

Modellierung des Stoffstroms Holz
von der Fertigware zum Waldholz

Kreislaufwirtschaftsmodell Holz
TRAW (Total Resource Assessment of Wood)

Udo Mantau



Version 17. Oktober 2025

Verbundvorhaben:

Waldentwicklung als Folge von Veränderung der Holznachfrage, Klimaveränderung, natürlichen Störungen und Politikanforderungen - Eine Analyse der Reaktionsmöglichkeiten von Forst- und Holzwirtschaft

(Dealing with Impacts on Forests under Changing End-Use Demand, Climate Change, Natural Disturbances and Policy Goals)

Teilvorhaben:

Holzverwendung in Fertigwarenssektoren und ihre Wirkung auf den Halb- und Rohwarenbedarf, Das TRAW –Modell (Total Resource Assessment of Wood). Kreislaufwirtschaftsmodell Holz.

Zuwendungsempfänger:

INFRO e. K. - Informationssysteme für Rohstoffe

Förderkennzeichen: 2220WK32B4 WKF - Waldklimafonds

Laufzeit des Vorhabens: 01.12.2021 bis 31.05.2025

Datum der Veröffentlichung: 2025

Bild Titelseite: eigene Gestaltung unter Verwendung von Shutterstock

Zitierweise:

Mantau, U. (2025): Modellierung des Stoffstroms Holz von der Fertigware zum Waldholz. Kreislaufwirtschaftsmodell Holz (TRAW, Total Resource Assessment of Wood). Teilbericht des DIFENS-Projektes. FNR FKZ 2220WK32B4. 118 Seiten. 2. Auflage. Online verfügbar unter www.infro.eu

Stichworte:

Holzverwendung, Stoffstromanalyse, Kreislaufwirtschaftsmodell, Holzmarktmodell, Bau, Möbel, Verpackung, Papier, Sonstige Holzverwendungen, Holzverwendungskoeffizienten, Sensitivitäten, Verschnitt, Substitution, Recycling, Restholz, Holzrohstoffbilanzen

Herausgeber:

INFRO e. K. - Informationssysteme für Rohstoffe

Otto Becker Weg 1. 29223 Celle

info@t-online.de. www.infro.eu

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung.....	5
1.1	Problemstellung	5
1.2	Einordnung in das DIFENs-Projekt	6
1.3	Zusammenfassung	7
2.	Methode des TRAW-Modell (Total Resource Assessment of Wood)	12
2.1	Probleme der Marktmodellierung für die Kreislaufwirtschaft.....	12
2.2	Definitionen.....	14
2.3	Modellstruktur von TRAW	16
2.4	Treiberstruktur	19
2.5	Vorgehensweise der Berechnungen der Regressionen	22
2.6	Künftige Herausforderungen	22
3.	Rahmenbedingungen	24
3.1	Demografie	24
3.2	Wirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	31
3.3	Spezifische Rahmendaten	34
3.4	Monetäre Rahmenbedingungen.....	37
4.	Stoffliche Holzverwendungen	38
4.1	Bau	38
4.1.1	Struktur der Szenarien und Verwendungskennziffern	38
4.1.2	Bautätigkeitsstatistik und Bauvolumen	38
4.1.3	Szenarien zum Baumarkt und Holzbauquoten.....	43
4.1.4	Bau – Basisszenario (BAS)	47
4.1.5	Bau – Holzbauszenario (HBS).....	50
4.2	Möbel.....	55
4.3	Holzverpackungen	59
4.4	Papier	62
4.5	Neue biobasierte Holzprodukte	69
4.6	Sonstige Holzverwendungen (Restgröße).....	71
4.7	Stoffliche Holzverwendung insgesamt.....	74
5.	Verwendung von Energieholz	76
5.1	Holzeinsatz für Energieholzprodukte.....	76
5.2	Energieholzverwendung in privaten Haushalten	77
5.3	Energieholzverwendung in Großfeuerungsanlagen (FWL > 1 MW).....	80
5.4	Energieholzverwendung in Kleinfeuerungsanlagen (FWL < 1 MW).....	83
5.5	Sonstige Verwendungen von Energieholz.....	84
5.6	Energieholzverwendung insgesamt	86
5.7	Holzverwendung, insgesamt.....	88
6.	Sensitivitätsanalysen	90
6.1	Sensitivität der Holzbauquote	90
6.2	Reduktion des Verschnitts	92

6.3	Erhöhung des Laubholzeinsatzes	94
6.4	Altholz substituiert Derbholz.....	97
6.5	Anpassungsszenario - Kombination der Varianten	99
6.6	Deutlicher Aufbau des Holzspeichers in der Produktnutzung	101
7.	Ausblick.....	103
8.	Anhang	105
8.1	Glossar	105
8.2	Abkürzungsverzeichnis	110
8.3	Tabellenverzeichnis	112
8.4	Quellennachweis.....	116

1. Einführung

1.1 Problemstellung

Aus anwendungs-orientierter Sicht

„Auf dem Weg in eine biobasierte und nachhaltige Zukunft, hat der nachwachsende Rohstoff Holz eine zentrale Rolle. Bei nur begrenzt erweiterbarem Rohstoffaufkommen ist es gemeinsames Ziel der Forst- und Holzwirtschaft, das Holz aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung effizient zu nutzen.“ (FNR 2025) Der Begriff der Kreislaufwirtschaft umfasst diverse Aspekte, darunter die Ressourceneinsparung, die Substitution endlicher durch erneuerbare Rohstoffe sowie die Kaskadennutzung. Infolgedessen leistet sie einen Beitrag zur Versorgung der Wirtschaft und zur Einhaltung von Klimazielen.

Aus modelltheoretischer Sicht

Zur nachvollziehbaren Messung und Bewertung von Kreisläufen bedarf es Datengrundlagen, die zum Teil über die bisherige statistische Berichterstattung hinausgehen. In diesem Kontext sind insbesondere die Rohwarenzusammensetzungen von Halb- und Fertigwaren interessant. Diese Herausforderung wurde für den Rohstoff Holz auf der Roh- und Halbwarenebene durch das Rohstoffmonitoring gelöst (Mantau 2023, 2023 a). Der Bereich der Endwaren wurde bisher lediglich im Kontext der Sektoren Bau (vgl. Mantau, Blanke, Döring 2018) und Möbel (vgl. Mantau, Hiller, Giesecking, Blanke 2022) auf breiter empirischer Basis erforscht. Für eine sachgerechte Modellierung der Kreislaufwirtschaft ist eine breitere Erfassung des Halbwareneinsatzes in den Fertigwarenspektoren erforderlich. Sachgerecht bedeutet in diesem Fall, dass entsprechend den wirtschaftlichen Zusammenhängen die Nachfrage in Endverwendungssektoren Angebotsverhalten auf der Halb- und Rohwarenebene auslösen. Die Erfassung von Wirkungsprozessen und die Analyse künftiger Entwicklungen bedarf der Einbeziehung der Fertigwarenspektoren.

Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit hat die folgenden Ziele:

Die Entwicklung der Holzverwendung wird nachfrageorientiert über Endwarenmärkte bestimmt.

Datenlücken werden durch Studien zu einzelnen Produkten und Expertenschätzungen gefüllt.

Die zu erwartende Rechenlücke zwischen Endwaren und Halbwaren wird quantifiziert.

Zur Prognose künftiger Entwicklungen der Endwarenmärkte wird ein Prognosesystem entwickelt, das weit über vorhandene Schätzungen anhand des Bruttoinlandsproduktes hinausgeht.

Die Quantifizierung der Entwicklungen der Endwarenmärkte erfolgt unter Verwendung der Datenstrukturen des Rohstoffmonitorings. Der Begriff des Rohstoffmonitorings wird dabei die Endwarenmärkte einschließen.

Das Konzept der Holzrohstoffbilanzierung wird beibehalten, weil Mengenströme im Kreislauf quantitativ wie in einer Bilanz aufgehen

müssen. Die Holzrohstoffbilanzierung an einzelnen Knotenpunkten ist eine Voraussetzung für die Abbildung von Kreisläufen.

Die künftige Waldholzentnahme wird über die Nachfrage in Endwarenssektoren abgeleitet.

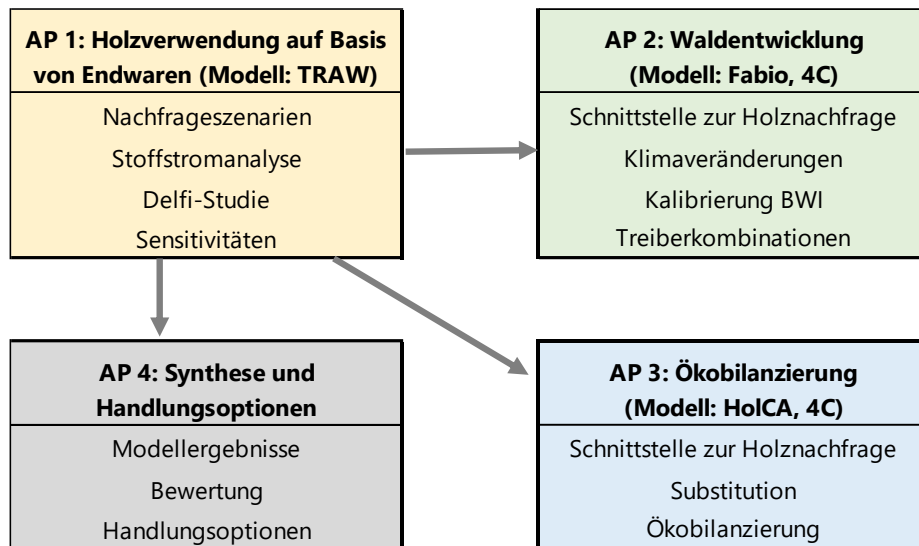
1.2 Einordnung in das DIFENS-Projekt

Beitrag zur Grundlagenforschung

TRAW (Total Resource Assessment of Wood)

Das Arbeitspaket 1 modelliert die Holzverwendung auf der Grundlage von Sektoren der Endnachfrage. Diese wird aus langfristig ableitbaren allgemeinen Rahmendaten mittels Regressionsanalyse abgeleitet. Die Mengenentwicklungen für Halbwaren und Rohwaren werden anschließend rechenstechnisch durch Anwendung technischer Koeffizienten abgeleitet.

Abbildung 1-1: Einordnung in das DIFENS-Projekt



Quelle: DIFENS-Projektantrag

Abgeleitete Waldholznachfrage für Fabio

Die Waldholznachfrage wird aus der Entwicklung von Endwarenssektoren abgeleitet. Die Resultate werden in Form von Stammholz (Derbholzverwendung in Sägewerken) und sonstigem Derbholz, getrennt nach Nadel- und Laubholz, an die Waldholzmodellierung (Fabio, 4C) weitergegeben. Das Aufkommen von Rinden und Waldrestholz kann in der Waldholzmodellierung adäquater berechnet werden. Die entsprechenden Mengen an verwendetem Waldrestholz erlauben Rückschlüsse auf den Umfang der Entnahme von Waldrestholz aus dem Wald, nicht jedoch auf die bei der Holzernte anfallenden Mengen.

