realistisch. Geht man von einer Steigerung um 50 % (Faktor 1,5) aus, ergibt sich ein Zielwert von 25,7 %. Hierbei handelt es sich um einen Substitutionseffekt, bei dem Nadelholz durch Laubholz ersetzt wird. Die Holzverwendung insgesamt bleibt konstant.

Die Substitution findet auf der Rohwarenebene und auf der Halbwarenebene statt (Schnittholz). 45 % des Substitutionseffekts entfallen auf die stoffliche Nutzung und 55 % auf die energetische Nutzung.

Verdopplung des stofflichen Altholzeinsatzes Es wird angenommen, dass die stofflichen Verwendungsbereiche, sofern bei Ihnen Altholz zum Einsatz kommt, ihren Altholzeinsatz verdoppeln. Der erhöhte Einsatz von Altholz wird vom Derbholzeinsatz proportional zu dessen anteiliger Verwendung abgezogen.

Anpassungsszenario Anpassungsszenario wird untersucht, welche Effekte die Maßnahmen zur Einsparung des Nadelholzes auf dessen Verfügbarkeit haben. Hierzu wurde alle Simulation gleichzeitig aktiviert und auf das Holzbauszenario angewendet.

Die Verringerung des Nadelholzeinschlags in Höhe von 142,3 Mio. m³_{swe} entspräche etwa dem 2,2fachen eines jährlichen Nadelholzeinschlags (Thünen, Einschlagsrückrechnung 2020-2023). Damit kann es einer Verknappung um Jahre entgegenwirken. Wie groß der zeitliche Effekt tatsächlich ist, hängt von der Entwicklung des Waldwachstums und der zu erwartenden Schadereignisse ab. Die Berechnungen erfolgen im FABio-Modell.

Tab. 4: Projektionsergebnisse der Simulationen

Ergebnisse für den	Rohwaren Mio. m ³ _{swe}	
	im Mittel	Summe
<i>Projektionszeitraum 2026-2050</i>		
<i>Rohwarenveränderung in Mio. m³_{swe}</i>	<i>/ Jahr</i>	<i>2026-2050</i>
Verschnitt um -15,0% reduziert	- 1,4	- 35,0
Laubholzeinsatz um +20,7% erhöht *)	+ - 3,2	+ - 79,5
Altholzeinsatz verdoppelt **)	+ - 2,2	+ - 55,7
Anpassungsszenario alle Maßnahmen	- 3,4	- 85,9
davon: Nadelderbholz	- 5,7	- 142,3
davon: Laubderbholz	+ 2,3	+ 56,4

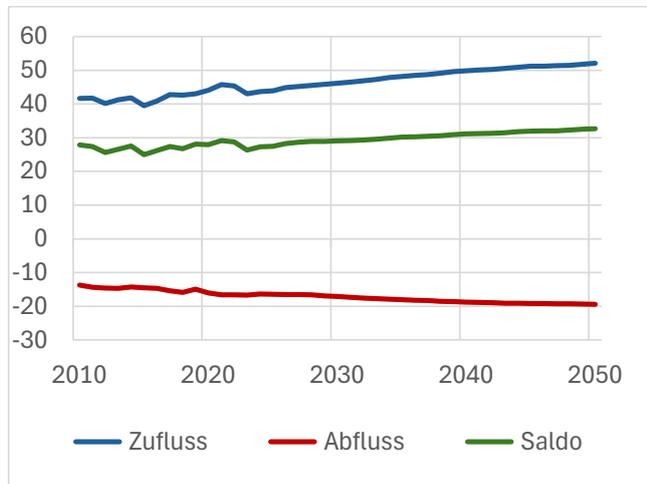
*) entsprechend reduziert sich der Nadelholzeinsatz

***) entsprechen reduzieren sich proportional die Derbholzeinsätze

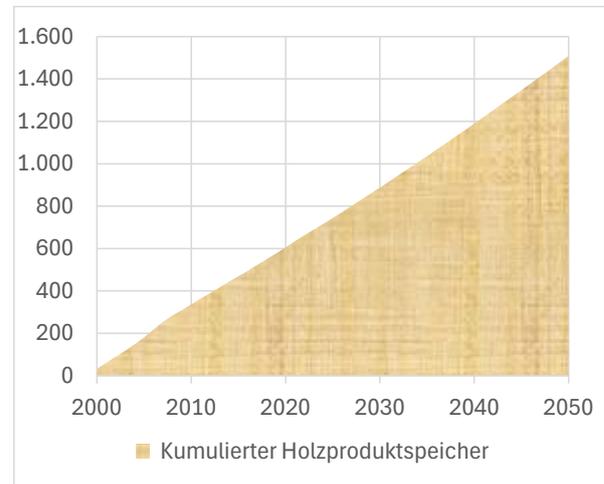
Holzproduktspeicher als Folge empirischer Kreislaufmodellierung