Abgeleitete Holzverwendungen für die THG-Bilanzierung (HolCA)

Die Struktur von TRAW ermöglicht es die Halbwarenverwendung in den Endwarenssektoren für die THG-Bilanzierung aufzubereiten und mit hoher Genauigkeit den Verwendungen zuzuordnen. Die Verwendung von Schnittholz ergibt sich nicht als Ganzes aus dem Halbwarenssektor, sondern resultiert aus der Nachfrage in der Bauindustrie, der Möbelindustrie, der Verpackungsindustrie und zahlreichen anderen Verwendungsbereichen. TRAW erlaubt Holzströme und ihre Entwicklungen jedem Verwendungsbereich zuzuordnen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, über die Modellierung des Altholzmarktes einen direkten Vergleich des In- und

Outflows der Holzwaren zu erstellen. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine alternative Betrachtung zum Holzproduktspeicher.

Sensitivitätsanalysen zur Quantifizierung von Handlungsoptionen

Geänderte Entwicklungen im Endwarenbereich können mit TRAW auf ihre Auswirkungen auf die Waldholzentnahme oder Kreislaufströme analysiert werden. Im Rahmen der Untersuchung wurden verschiedene Szenarien durchgespielt, wie eine höhere Holzbauquote, die Reduktion des Verschnitts, die Substitution von Nadelholz durch Laubholz sowie die Substitution von Derbholz durch Altholz umfassen. Mittels eines Anpassungsszenarios konnte eine simultane Analyse der Auswirkungen aller Maßnahmen auf die Holzverfügbarkeit (Fabio) durchgeführt werden.

1.3 Zusammenfassung

Rahmenbedingungen

Der demografische Wandel führt in Deutschland zu einem Bevölkerungsrückgang mit der Konsequenz sinkender Haushalts- und Erwerbstätigenzahlen. Wirtschaftliche Entwicklungen weisen demgegenüber eher Stabilität oder Wachstum aus. Selbst das Bruttoinlandsprodukt in realen Werten überzeichnet die Rohwarenverwendung, wenn sich eine Gesellschaft vom Produktions- zum Dienstleistungssektor entwickelt. Die relativen Entwicklungen der volkswirtschaftlichen Sektoren bieten eine weniger problematische Basis für Schätzungen. Wie bei allen Zukunftswerten ist auch hier zu konstatieren, dass sie auf Annahmen basieren. Die Hintergründe der Annahmen werden ausführlich erläutert.

Bausektor

Die bauwirtschaftlichen Entwicklungen werden als Basisszenario (BAS) auf der Grundlage konjunktureller Entwicklungen und mit einer steigenden Holzbauquote (Holzbauszenario, HBS) als Ergebnis von Präferenzveränderungen gerechnet. Dabei wird die Entwicklung der Holzbauquote um etwa ein Drittel (31,9 %) des Ausgangswertes jeder Gebäudegruppe erhöht. Der Unterschied an eingebauten Holzwaren bleibt im Jahr 2050 mit 645.000 m³_{hwe} Halbwaren begrenzt. Umgerechnet in Rohwaren betragen die zusätzlich eingesetzten Mengen im Jahr 2050 873.000 m³_{swe}. Der kumulierte Effekt zusätzlicher Holzverwendung beträgt 9,0 Mio. m³_{hwe} Halbwaren, was unter Anwendung des durchschnittlichen Verhältnisses zu Rohwaren (1,472) 15,5 Mio. m³_{swe} entspräche.

Die begrenzten Mengeneffekte haben mehrere Ursachen. Der Zielwert einer um ein Drittel erhöhten Holzbauquote tritt nicht sofort ein, sondern baut sich linear zwischen 2024 und 2050 auf. In der Dekade zwischen 2020 und 2030 durchläuft die Bauwirtschaft eine konjunkturelle Schwäche. Schließlich entfielen auf den Neubau im Jahr 2023 nur ein Drittel der Holzverwendung. 63 % entfielen auf die Modernisierung und 4 % auf den Tiefbau. Bis zum Jahr 2050 geht der Neubauanteil weiter zurück.

Neben der Erhöhung der Holzbauquote führen auch konjunkturelle Entwicklungen zu einem Anstieg der Holzverwendung. Der liegt insgesamt bei 14,7 % oder 3,5 Mio. m³_{swe}. Davon entfallen 11,4 % auf

konjunkturelle Entwicklungen, insbesondere in der Modernisierung, und 3,3 % auf die Veränderung der Holzbauquote im Neubau.

Auf Nadelbholz entfallen drei Viertel der Verwendungen im Baubereich.

Möbelsektor

Die Entwicklung des Möbelmarktes verlief bisher im mehrjährigen Mittel stabil. Die moderate Aufwärtstendenz läuft infolge demografischer Entwicklungen aus. Ab dem Jahr 2040 ist eine Abschwächung zu beobachten, Nach dem konjunkturellen Rückschlag im Jahr 2023 wird von einer langfristig stagnierenden Produktion ausgegangen.

Die Holzverwendung im Möbelsektor belief sich auf im Jahr 2020 auf 9,4 Mio. m^3_{swe} . Bis zum Jahr 2050 steigt der Wert der verwendeten Rohwaren auf 10,0 Mio. m^3_{swe} an. Durch Umrechnung und auch weil Holzwerkstoffe sonstiges Derbholz enthalten, lag der Derbholzanteil 2020 bei 52,7 %. Er bleibt bis 2050 konstant. Der Anteil des Massivholzes wird bis zum Jahr 2050 geringfügig auf 23,2 % zurückgehen.

Verpackungssektor

Die Szenarien weisen für den Verpackungssektor im Vergleich zur Periode 2000 bis 2020 kaum noch Wachstum aus. Der Einsatz der Holzhalbwaren betrug im Mittel der Jahre 2019 bis 2023 ca. 6,5 Mio. m^3_{hwe} einschließlich Verschnitt. Davon entfielen 1,8 Mio. m^3 oder 28,1 % auf Holzwerkstoffe und entsprechend 4,6 Mio. m^3_{hwe} oder 71,9 % auf Massivholz. Der Anteil der Spanplatten an den Holzwerkstoffen betrug 85,8 %. Noch deutlicher war die Dominanz des Nadelholzes beim Massivholz mit 99,1 %.

Die Rohwarenverwendung steigt vom Jahr 2020 mit 9,6 Mio. m^3_{swe} auf 11,1 Mio. m^3_{swe} im Jahr 2050. Gemessen an den aktuellen wirtschaftlichen Herausforderungen des Jahres 2025 und sich verstärkender De-Globalisierung erscheint das Szenario optimistisch. Im Vergleich zu dem fulminanten Aufschwung der Jahre 2000 bis 2020 ist die Annahme einer Stagnation jedoch eher vorsichtig.

Papiersektor

Der Sektor der Zeitungsdruckpapiere hat bereits einen deutlichen Strukturbruch hinter sich und die Produktion wird im Szenario weiter moderat abnehmen. Das gilt ebenso für den Bereich der Schreib- und Druckpapiere. Deren moderater Zuwachs in der ersten Hälfte der 2030er Jahre ist demografisch bedingt. Hygiene- und Spezialpapiere entwickeln sich aufgrund demografischer Entwicklungen und technologischer Wettbewerbsvorteile weitgehend konstant. Die Produktion von Verpackungspapieren hat ihren Zenit überschritten und nimmt tendenziell ab. Die konjunkturellen Entwicklungen der Endwarenspektoren haben sehr unterschiedliche Effekte auf die Zellstoffproduktion, da sie zu unterschiedlichen Anteilen von Altpapier gedeckt werden. Im Jahr 2020 setzte die Papierindustrie zu 63,7 % Altpapier, zu 14,3 % Additive und zu 22,0 % Zellstoff ein.

Im Jahr 2020 wurde eine Gesamtmenge von 9,1 Mio. m^3_{swe} Holzrohwaren eingesetzt. Konjunkturell geht die Nachfrage bis 2030 zurück (8,3 Mio. m^3_{swe}) und steigt u.a. aufgrund des höheren Zellstoffanteils in Hygiene- und Spezialpapieren anschließend bis zum Jahr 2050 moderat an (8,9 Mio. m^3_{swe}).

Neue biobasierte Holzprodukte

Für die zukünftige Planung des Rohstoffeinsatzes für auf Holz basierte Kunststoffe bzw. deren Vorprodukte bietet die Bioraffinerie

von UPM in Leuna eine Orientierungshilfe (Rohstoffeinsatz: 500.000 Fm/Jahr Buche für 220.000 t Produktionsvolumen).

Es wird unterstellt, dass ab dem Jahr 2035 alle fünf Jahre die Kapazität in gleicher Größenordnung ausgebaut wird. Das führt bis zum Jahr 2050 zu einer Produktionskapazität von 1,1 Mio. t. Als Rohware kommt Laubderbholz (Buche) zum Einsatz. Der Ausbau der Produktionskapazität auf 1,1 Mio. t entspräche damit 2,5 Mio. m³_{swe}.

Restmengen

Geht man von der Nachfrage in den spezifizierten Sektoren der Endnachfrage aus, so ergibt sich erwartungsgemäß ein Delta zwischen der daraus abgeleiteten Menge an Halbwaren und der statistisch ausgewiesenen Menge an verwendeten Holzhalbwaren. Im jährlichen Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2020 wurde im Endwarenbereich ein nicht spezifiziertes Volumen von 15,0 Mio. m³_{hwe} Halbwaren verzeichnet. Dieser Wert entspricht einem Anteil von 32,1 % der stofflichen Verwendung von Holzhalbwaren. Für den Zeitraum von 2021 bis 2050 wird ein durchschnittliches Volumen der unbestimmten Mengen im Endwarenbereich entsprechend der Entwicklung der bestimmten Sektoren fortgeschrieben. Das entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Volumen von 15,7 Mio. m³_{hwe}. Dies entspricht 28,1 % der stofflichen Verwendung von Holzwaren.

Stoffliche Holzverwendung insgesamt

Umgerechnet auf die stoffliche Verwendung von Rohwaren (ohne Altpapier und sonstiges) wurden im Jahr 2020 65,9 Mio. m³_{swe} verwendet. Die Verwendung steigt bis zum Jahr 2050 um +15,8 % auf 76,3 Mio. m³_{swe}. Der Anteil des Derbholzes beträgt im Jahr 2050 82,1 %.

Energieholzprodukte

Energieholzprodukte (Pellets, Briketts, Holzkohle) werden zunächst als Zwischenprodukte (Halbwaren) eingestuft. Der Rohwareneinsatz erfolgt bei ihrer Produktion. Im zweiten Schritt werden sie den Verwendern zugeordnet. Im Jahr 2020 wurden von den verwendeten 7,3 Mio. m³_{swe} 70,6 % in privaten Haushalten, 26,5 % in kommunalen und gewerblichen Kleinanlagen und 2,9 % in Großanlagen verwendet. Die Verwendung folgt der Entwicklung der Bereiche insgesamt. Aus dem Grunde sinkt die Verwendung bis 2050 auf 5,0 Mio. m³_{swe}. Es wäre auch ein Szenario denkbar, in dem die Pelletproduktion konstant bleibt oder zunimmt und andere Rohwaren, insbesondere Derbholz substituiert.

Private Haushalte

Die Holzverwendung in privaten Haushalten war bereits am aktuellen Rand stagnierend bis rückläufig. Die Annahmen der Szenarien führen bei Einzelfeuerungsanlagen zu einem Rückgang der Holzenergieverwendung in privaten Haushalten zwischen 2020 und 2050 in EZF von 18,1 Mio. m³_{swe} auf 13,5 Mio. m³_{swe}. Die Holzverwendung in Holzzentralheizungen steigt zunächst durch Anlagenausbau von 2020 bis 2030 von 8,9 Mio. m³_{swe} bis 2030 auf 10,3 Mio. m³_{swe} an. Danach führen Effizienzgewinne und sinkender Kälteeinfluss bis 2050 zu einem Rückgang der Holzverwendung auf 6,7 Mio. m³_{swe}. In der Summe führt es zu einem Rückgang der Energieholzverwendung in privaten Haushalten von 21,8 Mio. m³_{swe} im Jahr 2020 auf 16,5 Mio. m³_{swe} im Jahr 2050.

Großfeuerungsanlagen	Großfeuerungsanlagen erreichen zwischen 2010 und 2020 ein weitgehend stabiles Plateau von ca. 23 Mio. m^3_{swe} . Bis zum Jahr 2030 ist ein starker Rückgang auf ein Niveau von ca. 11 Mio. m^3_{swe} zu verzeichnen, der bis 2040 weitgehend konstant bleibt. In der Folge wird ein kontinuierlicher Anstieg auf 17 Mio. m^3_{swe} erwartet.
Kleinfeuerungsanlagen	Kleinfeuerungsanlagen erreichen zwischen 2023 und 2033 ihren größten Holzbedarf mit 12,5 Mio. m^3_{swe} im Durchschnitt. Entsprechend des vorgegebenen Szenarios sinkt die Holzverwendung anschließend bis zum Jahr 2050 auf 8,9 Mio. m^3_{swe} .
Sonstige Verwendungen von Energieholz	Zu den sonstigen Verwendungen zählen Bio-Fuel (Ex-Choren-Industries), Holzkohle und sonstige Holzbriketts. Bei letzteren handelt es sich um Mengen, die in der Statistik des Statistischen Bundesamtes ausgewiesen sind und die erfassten Mengen übersteigen. Der Holzeinsatz für die sonstigen Energieholzprodukte beträgt 1,0 Mio. m^3_{swe} und ist im Szenario als konstant unterstellt.
Energetische Holzverwendung insgesamt	Die Energieholzverwendung sinkt von 59,4 Mio. m^3_{swe} im Jahr 2020 um 12,2 Mio. m^3_{swe} auf 47,2 Mio. m^3_{swe} . Das entspricht einen Rückgang um ein Fünftel (20,5 %).
Holzverwendung insgesamt	Im Jahr 2020 lag die Holzverwendung insgesamt bei 123,8 Mio. m^3_{swe} . Die sinkende energetische Holzverwendung wird zum Teil durch die steigende stoffliche Holzverwendung ausgeglichen. Insgesamt sinkt die Holzverwendung 2030 und 2040 auf ca. 116,5 Mio. m^3_{swe} . Bis zum Jahr 2050 steigt sie auf 122,5 Mio. m^3 an. Die zahlreichen, zum Teil sehr unterschiedlichen, Entwicklungen gleichen sich somit insgesamt zu einer relativ stabilen Holzverwendungsstruktur aus. Der Derbholzanteil beträgt 61,1 % (74,9 Mio. m^3_{swe}).
Sensitivitäten	Die Veränderung der Holzbauquote führt zu begrenzten Mengeneffekten, da die konjunkturell schwache Entwicklung am aktuellen Rand einen Teil kompensiert und Holzverwendungen in Nicht-Holzbauten abnehmen. Der Unterschied an eingebauten Holzwaren bleibt im Jahr 2050 mit 645.000 Mio. m^3_{hwe} begrenzt. Umgerechnet in Holzrohwaren betragen die zusätzlich eingesetzten Mengen im Jahr 2050 873.000 m^3_{swe}. Für die Simulationsperiode 2026 bis 2050 entspricht das einer zusätzlichen Holzverwendung in Höhe von 18,6 Mio. m^3_{swe}. Die Reduktion des Verschnitts um 15,0 % bei der Produktion der stofflichen Endwaren führt zu einem geringeren Einsatz von Halbwaren pro Jahr in Höhe von 1,216 Mio. m^3_{hwe}. In Bezug auf den Rohwareneinsatz ergibt sich eine durchschnittliche jährliche Reduktion um 1,399 Mio. m^3_{swe}. Für die Simulationsperiode 2026 bis 2050 entspricht das einer Einsparung in Höhe von 35,0 Mio. m^3_{swe}. Die Erhöhung des Laubholzeinsatzes von 17,1 % auf ca. 25,0 % entspricht etwa dem 1,5fachen. Es handelt sich um ein Null-Summen-Spiel, da die höheren Einsatzmengen für Laubholz, dem Nadelholz abgezogen werden. In der Summe könnte so eine Menge von 3,2 Mio. m^3_{swe} jährlich substituiert werden. Davon entfallen 44,9 % der Substitution auf die stoffliche und 55,1 % auf die energetische

Verwendung. Für die Simulationsperiode 2026 bis 2050 entspricht das einer Einsparung in Höhe von 79,5 Mio. m³_{swe}.

Mit der Verdopplung des Altholzeinsatzes in der stofflichen Verwendung wird eine Substitution des Derbholzeinsatzes unterstellt. In der Zeit zwischen 2026 und 2050 führt dies zu einer durchschnittlichen jährlichen Substitution von Derbholz durch Altholz in Höhe von 2,230 Mio. m³_{swe}. In der Summe gleichen sich die Wirkungen aus. Für die Simulationsperiode 2026 bis 2050 entspricht das einer Substitution in Höhe von 55,7 Mio. m³_{swe}.

Anpassungsszenario

Die simultane Implementierung aller Maßnahmen resultiert in einer prognostizierten Reduktion des Derbholzeinsatzes zwischen 2026 und 2050 um -85,9 Mio. m³_{swe}. Diese setzt sich aus einer reduzierten Verwendung von Nadelholz in Höhe von -142,3 Mio. m³_{swe} und einer zusätzlichen Verwendung von Laubholz in Höhe von +56,4 Mio. m³_{swe} zusammen. Damit könnte eine Nadelholzverknappung um Jahre hinausgeschoben werden. Wie groß der Effekt tatsächlich ist, hängt jedoch auch von der Waldwachstumsentwicklung ab (Fabio).

2. Methode des TRAW-Modell (Total Resource Assessment of Wood)

2.1 Probleme der Marktmodellierung für die Kreislaufwirtschaft

Herausforderung: Endwaren

Kreislaufwirtschaftsprozesse lassen sich ohne die Einbeziehung von Fertigwarenssektoren kaum modellieren. Ohne den Endwarenssektor (Fertigwaren synonym zu Endwaren) fehlt ein entscheidendes Glied zum Schließen des Kreislaufs. Alle Stufen der Abfallhierarchie (KrWG 2012, §6) sind untrennbar mit der Verwendung von Produkten verbunden.

Herausforderung: Marktmodellierung

Die bisherigen Holzmarktmodelle (European Forest Sector Outlook Study (EFSOS, UNECE (2011); NAFSOS USDA Forest Service Model (2012); GFTM, TiMBA) bestimmen die Nachfrage nach Holzhalbwaren (z. B. Schnittholz, Holzwerkstoffe, Zellstoff) angelehnt an die Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts (BIP). Der einzige Endwarenssektor ist der Papiersektor. Einziger Grund für diese Vorgehensweise ist die Datenverfügbarkeit. Letztere bezieht sich meist auf die Datenbank der FAO (FAOSTAT). Das mag für die Vergangenheit eine ausreichende Vorgehensweise gewesen sein. Für das Zeitalter der Kreislaufwirtschaft reicht es nicht aus. Mangelnde Datenverfügbarkeit oder einfache Nutzung vorhandener Datenbanken kann nicht die Grenze des Erkenntnisprozesses sein. Was können Holzmarktmodelle über die aktuelle Welt aussagen, wenn sie weder Endwarenssektoren noch Holzenergienutzung berücksichtigen?

Noch größer ist das Problem der Untererfassung und anderer Datenprobleme. Was sind Gleichgewichtsmodelle und statistische Qualitätsmerkmale wert, wenn sie ein Marktgleichgewicht mit hoher Signifikanz ausweisen, obwohl die Daten nur die Hälfte der tatsächlichen Schnittholzproduktion ausweisen? Die aktuelle wissenschaftliche Herausforderung liegt in der Gewinnung neuer Daten und neuer erkenntnisrelevanter Marktstrukturen für neue Phänomene der Bioökonomie, der Rohstoffverfügbarkeit und der Kreislaufwirtschaft.

Der Verfasser ist sich darüber im Klaren, dass diese Version des TRAW-Modells nur ein Anfang ist. Die internationale Übertragbarkeit wurde nur teilweise erprobt (Mantau 2010, Mantau, Blanke 2016) und die Knappheitsmodellierung ist unvollständig. Wenn die Alternative in eleganten Modellen in einer begrenzten Datenwelt mit gestrigen Marktstrukturen besteht, ist die Schwäche jedoch - vorübergehend - hinnehmbar.

Zunehmende Wertschöpfung führt zu zunehmender Produktvielfalt

Während Halbwarenssektoren mit einer geringen Anzahl an Produkten beschrieben sind (Nadel- und Laubschnittholz), bestehen Endwarenssektoren aus einer Vielzahl an Produkten. Die Studie zum Baumarkt erfasst 142 Holzprodukte nach Bauteilen (Mantau, Blanke, Döring 2018). Im Rahmen der Studie zum Möbelmarkt wurden 60 verschiedene statistische Möbelgruppen untersucht (Mantau, Hiller, Giesecking, Blanke 2022).

Zudem ist der Holzanteil im Endwarenssektor nicht direkt aus dem Produkt (Küche) ersichtlich und unterliegt innerhalb einer Produktgruppe Schwankungen. Er muss daher durch Produkterfassungen ermittelt werden. Dabei sind Zufallserhebungen nur selten möglich, da es keine Grundgesamtheit gibt, aus der man Zufallsstichproben ziehen könnte. Häufig ist es bereits ein Erfolg,

wenn genügend Unterlagen mit vollständigen Angaben über die Inhaltsstoffe verfügbar sind. Die Stichprobe ist somit meist das Ergebnis eines Suchprozesses. Das mag auch ein Grund für das mangelnde Interesse der Wissenschaft an solchen Studien sein, denn mangelnde statistische Validierung wird fälschlicherweise als wissenschaftlicher Mangel gewertet. Wenn die Konsequenz Nichtwissen ist, kann das kein überzeugendes Argument sein.

Die erfassten Mengen in Erhebungen werden Meldenummern der Produktions- und Außenhandelsstatistik zugeordnet, um auf Marktmengen hochzurechnen. Dabei ist die Kongruenz von Stichprobe mit statistischer Klassifizierung und statistische Klassifizierung mit der Marktrealität eine weitere Herausforderung.

Nach Festlegung der zu verwendenden Holzmaterialien stellen die unterschiedlichen spezifischen Gewichte der Halbwaren im Endwarenssektor und der Rohstoffe im Halbwarenssektor die finale Herausforderung dar. Die in der Literatur angegebenen Werte unterscheiden sich aufgrund der divergierenden Beschaffenheit der Waren und der verwendeten Holzarten, deren Messwerte ihrerseits schwanken. Diese Diskrepanz ist aufgrund der Beschaffenheit des Werkstoffs Holz unvermeidbar. Die methodische Problematik kann nur durch Transparenz der gewählten technischen Kennziffern gelöst werden. Das führt insgesamt dazu, dass makroökonomische Stoffstromanalysen eine andere Schwierigkeit und Messgenauigkeit haben als technologische Materialflussanalysen im Labor oder in einem einzelnen Prozess.