Abb. 4: Speicherwirkungen der Holzverwendung

Stoffliche und energetische Holzverwendung in Mio. m^3_{swe}



Holzverwendung insgesamt in Mio. m^3_{swe} nach Rohwarengruppen



Speichereffekt der Holz-nutzung

Ein interessanter Nebeneffekt der Berechnung des Holzkreislaufes ist der Saldo zwischen Holzhalbwaren (Inflow) und dem Anfall von Alt- und Gebrauchtholz (Outflow). Der Zufluss (44,0 Mio. m^3_{swe}) im Jahr 2020 errechnet sich aus den eingesetzten Halbwaren Schnittholz (2020: 58,0 %), Holzwerkstoffe (2020: 41,3 %) und sonstige Holzhalbwaren (2020: 0,6 %). Der Verschnitt hat keinen Speichereffekt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit mit vorhandenen Berechnungsverfahren ist er dennoch enthalten.

Der Abfluss entspricht dem Altholz im Erfassungssystem und geringen Mengen an Gebrauchtholz (2020: -16,1 m^3_{swe}). Wäre das Erfassungssystem vollständig, entspräche dies dem Abfluss. Dies kann für Deutschland weitgehend angenommen werden. Eine potenzielle Menge von 10 % Gebrauchtholzverwendung in privaten Haushalten und weiteren 10 % für nicht erfasstes Altholz wurde zudem berücksichtigt, so dass der Abfluss im Jahr 2020 -19,3 m^3_{swe} beträgt. Die Fortschreibung erfolgte über eine regressive Schätzung anhand der Entwicklung der Modernisierungsaktivitäten im Baubereich und der Zahl der Erwerbstätigen.

Holzproduktspeicher eindeutig positiv und langfristig wachsend

Im Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2050 verbleiben jährlich 26,5 Mio. m³_{hwe} in der Holzverwendung. Über die Jahre 2000 bis 2050 ergibt sich dadurch ein kumulierter Holzproduktspeicher von 1.350 Mio. m³_{hwe} insgesamt in der Holzverwendung. Es ist nicht ersichtlich, warum es sich zuvor anders deutlich verhalten haben sollte.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten Arbeiten von Mantau/Blanke (2016) in der Cascade-Study für die Europäische Kommission (DG GROW).



Erklärungskraft des Modells

Methodischer Ansatz

- Mit der aktuellen Version des TRAW -Modells ist es gelungen die Rohwarennachfrage umfassend aus der Fertigwarenverwendung abzuleiten.
- Ökonomische Wirkungsanalysen erfolgen mit einem differenzierten Treiber-Set für Fertigwaren. Aus der Kombination von ökonomischen und technologischen Analysen wird die Verwendung von Halb- und Rohwaren konsistent abgeleitet.
- Die Modellstruktur eröffnet neue Möglichkeiten auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette Wirkungen in einem Werkstoffkreislauf differenziert abzuleiten.
- Mit Studien zum Holzeinsatz in den Fertigwarenssektoren wird das Rohstoffmonitoring zur vollständigen Kreislaufwirtschaftsanalyse weiterentwickelt.
- Der Anschluss an die amtliche Produktions- und Außenhandelsstatistik zur Fortschreibung ist gewährleistet.

Fachliche Aussagekraft

- Die vielfältigen Auswirkungen verschiedener Veränderungen im Holzkreislauf können transparent und praxisnah abgeleitet werden.
- Substitutionsprozesse und technologische Veränderungen können quantifiziert und ihre Auswirkungen sind für alle Wertschöpfungsebenen und Waren nachvollziehbar.
- Der Kreislauf wird geschlossen, indem auch der vermehrte Einsatz von Altholz und seine Auswirkungen darstellbar ist.

Weiterentwicklung

- Der Holzmarkt ist sehr differenziert und reicht vom Spielzeug bis zum Sarg. Im Rahmen des FNR-Projektes „Lignum Quo Vadis (LQV; FKZ 2223HV004X)“ soll die noch offene Lücke weitgehend geschlossen werden.
- Die einzelnen Teilbereiche des Modells können weiter vernetzt werden. Es bestehen jedoch Zielkonflikte zwischen der programmtechnischen, mathematischen Automatisierung und der Integration von praxisnahem Marktwissen.
- Die Erhebung von technischen Verwendungskennziffern ist in Deutschland weiter vorangeschritten als in anderen Ländern. Doch bleibt sie eine ständige Herausforderung.
- Die Bereiche Außenhandel und Altpapier wurden in den Analysen berücksichtigt. Aufgrund der Komplexität der Sachverhalte fokussierte sich Darstellung auf den Rohwareneinsatz. Für eine transparente Analyse der Kreislaufwirtschaft sollten diese bei der Überarbeitung stärker herausgearbeitet werden.



Das Projekt DIFENS

Extremereignisse wie Dürren und Stürme haben in den vergangenen Jahren erhebliche Schäden in unseren Wäldern verursacht. Besonders betroffen sind Wälder mit geringer Widerstandsfähigkeit, die sich nur schwer an Umweltveränderungen anpassen können.