Definition

Materialflussanalyse und Stoffstromanalyse

Die Begriffe "Materialflussanalyse" und "Stoffstromanalyse" werden in unterschiedlichen Kontexten synonym verwendet. In diesem Zusammenhang wird unter einer Materialflussanalyse die Bestimmung der Einsatzfaktoren für ein einzelnes Produkt in einem bestimmten Produktionsprozess verstanden. Die entsprechenden Faktoren sind in der Regel bekannt oder können mit vertretbarem Aufwand bestimmt werden. Stoffstromanalysen fokussieren sich auf makroökonomische Stoffströme, die sich aus einer Vielzahl von Produkten mit unterschiedlichen Einsatzfaktoren zusammensetzen. Die Bestimmung der Materialzusammensetzung erfordert die Erfassung einer Vielzahl von Produkten und deren Zusammenführung zu Produktgruppen (Warennummern).

Zusammenhang

Materialflussanalyse und Stoffstromanalyse

Dennoch besteht ein Zusammenhang zwischen beiden Verfahren. Im Rahmen der Analyse des Möbelmarktes wurden 1.000 einzelne Materialanalysen durchgeführt. Die erfassten Möbelstücke wurden statistischen Meldenummern zugeordnet und über durchschnittliche Materialmengen und Produktionszahlen hochgerechnet. Die Repräsentativität wurde in der Möbelstudie (Mantau, Hiller, Giesecking, Blanke 2022) durch die Anpassung an die mengen- und wertmäßige Repräsentanz der Möbelgruppen in der Produktionsstatistik hergestellt. Die Strukturdaten zur Holzverwendung bleiben konstant, solange keine neuen empirischen Erhebungen vorliegen. Sie können aber auch Grundlage für die Quantifizierung von Veränderungen sein. Die zeitliche Anpassung der hochgerechneten Holzverwendung erfolgt über die ermittelten Einsatzfaktoren und die Produktionsstatistik.

2.2 Definitionen

Kaskadisches Prinzip

Die Unterscheidung zwischen Roh-, Halb- und Fertigwaren ist ein wesentlicher Aspekt, um das Prinzip der kaskadischen Verwendung zu verstehen, zu strukturieren und zu quantifizieren. Reststoffe fallen kontinuierlich während der Verarbeitung von Rohwaren (Ausbeute) und Halbwaren (Verschnitt) an. Nach der Nutzung werden die fertigen Produkte entweder konsumiert oder einer weiteren Verwertung zugeführt. In der Folge werden sie zu Post-Verbraucher-Materialien.

Rohwaren

Halbwaren

Fertigwaren

Gemäß den verfügbaren Statistiken erfolgt eine Differenzierung der Produktionsstufen nach Rohwaren, Halbwaren und Fertigwaren. Gemäß der NACE Rev. 2 (Eurostat, 2008) werden "Halbfertigprodukte" als solche definiert, die zwar einer gewissen Verarbeitung unterzogen wurden, jedoch noch weiterer Verarbeitung bedürfen, bevor sie als gebrauchsfertig zu betrachten sind. Als typische Beispiele für den Holzmarkt sind Schnittholz, Platten und Zellstoff zu nennen. „Fertige Produkte“ müssen nicht weiterverarbeitet werden, bevor sie für den Gebrauch/Verbrauch durch den Endverbraucher bereit sind, der ein privater Haushalt, eine Institution oder ein Unternehmen sein kann.

Es kommt aber auch vor, dass Halbwaren (Spanplatte) eine direkte Verwendung durch Endverbraucher erfahren. Es ist nicht ungewöhnlich, dass sich sozialwissenschaftliche Begriffe nicht klar voneinander abgrenzen lassen. Sie beschreiben den Normalfall. Eine weitere Differenzierung ist zwar rein sachlich möglich, entspricht jedoch oft nicht statistischen Kategorien oder führt zu einer Begriffskomplexität, die dem Ziel des besseren Verstehens entgegensteht. Ungenauigkeiten sind als ein zu akzeptierender Preis für die Reduktion der Komplexität zu betrachten. Ein charakteristisches Beispiel für diese Studie ist die Abgrenzung der Bauweisen. Diese erfolgt anhand der überwiegenden Materialverwendung in der Konstruktion. In der Konsequenz sind auch in Gebäuden, die in Holzbauweise errichtet wurden, Betonteile enthalten, und umgekehrt.

Definition

Verschnitt und Ausbeute

Der Begriff „Verschnitt“ bezieht sich auf Mengen, die bei Verarbeitung von Halbwaren zu Fertigwaren anfallen und nicht den Halbwaren zugerechnet werden. Der anfallende Verschnitt wird dem industriellen Restholz zugerechnet.

Der Begriff „Ausbeute“ bezieht sich auf Mengen, die bei der Verarbeitung von Rohstoffen zu Halbwaren anfallen und nicht den Halbwaren zugerechnet werden. Die anfallenden Reststoffe werden grundsätzlich ebenfalls dem industriellen Restholz zugerechnet.

Verschnitt und Ausbeute beschreiben den Ursprung und Restholz deren Folge. Für relevante Phänomene, also solche, die man besser speziell behandelt, können Untergruppen gebildet werden. Wegen ihrer unbehandelten Eigenschaft und hohen Marktrelevanz werden Sägenebenprodukte in einer eigenen Kategorie erfasst. Wegen ihrer stofflichen Besonderheit wird auch Schwarzlauge in einer eigenen Kategorie erfasst.

**Vom Baukubikmeter m³_b
zum
Product wood equivalent
m³_{pwe}**

Die Analyse der Holzeinsatzmengen im Bausektor (Mantau, Blanke, Döring 2018) hat ergeben, dass eine Erfassung in Kubikmetern nicht zielführend ist. Baubeschreibungen und Leistungsverzeichnisse erlauben lediglich die Ermittlung des eingebauten Holzvolumens im Baukörper. Die daraus abgeleiteten Mengen entsprechen in keiner Weise dem Volumen der Halbwaren, welches um Verschnittmengen größer ist, noch dem der Rohwaren, welches um das Verhältnis von Einsatzmengen zur Ausbeute größer ist.

Die Analyse der Holzanteile in Endwaren bedingt eine hohe Anzahl an Begriffen für Kubikmeter, darunter Bau-, Verpackungs-, Möbel- und Spielwarenkubikmeter. Die Implementierung eines Produktholzäquivalents (m³_{pwe}) erweist sich demnach als sinnvoll. Der Terminus "Produktholzäquivalent" bezeichnet den Holzinhalt eines bestimmten Fertigproduktes.

Definition

**Rohwaren (swe)
Halbwaren (hwe)
Fertigwaren (pwe)**

Rechentechisch entspricht das Produktholzäquivalent nicht den eingesetzten Halbwaren, da der Verschnitt hinzuzurechnen ist. Da das Ziel der Analyse der Warenstrom ist, wird diese Menge häufiger verwendet und man müsste von „Holzproduktäquivalent zuzüglich Verschnitt“ sprechen. Es erleichtert die Kommunikation in diesem Fall von Holzhalbwarenäquivalent (m³_{hwe}) zu sprechen, denn es weckt auch die richtige Assoziation. Das Holzhalbwarenäquivalent beschreibt die Menge der Halbwaren, die eingesetzt werden, um ein Fertigprodukt zu erzeugen.

Die Effektivität von Begriffen korreliert mit der Anzahl der Phänomene, die sie sachlich korrekt gegenüber anderen Phänomenen zusammenfassen und abgrenzen. In Anlehnung an "swe" werden in der Folge die Einheiten "pwe" oder "product wood equivalent" und „hwe“ (half-finished wood equivalent) zur Beschreibung von Holzmengen in Endwarenssektoren eingeführt.

Diese Einteilung fügt sich anschaulich in die Stufen der Wertschöpfungskette ein und ermöglicht eine exakte Bestimmung der betreffenden Holzmenge.

Das Produktäquivalent beschreibt demnach die Menge des eingesetzten Holzes im Endprodukt über das durch Rückrechnung auf den Rohwareneinsatz (m³_{swe}, Festmeteräquivalent, solid wood equivalent) geschlossen werden kann.

$$m^3_{swe} = (m^3_{pwe} + V_p) * D_h / A_r [1]$$

oder auf Grundlage des Halbwareneinsatzes

$$m^3_{swe} = m^3_{hwe} * D_h / A_r [2]$$

Ein Festmeteräquivalent (m³_{swe}) [Stammholz] entspricht einem Holzproduktäquivalent (m³_{pwe}) [Dachbalken] zuzüglich des Verschnitts (V_p) multipliziert mit der Dichte der eingesetzten Halbwaren (D_h) [Schnittholz=1,0], und dividiert durch die Ausbeute beim Einsatz des Rohstoffs (A_r; z. B. Schnittholz 0,6).

Warum nicht m³_{rwe} für Rohholzäquivalent (raw wood equivalent)? Grundsätzlich wäre es möglich, aber hätte wie die übrigen Kubikmeterbegriffe einen starken Bezug zur ihrer Verarbeitungsebene. Festmeteräquivalente (m³_{swe}) drücken zwar die Holzmenge im Volumen eines fiktiven durchschnittlich eingesetzten

Rohholzkubikmeters aus, sie können aber auch auf der Halb- und Fertigwarenebene verwendet werden. Das ist immer dann der Fall, wenn ein einheitliches Vergleichsmaß über alle Wertschöpfungsketten gewünscht ist.

Beispiel zu Kubikmeterarten und Umrechnung

Als Beispiel sei der Einbau eines Holzfensters in einem Gebäude gewählt. Das Holzfenster, dessen Volumen im Baukörper $0,6 \text{ m}^3_{\text{pwe}}$ Raum einnimmt entspräche $1,2 \text{ m}^3_{\text{hwe}}$ Schnittholz, weil aus Schnittholz zunächst Fensterkanteln produziert werden, die dann gefräst, geschliffen und zugeschnitten werden, wobei etwa die Hälfte als Restholz anfällt (Faktor 2,0). Die benötigte Halbwarenmeng für die Produktion der Fenster beträgt $1,2 \text{ m}^3_{\text{hwe}}$ Schnittholz. Um zu den eingesetzten Rohwaren zu gelangen, wäre bei einem Nadelholzfenster für den Nadelholzeinsatz zusätzlich zum Verschnitt die Ausbeute zu berücksichtigen (Faktor 1,67). Damit würden für die Produktion von $0,6 \text{ m}^3_{\text{pwe}}$ Holzfenster (Volumen, das die Fenster im Baukörper einnimmt) $2,0 \text{ m}^3_{\text{swe}}$ Nadelstammholz verwendet ($0,6 \cdot 2,0 \cdot 1,67$).

2.3 Modellstruktur von TRAW

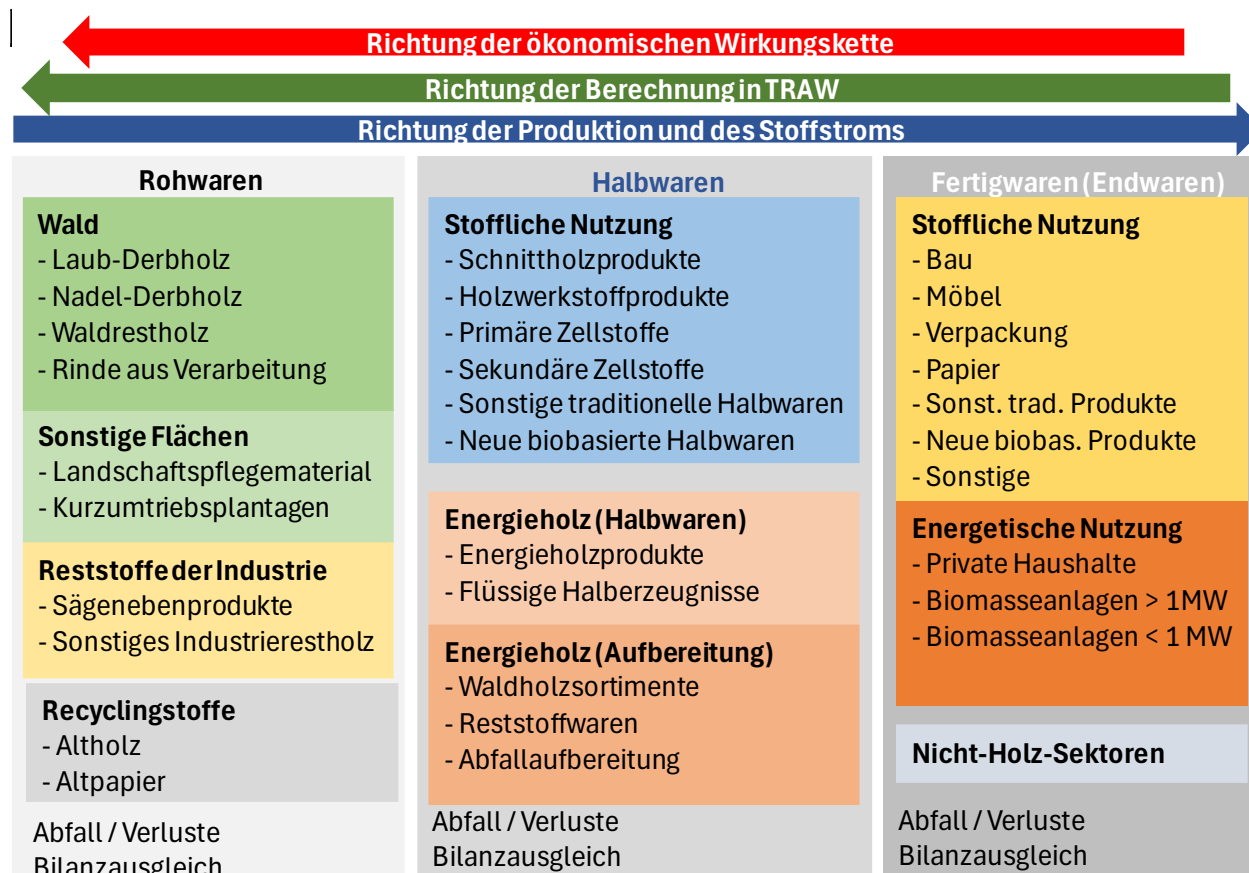
Von der Holzrohstoffbilanz zum Kreislaufwirtschaftsmodell

Die Methode der Holzrohstoffbilanzierung wird als bekannt vorausgesetzt (vgl. Mantau 2023, 2023a). Holzrohstoffbilanzen ermöglichen bislang eine transparente Analyse der Strukturen und Mengenverhältnisse zwischen Holzhalbwaren und Holzrohwaren. Im DIFENS-Projekt wurde eine umfassende Integration der Fertigwarenssektoren vorgenommen, wodurch die Methode der Holzrohstoffbilanzierung um ein weiteres methodisches Element (Fertigwarenbilanzen, Tabelle 2-1) ergänzt wird. Das Kreislaufwirtschaftsmodell besteht folglich aus einer Vielzahl von Holzrohstoffbilanzen, die sich aufgrund ihrer Anbindungsfähigkeit zu einem geschlossenen Organismus zusammenfügen lassen. Ein zweiter Aspekt von signifikanter Relevanz ist die Tatsache, dass erst durch die Holzverwendung in Endwarenssektoren eine realitätsnahe Modellierung der Kreislaufwirtschaft möglich wird. Der Materialkreislauf wird durch Konsumenten initialisiert und findet seinen Abschluss in der Produktspeicherung, seinen Neubeginn durch das Recycling oder sein Ende in der Verbrennung oder Entsorgung. Ohne Zweifel ist die Analyse der Fertigwarenssektoren aufgrund der komplexeren Datenlage schwieriger als die der Halbwaren, aber fehlende Daten dürfen nicht daran hindern nach Antworten auf neue Fragen in anderen Zeiten zu suchen.

Verwendung Berechnung Produktion

Das Modell geht von der Entwicklung der Endwaren aus und weist eine Übereinstimmung mit der ökonomischen Wirkungsrichtung auf. Da sich aus einem Baumstamm nicht ableiten lässt, zu welchem Zweck er letztlich verarbeitet wird, muss der Berechnungsweg zur Bestimmung der Kreisläufe in entgegengesetzter Richtung erfolgen. Demgegenüber vollzieht sich die Produktion oder die Wertschöpfungskette von den Rohwaren bis zu den Fertigwaren.

Abbildung 2-1: Produktstruktur des TRAW-Modells



Quelle: Mantau (2025)

Tabelle 2-1: Beispiel einer Holzfertigwaren Bilanz für den Möbelmarkt

Holzrohstoffbilanz der Möbelindustrie 2020 in Mio. m ³ _{SW}				
Rohwareneinsatz	Mio. m ³ _{SW}	Mio. m ³ _{SW}	Halbwareneinsatz	Mio. m ³ _{SW} 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.

Sekundärintputrate ^{*)}	48,2%	^{*)} ohne Sonstige	1,930 Kaskadenfaktor ^{*)}
----------------------------------	-------	-----------------------------	------------------------------------

Quelle: Mantau/Hiller/Giesecking/Blanke (2022):

Märkte

Die Liste der integrierten Fertigwaren ist der Abbildung 2-1 zu entnehmen. Aus systematischen, aber auch aus kommunikativen Gründen wurde auch der energetischen Verwendung eine Halbwarenstufe hinzugefügt. Systematisch verhindert es Doppelzählungen (z. B. bei Pellets), kommunikativ weist es nochmals die Rohwarengruppen in aufbereiteter Form aus. Damit differenziert sich auch nochmals die Zahl der ausgewiesenen Märkte. Gemäß dem Kreislaufwirtschaftsmodell TRAW besteht schließlich die theoretische Möglichkeit, die verschiedenen Arten der Holzrohstoffbilanzen an sämtlichen relevanten Punkten für beliebige Jahre abzurufen.

Beispiel Möbelmarkt

Die vorangegangene Tabelle 2-1 zeigt die Vorgehensweise am Beispiel des Möbelmarktes. Ausgehend von 60 Warennummern (GP19) der Statistik zu Verwendungen mit Holz, werden diese zur Berechnung der Einsatzfaktoren in 9 Warengruppen zusammengefasst. Die Rückrechnung auf Rohwaren erfolgt erneut über die Ausbeute- und Einsatzfaktoren zwischen Roh- und Halbwaren. In diesem Fall erfolgt die Darstellung über Festmeteräquivalente (m^3_{swe}), damit die Bilanzpositionen gegenseitig aufgehen. Die Ausbeuten zwischen Rohwaren und Halbwaren sind integrativ mitgerechnet.

Von den Begriffen zum Modell

Das Modell beginnt mit der Bestimmung der Entwicklungen in den Endwarenssektoren (Basisszenario). Darauf wird in den folgenden Abschnitten 2.4 und 2.5 eingegangen. Da das Bruttoinlandsprodukt für die Schätzung der Entwicklung der Holzmarktsektoren zu undifferenziert ist, liegt ein beachtlicher Teil der Arbeit in der Entwicklung einer Treiberstruktur (Abbildung 2-2, Nr. 1), die die regressive, langfristige Schätzung von Marktentwicklungen erst möglich macht. Schwankungen/Veränderungen, die in den Entwicklungen der Rahmendaten nicht enthalten sind, lassen sich später auch in den Szenarien nicht wiedergeben.

Die Selektion der Entwicklungen in der Treiberstruktur sowie im Regressionszusammenhang konstituiert eine Auswahl, die potenziell die Resultate beeinflusst. Unter optimalen Bedingungen wird sie durch die verfügbaren Daten und das Erkenntnisinteresse bestimmt. Die Generierung realistischer Einschätzungen ist aufgrund bestehender Diskrepanzen zwischen Wirtschaftstheorie, verfügbaren Daten und regressiver Analyse sowohl in theoretischer als auch in praktischer Hinsicht ohne entsprechende Fachkenntnisse nicht gewährleistet.

Somit ist an der Stelle eine Optimierung zwischen rechnerischer Automation und gewünschter Realitätsnähe herbeizuführen. Man kann es auch so ausdrücken: „Automatisierung so weit wie möglich, aber nicht zu Lasten realistisch zu erwartender Entwicklungen.“ Jede Spezifikation einer Regression ist in komplexen sozialwissenschaftlichen Wirkungsbereichen auch eine Frage der Variablenselektion, des Zeitraums und ihrer Auswirkungen auf einen möglichen Verlauf. Eine hohes R^2 und signifikante Variable sind eine gute Voraussetzung, aber führen nicht zwangsläufig zu einer realistischeren Erkenntnis. Das ist das Ergebnis des Zusammenspiels von Daten, Regression und fachlichem und ökonomischem Sachverstand (Abbildung 2-2, Nr. 2).

Für Simulationen ließe sich auf dieser Ebene der Holzeinsatz pro Funktionseinheit verändern, indem man diesen reduziert, falls man z. B. davon ausgeht, dass ein Gebäude auch mit weniger Holz gebaut

werden könnte. Auch diese Prozesse sind nicht eindeutig. Die Reduktion des Einsatzes von Holzfenstern in Nicht-Holzgebäuden kann mit einer geringeren Verwendung von Holz assoziiert werden. In einem Gebäude, dessen Konstruktion aus Holz besteht, kann es aufgrund der erforderlichen größeren Wandfläche zu einem erhöhten Einsatz von Holz kommen. Bei der Analyse von Megaprodukten, die aus einer Vielzahl kleiner Produkte bestehen, die in ihrer Gesamtheit zusammenhängen und eine bestimmte Funktion (beispielsweise ein Gebäude) bilden, sind auch Rückkopplungen zu berücksichtigen.