Gleichzeitig steigen die Anforderungen an den Wald: nationale und internationale Vorgaben setzen auf seine Rolle als Kohlenstoffspeicher und als wertvollen Lebensraum für viele Arten. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, müssen Wälder gezielt für das Erbringen dieser Leistungen bewirtschaftet werden.

Es ist zu erwarten, dass Extremereignisse in Zukunft häufiger auftreten und die Forstwirtschaft immer stärker beeinflussen. Dies stellt auch die Nutzung von Holz vor neue Herausforderungen, da das verfügbare Holzangebot künftig starken Schwankungen unterliegen wird.

Um die vielfältigen Leistungen des Waldes langfristig zu sichern, sind neue Bewirtschaftungsformen und ein gezielter Umbau der Wälder erforderlich. Dies wird auch zu Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung führen.

Zahlreiche Studien haben bereits die Entwicklung von Waldbeständen, das Holzaufkommen und die Kohlenstoffspeicherung unter verschiedenen Bewirtschaftungsszenarien untersucht – meist auf Basis der Bundeswaldinventuren. Bisher fehlte jedoch eine integrierte Betrachtung, die Holznachfrage, Klimawandelfolgen und Waldbewirtschaftung gemeinsam in den Blick nimmt.



Ergebnisse unter:
<https://fabio-model.de>



Das Projekt DIFENS schließt diese Forschungslücke durch die Entwicklung detaillierter Szenarien, die Endwarenspektoren, Halbwaren und Rohstoffe miteinander verknüpfen:

- Mit dem Modell TRAW wird der zukünftige Holzbedarf ermittelt. Dabei werden Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung und technischen Innovationen berücksichtigt. Zusätzlich fließen Einschätzungen von Expertinnen und Experten aus der Forst- und Holzwirtschaft ein, die im Rahmen einer Delphi-Befragung gewonnen wurden.
- Die ermittelte Holznachfrage geht in das Waldentwicklungsmodell FABio-Forest ein, das durch eine Verknüpfung mit dem Waldwachstumsmodell 4C auf klimatische Änderungen reagieren kann.
- Das Modell HoLCA leitet schließlich aus den Ergebnissen der Holzverwendung Treibhausgasemissionen und Ökobilanzierungen entlang der Wertschöpfungskette ab.

DIFENS bietet damit neue Ansätze zur nachhaltigen Anpassung der Forst- und Holzwirtschaft an Klimawandel und Marktveränderungen. Im Mittelpunkt stehen dabei folgende zentrale Fragen:

- Wieviel Holz werden wir in Deutschland zukünftig benötigen?
- Wie entwickeln sich die Wälder in Deutschland im Zuge des Klimawandels?
- Können die Wälder unter den veränderten Bedingungen die zukünftigen Anforderungen erfüllen?
- Welche Folgen hat dies insbesondere für die Bilanzierung von Treibhausgasemissionen und anderen Umweltauswirkungen?

Impressum

Version 1.0, Stand 31.05.2025

Zitieren als: Mantau, U. (2025): Holzverwendungsmodellierung; Entwicklung der Holzverwendung in Fertigwarenssektoren und ihre Wirkung auf den Halb- und Rohwarenbedarf. Modell TRAW – Total Resource Assessment of Wood, Kreislaufwirtschaftsmodell HOLZ; <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/DIFENS-Holzverwendung.pdf>

Inhalte dieser Broschüre wurden erstellt durch:

Prof. Dr. Udo Mantau, INFRO e.K. - Informationssysteme für Rohstoffe,
E-Mail: infro@t-online.de, Web: www.infro.eu



Die Broschüre ist ein Produkt des Projektes Waldentwicklung als Folge von Veränderung der Holz- nachfrage, Klimaveränderung, natürlichen Störungen und Politikanforderungen - Eine Analyse der Reaktionsmöglichkeiten von Forst- und Holzwirtschaft (DIFENS), Teilvorhaben 2: Stoffstromana- lyse und Nachfrageszenarien.

DIFENS wurde gefördert unter dem Förderkennzeichen 2220WK32A4 aus Mitteln des Waldklima- fonds in dem Zeitraum vom 01.12.2021 bis 31.05.2025. Der Projektträger ist die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR).

Weitere Broschüren: DIFENS – [Waldmodellierung](#) und DIFENS - [Ökobilanzierung](#)

Die Projektpartner sind:



Bildernachweis in der Reihenfolge

Shutterstock (1) 185139869; (2) 194326773; (3) 65194069
Udo Mantau alle Weiteren

Hintergrundliteratur

Marcus Knauf (2024): Delphi-Studie - https://delphi-holz.de/wp-content/uploads/2024/07/Delphi_Ergebnisbericht.pdf

Mantau, U. (2023): Holzrohstoffbilanzierung - <https://media-thek.fnr.de/wood-resource-balances-circular-economy-and-cascading.html>