Abbildung 2-2: Struktur des TRAW-Modells (Rechenschritte)

Nr.	Vorgehensweise	Analysemöglichkeiten
1	Entwicklung einer Treiberstruktur (Rahmendaten)	Auswahl
2	Szenarien der Endwarenssektoren (m^3 pwe)	Materialeinsparung
3	Materialanteile der Halbwaren in Fertigwaren	Materialsubstitution
4	Verschnitt der Halbwarenssektoren	Effizienz
5	Entwicklung der Halbwarenssektoren (m^3 hwe)	Materialeinsparung
6	Materialanteile der Rohwaren in Halbwaren	Materialsubstitution
7	Ausbeute der Rohwarenssektoren	Effizienz
8	Entwicklung der Rohwarenssektoren (m^3 swe)	

Quelle: Mantau (2025)

Abgeleitete Holzmengen

Ab dem dritten Schritt ergeben sich die vorgelagerten Produktionsstufen durch technische Koeffizienten. Sie können zunächst als konstante Variable abgenommen werden. Im Vergleich zu konjunkturellen Entwicklungen sind technologische Zusammenhänge stabiler. Dennoch unterliegen auch sie Veränderungen in der Zeit. Ihre Bestimmung bedarf i.d.R. umfangreicher Vorstudien, wie z. B. im Rohstoffmonitoring.

Aus der Entwicklung der Fertigwaren und deren Einsatzanteilen an Halbwaren (3) ergibt sich die Entwicklung der Halbwarenssektoren (5). Veränderbar sind dabei die Materialzusammensetzung und der Verschnitt (4). Materialeinsparung würde auf dieser Stufe bedeuten, dass beim Bau einer Tür künftig mehr Röhrenplatten anstelle vollgefüllter Spanplatten eingesetzt werden.

Über die Rohwarenanteile (6) in den Halbwaren gelangt man zur Entwicklung der Rohwarenssektoren (8). Dabei kann es ebenfalls zu Materialsubstitutionen (Laubholz ersetzt Nadelholz) kommen oder die Ausbeute (7) verändert sich.

2.4 Treiberstruktur

Demographische Treiber

Empirische Zeitreihen, die bis in das Jahr 2050 reichen, sind kaum verfügbar. Daten zu demografischen Entwicklungen können mit vertretbarer Sicherheit langfristig abgeleitet werden. Die Berechnungen basieren auf der 15. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes. Die Resultate des Zensus 2022 aus dem Jahr 2024 wurden durch eigene Kalkulationen integriert, da die aktualisierten Berechnungen des Statistischen Bundesamtes erst nach Abschluss dieses Berichts

verfügbar sein werden. Dies ermöglicht die Ableitung weiterer Entwicklungen wie Anzahl der Haushalte und Kennziffern der Erwerbstätigkeit.

Treiber volkswirtschaftliche Sektoren

Zur Entwicklung der volkswirtschaftlichen Sektoren liegen langfristig bis 2050 lediglich Daten zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) insgesamt vor. Dies ist problematisch, da die Entwicklung monetärer und realer Variablen unterschiedlich verläuft und die Daten somit für Vorausberechnungen nur eine geringe Differenzierung erlauben. Um die Prognose zu verfeinern, wurden daher Annahmen zur relativen Entwicklung der Sektoren getroffen (Abschnitt 3) und zu den Rahmendaten transparent dargestellt.

Treiberproblem BIP

Es bleibt zu hinterfragen, inwiefern das BIP noch als repräsentativ und spezifisch genug für die Entwicklung der Sektoren des produzierenden Gewerbes angesehen werden kann. Beim Bruttoinlandsprodukt handelt es sich um die Verwendungsseite der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Ein Vergleich mit der Aufkommensseite (Bruttowertschöpfung) zeigt, dass diese in engem Zusammenhang steht (Abbildung 2-3). Es folgen Vergleiche zur Aufkommensseite. Die Abbildung 2-4 macht deutlich, dass die Bruttowertschöpfung (BWS) in ihrer Dynamik zunehmend vom Dienstleistungssektor bestimmt wird. Dieser hatte im Jahr 1970 einen Anteil an der BWS von 44,9% und im Jahr 2023 von 54,2 %, während der Anteil des produzierenden Gewerbes mit Bau von 36,5 % auf 29,6 % zurückfiel.

Abbildung 2-3: Reale Entwicklungen (2015=100) des Bruttoinlandsproduktes (BIP) und der Bruttowertschöpfung in Mrd. Euro

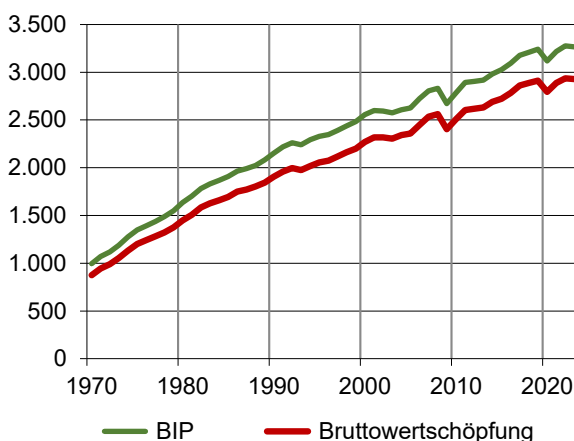
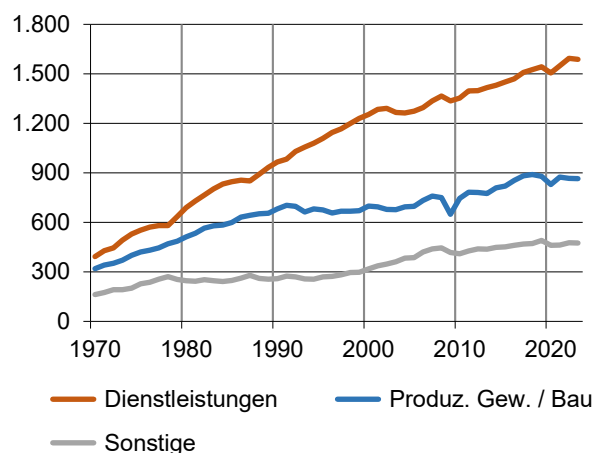


Abbildung 2-4: Reale Entwicklungen (2015=100) der Dienstleistungen *, des produzierenden Gewerbes mit Bau und sonstigen Sektoren **)



*) Information und Kommunikation; Finanz- und Versicherungsdienstleister; Grundstücks- und Wohnungswesen; Unternehmensdienstleister; Öffentliche Dienstleister, Erziehung, Gesundheit; Sonstige Dienstleister**) Hier als Restgröße ermittelt, enthält Landwirtschaft, Handel und Verkehr

Quelle: Statistisches Bundesamt (2023)

Quelle: Statistisches Bundesamt (2023)

Unterschiedliche Zusammenhänge am Holzmarkt.

Die Dynamik der Entwicklungen lässt sich in Form von Indizes noch besser herausarbeiten (Abbildung 2-5). Die Abbildung zeigt die unterschiedliche Dynamik, aber auch, dass sich diese sehr verändern kann. So folgten das produzierende Gewerbe und das Baugewerbe

bis 1990 der Bruttowertschöpfung, koppelten sich bis 2020 weitgehend ab und stimmt in der Dynamik ab 2020 wieder mehr überein.

Die Segmente des Holzmarktes verhalten sich zur Bruttowertschöpfung ebenfalls unterschiedlich. Während die Produktion von Schnittholz im Trend der Entwicklung des Produzierenden Gewerbes und des Baugewerbes folgt, koppelt sich die Produktion der Holzwerkstoffe davon ab (Abbildung 2-6.)

Abbildung 2-5: Indexentwicklung der Bruttowertschöpfung, der Dienstleistungen und des Produzierenden Gewerbes (1970 = 100)

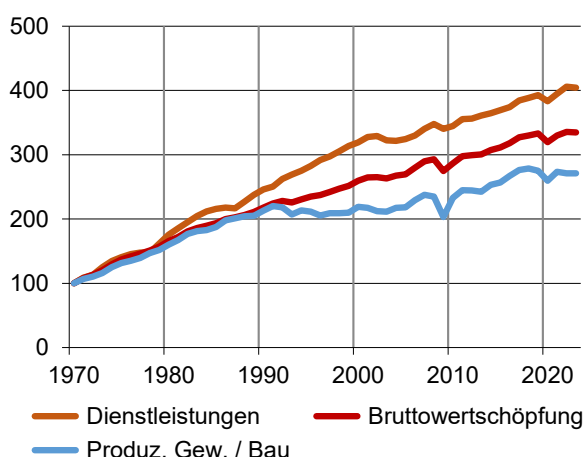
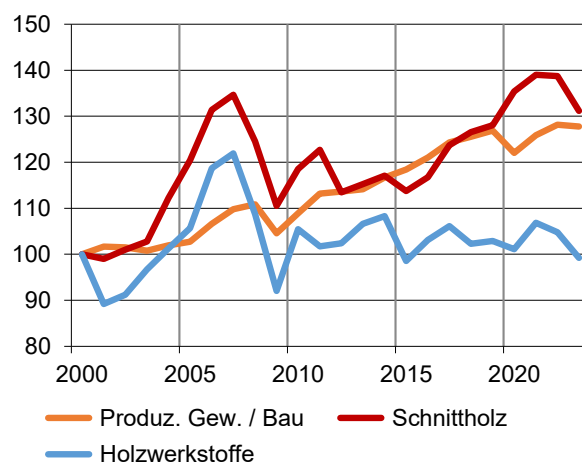


Abbildung 2-6: Indexentwicklung des Produzierenden Gewerbes und des Baugewerbes, sowie der Produktion von Schnittholz und Holzwerkstoffen (2000 = 100)



*) Information und Kommunikation; Finanz- und Versicherungsdienstleister; Grundstücks und Wohnungswesen; Unternehmensdienstleister; Öffentliche Dienstleister, Erziehung, Gesundheit; Sonstige Dienstleister

Quelle: Statistisches Bundesamt (2023)

Quelle: Statistisches Bundesamt (2023)

Fazit

Die Eignung des Bruttoinlandsprodukts für die Schätzung holzwirtschaftlicher Entwicklungen ist als gering einzustufen. Die vorliegende Problematik kann durch die Ermittlung der Elastizitäten über kürzere, sachlich ähnliche Zeiträume entschärft werden. Allerdings wird dadurch das Problem der Fortschreibung, unter dem Einfluss sich ändernder Strukturveränderungen, nicht gelöst.

Es mag elegant erscheinen, alle Produkte und alle Länder der Welt an eine Variable zu binden. Das erspart Zeit bei der Datenermittlung und ermöglicht einheitliche mathematische Schemata. Aber wie sinnvoll sind die Ergebnisse? Im Zeitalter großer Strukturbrüche ist es unabdingbar mehr Aufmerksamkeit den sich verändernden Daten zu schenken. Für die Analyse des Wandels von einer Wirtschaft ohne Grenzen, die der Konsumfunktion folgt, zu einer Wirtschaft mit begrenzten Ressourcen (Kreislaufwirtschaft) ist es zudem sinnvoll über ganz neue Modellstrukturen nachzudenken.

2.5 Vorgehensweise der Berechnungen der Regressionen

Bestimmung des Ausgangswertes

Der initiale Wert eines Szenarios nimmt für die Bestimmung der Lagedimension der nachfolgenden Entwicklung eine signifikante Bedeutung ein. Die deutsche Bauwirtschaft befindet sich zu Beginn des Jahres 2024 in einer tiefen Krise. Die Analyse von Langfristszenarien kann durch untypisch hohe oder niedrige Startwerte zur einem untypischen Lageniveau führen.

Unterschiedliche Varianzen

Ein weiteres Problem bei der Schätzung langfristiger Szenarien besteht darin, dass die Vergangenheit durch starke jährliche Schwankungen gekennzeichnet ist, während langfristige exogene Variablen tendenziell eine glatte Kurvenform aufweisen. Für die Fortschreibung der aktuellen Werte wurde ein gleitender Fünf-Jahres-Durchschnitt der Daten der Baumarktentwicklungen verwendet. Im Anschluss erfolgte die Anwendung der Veränderungsrate der geschätzten Variablen auf den letzten geglätteten Wert (2023).

Die folgende Tabelle 2-2 und die Abbildung 2-6 verdeutlichen Die Vorgehensweise am Beispiel Entwicklung des umbauten Raumes im Eigenheimbau. Die Vorgehensweise ist dabei nicht theoretisch zwingend, sondern vielmehr eine Frage der Plausibilität und Bewährung in der Anwendung.

Tabelle 2-2: Schätzparameter zur Entwicklung des Eigenheimbaus

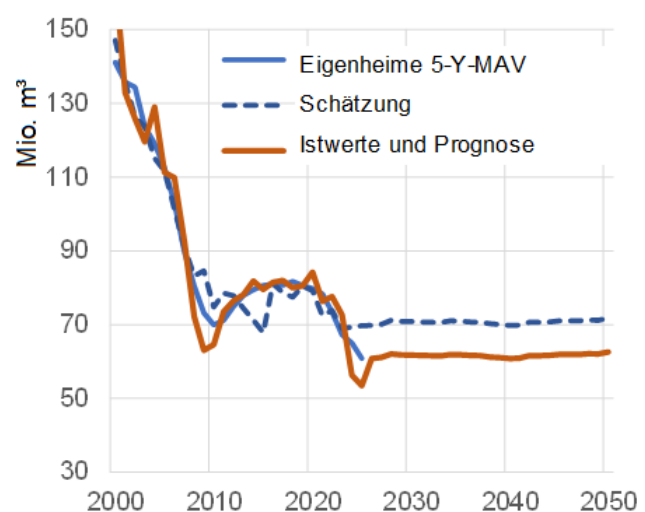
Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	15971	5323.74097	62.51	<.0001
Error	22	1873.51989	85.15999		
Corrected Total	25	17845			

Root MSE	9.22822	R-Square	0.8950
Dependent Mean	89.18842	Adj R-Sq	0.8807
Coeff Var	10.34688		

Parameter Estimates					
Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value Pr > t
Intercept	Intercept	1	-612.28865	99.91453	-6.13 <.0001
HHDH3MAN	3 und mehr Pers. HH #	1	0.03334	0.00636	5.25 <.0001
VDIB00AN	Bauinvestitionen #	1	0.39543	0.10748	3.68 0.0013
VDVPANAN	% Privater Verbrauch #	1	4.47613	2.36240	1.89 0.0713

Quelle: Mantau 2025

Abbildung 2-7: Vergleich der bisherigen Entwicklung, 5-J-MAV und Szenario



Quelle: Mantau 2025

2.6 Künftige Herausforderungen

Fehlende Daten im Endwarenbereich

Empirische Studien zum Rohwareneinsatz in den Endwarenspektoren Bau und Möbel sind bereits vorhanden. Für den Verpackungsbereich konnten Abschlussarbeiten herangezogen werden, die unter Anleitung des Verfassers (Konsemöller 2016, Peters 2015) angefertigt wurden. Im Rahmen des FNR-Projektes "Holzverwendungskennziffern zur Analyse von Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette"

(2223HV004X Lignum Quo Vadis, LQV) werden weitere signifikante Endwarenspektoren hinsichtlich ihrer Menge und Rohwarenzusammensetzung analysiert. Der Rohstoff Holz weist eine hohe Marktdurchdringung vom Spielzeug bis zum Sarg auf. Eine vollständige Erfassung stößt an Grenzen aber das aktuell bestimmte Delta (15,7 Mio. m³_{hwe}) von knapp 30 % zwischen den Sektoren für Fertig- und Halbwaren lässt sich noch signifikant verringern.

3. Rahmenbedingungen

3.1 Demografie

Bevölkerung

Datenstand

Das Statistische Bundesamt hat im Dezember 2022 die 15. Bevölkerungsvorausberechnung mit neuen Daten zur Bevölkerungsentwicklung vorgelegt.

„Am 15. Mai 2022 wurde der neue Zensus durchgeführt. Mit dem Zensus 2022 erhält die Fortschreibung der Bevölkerungszahlen eine neue Grundlage. Die bisherige Fortschreibung des Bevölkerungsbestands auf Basis des vorherigen Zensus 2011 wird schrittweise abgelöst. Die demografischen Indikatoren, darunter Geburtenraten und die Lebenserwartung, werden bis voraussichtlich Mitte 2025 auf die neue Basis umgestellt. Auf dieser Grundlage erfolgt dann turnusgemäß die 16. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, die voraussichtlich im 4. Quartal 2025 veröffentlicht wird.“ (Statistisches Bundesamt 2024)

„Nach den jetzt vorliegenden Ergebnissen des Zensus 2022 lebten am 15. Mai 2022 rund 82,7 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner in Deutschland. Gegenüber der bisher gültigen Bevölkerungszahl aus der amtlichen Bevölkerungsfortschreibung lebten damit am Zensus-Stichtag in Deutschland rund 1,4 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner weniger als in der 15. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung angenommen.“ (Statistisches Bundesamt, Zensus 2022)

Damit hat sich eine wichtige Datengrundlage für langfristige Prognosen signifikant geändert. Die Daten werden im Rahmen des Projektes vorläufig angepasst. Da das Statistische Bundesamt die Meldefehler als Datenbrüche im Erhebungsjahr darstellt (-1,4 Mio. Einwohner in 2022), bilden die Daten die reale Entwicklung nicht adäquat ab. In den eigenen Berechnungen wurden die Erhebungsfehler 2011 und 2022 linear zwischen den Erhebungsjahren verteilt. Tatsächliche Schwankungen wie die Zuwanderung im Jahr 2015 bleiben in der Modellierung unverändert.

Bevölkerung

Treiber

Die Bevölkerungsvorausschätzung ist nicht als Prognose zu verstehen, sondern als Versuch, die verschiedenen treibenden Faktoren in ihren Auswirkungen darzustellen. Die Annahmen der letzten 14. Vorausschätzung sind in Klammern gesetzt. Die Einflussfaktoren sind in der nachfolgenden Darstellung aufgeführt:

1. **Geburtenrate:** Sie stabilisiert sich derzeit bei 1,55 (1,55) Kindern je Frau im Alter zwischen 25 und 45 Jahren.
2. **Lebenserwartung:** Diese wird zum Zeitpunkt der Geburt gerechnet. Sie hat sich seit Ende des 19. Jahrhunderts bei beiden Geschlechtern mehr als verdoppelt. Sie liegt bei Frauen bei 88,2 (88,1) und bei Männern bei 84,6 (84,4) Jahren.
3. **Wanderung:** Bezüglich der weiteren Entwicklung der Wanderungen geht man im Mittel von 290.000 (221.000) Nettozuwanderungen aus.

Zu den zuvor genannten Annahmen gibt es jeweils obere und untere Werte der Annahmen. Diese sind in der folgenden Tabelle 3-1 dargestellt. Aus den unterschiedlichen Annahmen zu den obigen Einflussfaktoren ergeben sich 27 Varianten, die durch einige theoretische Varianten ergänzt wurden. Von wenigen Ausnahmen

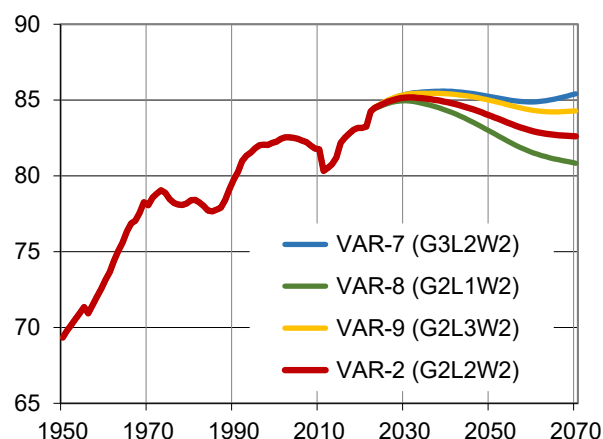
abgesehen, stellt die folgende Tabelle die theoretisch möglichen Entwicklungen dar.

Tabelle 3-1: Einflussfaktoren der Bevölkerungsentwicklung und Annahmen der Szenarien

F=Frauen M=Männer	Lebenserwartung 2070 L1 - F 86,1 M 82,6 L2 - F 88,2 M 84,6 L3 - F 90,1 M 86,4	Durchschnittswerte		
		Rückgang 1,40 (G1)	Konstant 1,55 (G1)	Anstieg 1,70 (G1)
Wanderungssaldo				
Jährlich 180.000 W1	L1	G1-L1-W1	G2-L1-W1	G3-L1-W1
Jährlich 290.000 W2	L1	G1-L1-W2	G2-L1-W2	G3-L1-W2
Jährlich 400.000 W3	L1	G1-L1-W3	G2-L1-W3	G3-L1-W3
Jährlich 180.000 W1	L2	G1-L2-W1	G2-L2-W1	G3-L2-W1
Jährlich 290.000 W2	L2	G1-L2-W2	G2-L2-W2	G3-L2-W2
Jährlich 400.000 W3	L2	G1-L2-W3	G2-L2-W3	G3-L2-W3
Jährlich 180.000 W1	L3	G1-L3-W1	G2-L3-W1	G3-L3-W1
Jährlich 290.000 W2	L3	G1-L3-W2	G2-L3-W2	G3-L3-W2
Jährlich 400.000 W3	L3	G1-L3-W3	G2-L3-W3	G3-L3-W3

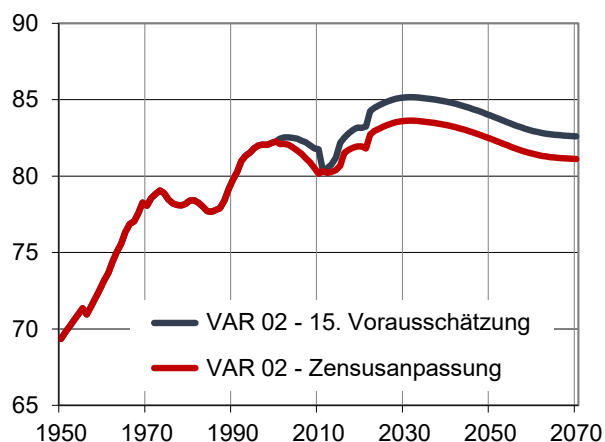
Quelle: Statistisches Bundesamt (2022) 15. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung

Abbildung 3-1: Bevölkerungsentwicklung und Varianten der Vorausberechnung



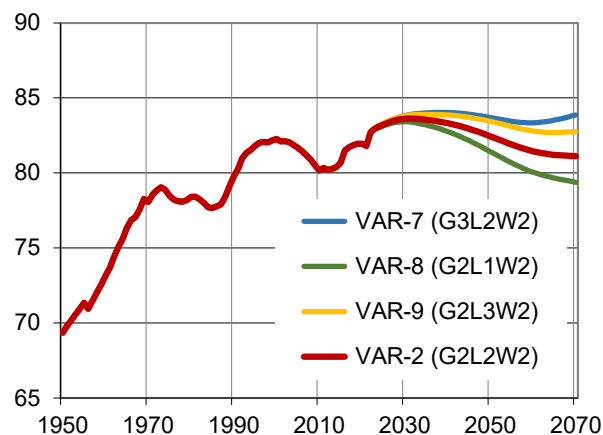
Quelle: Heinze Marktforschung (2023) nach 15. Koordinierter Bevölkerungsvorausberechnung

Abbildung 3-2: Vergleich der Variante 02 nach 15. Bevölkerungsvorausschätzung und Zensusanpassung in Mio. Personen



Quelle: Statistisches Bundesamt (2022) 15. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung

Abbildung 3-3: Entwicklung der Bevölkerung ausgewählter Varianten in Mio. Personen nach Zensus Anpassung



Quelle: INFRO Berechnungen auf der Grundlage von Zensus 2022 Heinze Marktforschung (2023) und nach 15. Koordinierter Bevölkerungsvorausberechnung (2022)

Varianten

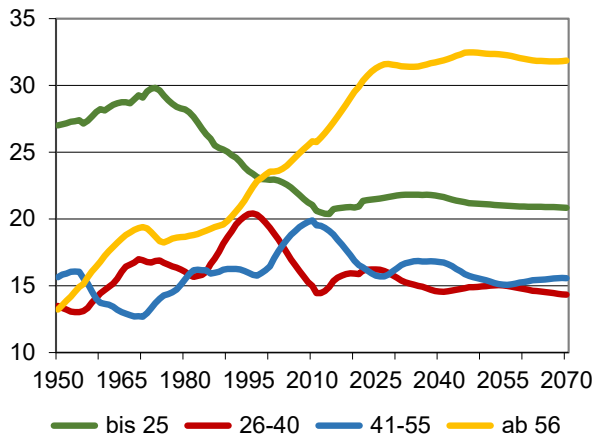
In den nachfolgenden Darstellungen wird das mittlere Szenario (G2-L2-W2) unterstellt. Danach steigt die Bevölkerung von 81,9 Mio. Personen im Jahr 2020 bis zum Jahr 2035 auf 83,5 Mio. Personen, um dann bis 2070 auf 81,1 Mio. Personen zurückzufallen. Die Abbildung 3-1 weist die Spanne der gewählten Varianten aus.

Altersgruppen

Die Entwicklung nach Altersgruppen kann in Gruppen nach ihrer Aktivität im Baubereich zusammengefasst werden. Diese Einteilung ist auch für die Nachfrage in anderen Bereichen von Relevanz. In Anlehnung an Bauaktivitäten erfolgt dabei eine Klassifizierung in die Kategorien Jungbauer (bis 25 Jahre), Nestbauer (26–40 Jahre),

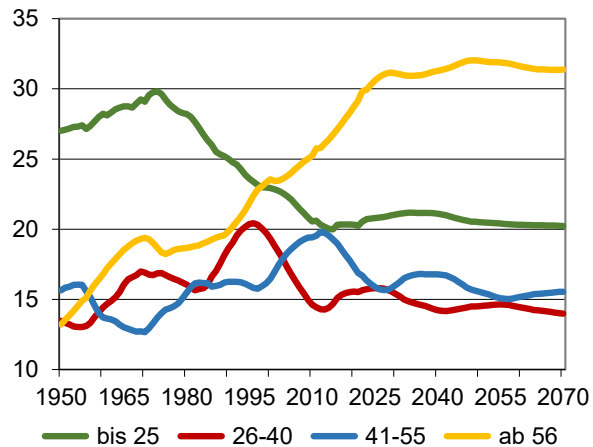
Wohlstandsbauer (41–55 Jahre) und Ruhestandsbauer (ab 56 Jahre). Für die Analyse langfristiger Szenarien sind insbesondere jene Treiber von Relevanz, die auf empirischen Erkenntnissen basieren und die bestehenden Schwankungen zu erklären imstande sind.

Abbildung 3-4: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland (in Mio.) nach Altersgruppen (15. Bevölkerungsvorausschätzung)



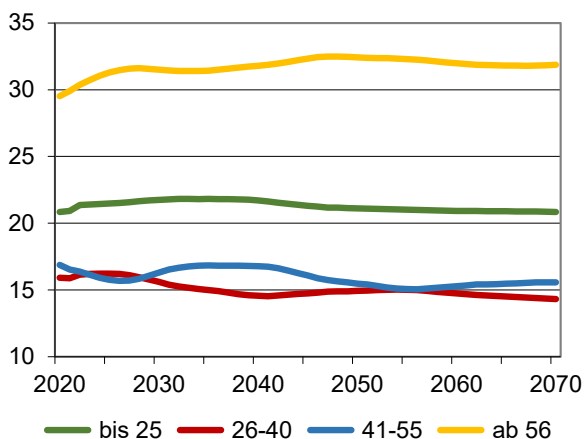
Quelle: Heinze Marktforschung (2023) nach 15. Koordinierter Bevölkerungsvorausberechnung (2022)

Abbildung 3-5: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland (in Mio.) nach Altersgruppen nach Zensus-Anpassung



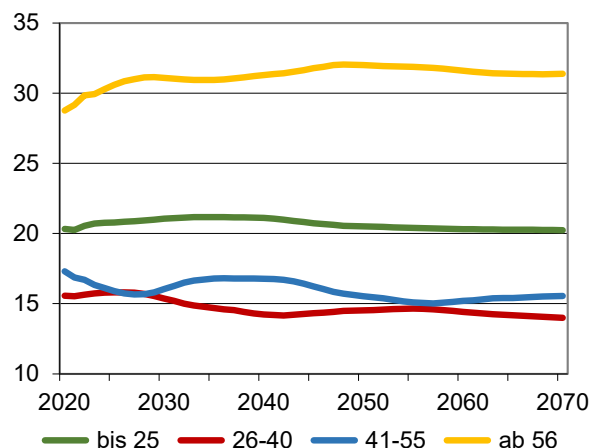
Quelle: INFRO Berechnungen auf der Grundlage von Zensus 2022 Heinze Marktforschung (2023) und nach 15. Koordinierter Bevölkerungsvorausberechnung (2022)

Abbildung 3-6: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland (in Mio.) nach Altersgruppen (15. Bevölkerungsvorausschätzung) für den Zeitraum des Szenarios



Quelle: Heinze Marktforschung (2023) nach 15. Koordinierter Bevölkerungsvorausberechnung (2022)

Abbildung 3-7: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland (in Mio.) nach Altersgruppen (15. Bevölkerungsvorausschätzung) für den Zeitraum des Szenarios nach Zensus-Anpassung



Quelle: INFRO Berechnungen auf der Grundlage von Zensus 2022 Heinze Marktforschung (2023) und nach 15. Koordinierter Bevölkerungsvorausberechnung (2022)

Haushalte

Datengrundlage

Die jüngste Haushaltsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahr 2020, welche die Haushaltsdaten bis zum Jahr 2040 fortführt, bildet die Grundlage für die Prognosen (Statistisches Bundesamt 2020). Die Haushaltsvorausberechnung basiert auf der 14. Bevölkerungsvorausberechnung sowie unterstellten Haushaltsgrößen. Für die Ableitung von Treibern der Nachfrage in den

Holzverwendungssektoren in längerer Perspektive wurde die 15. Bevölkerungsvorausberechnung nach Anpassung an die Ergebnisse des Zensus 2022 verwendet. Im Rahmen der Trendvariante ist bis zum Jahr 2040 ein Absinken der durchschnittlichen Haushaltsgröße von 1,996 Personen pro Haushalt im Jahr 2020 auf 1,990 Personen pro Haushalt zu erwarten. Da eine neue Haushaltsvorausschätzung nicht vorliegt und diese nicht so weit reicht wie die Bevölkerungsvorausschätzung, wird für die Haushalte ebenfalls ein Fortschreibungsmodell entwickelt.

Die zugrunde liegende Annahme ist, dass sich der Trend der Haushaltsgröße des letzten Jahrzehnts der Vorausschätzung (2031-2040) bis 2070 fortsetzt. Demzufolge wäre bis zum Jahr 2070 eine jährliche Reduktion der Haushaltsgröße um 0,001967 Personen zu verzeichnen, was einem Wert von 1,931 Personen pro Haushalt im Jahr 2070 entspräche.

Die Anteilsverteilung der Haushaltsgrößen im Jahr 2040 wurde als Grundlage der Prognose herangezogen (Haushaltsvorausberechnung 2020). Für die Fortschreibung wurde die jährliche Veränderungsrate der Anteile zwischen 2031 und 2040 bis zum Jahr 2050 fortgeschrieben. In der Periode von 2051 bis 2060 wurde diese Veränderungsrate halbiert, und in der Periode von 2061 bis 2070 wurde sie geviertelt. Basierend auf dieser Annahme wird ein jährliches Wachstum des Anteils der Ein-Personen-Haushalte um 0,176 %, 0,088 % und schließlich 0,044 % bis zum Jahr 2050 prognostiziert. Gemäß den Berechnungen des Statistischen Bundesamtes wird der Anteil der Ein-Personen-Haushalte im Jahr 2040 bei 45,3 % liegen und gemäß den Annahmen bis zum Jahr 2070 auf 48,3 % ansteigen. Für die übrigen Haushaltsgrößenklassen wurden entsprechende Annahmen getroffen. Die Abbildung 3-8 veranschaulicht die daraus resultierende Entwicklung der Haushaltsgrößenklassen.

Wohnverhalten

Die Heinze-Marktforschung führt regelmäßig Studien zu Modernisierungsaktivitäten privater Haushalte durch. Zu den statistischen Merkmalen gehören die Haushaltsgröße und die Art der bewohnten Wohnung. Die Abbildung 3-9 zeigt das Wohnverhalten nach Haushaltsgröße in Prozent nach Eigentümer- und Mieterhaushalten in Eigenheimen und Mehrfamilienhäusern für das Jahr 2023.

Zensus 2022

Mit der geringeren Bevölkerungszahl sinkt auch die Anzahl der Haushalte. Lag sie nach der letzten Haushaltsvorausberechnung bei 41,935 Mio., so weist der Zensus 2022 40,236 Mio. Haushalte aus. Damit wurde die Bevölkerung in der Fortschreibung um 1,4 Mio. Personen zu hoch ausgewiesen, die der Haushalte mit 1.6 Mio. Haushalte sogar noch stärker.

Die Anpassung erfolgte in folgenden Schritten:

1. Bis 2020 werden die Werte der Haushaltsvorausberechnung 2020 beibehalten.
2. Die Haushaltsgröße zwischen 2021 und 2040 wird über das Verhältnis der 15. Bevölkerungsvorausberechnung und der Haushaltsvorausberechnung 2020 ermittelt und anschließend mit reduzierter Anteilsveränderung fortgeschrieben (s.o.).

3. Ab 2041 wird unterstellt, dass sich die Anzahl der Personen pro Haushalt (2040 = 1,9904) um die durchschnittliche jährliche Veränderung zwischen 2030 und 2040 (-0,001967) entwickelt.
4. Schließlich wird die Anzahl der Haushalte über die nach Zensus 2022 angepasste Bevölkerungsentwicklung und fortgeschriebene Haushaltsgröße, entsprechend der Schritte 1-3 errechnet.

Abbildung 3-8: Haushaltsentwicklung in Deutschland nach Haushaltsgrößen (Zensus Anpassung) in Millionen Haushalte

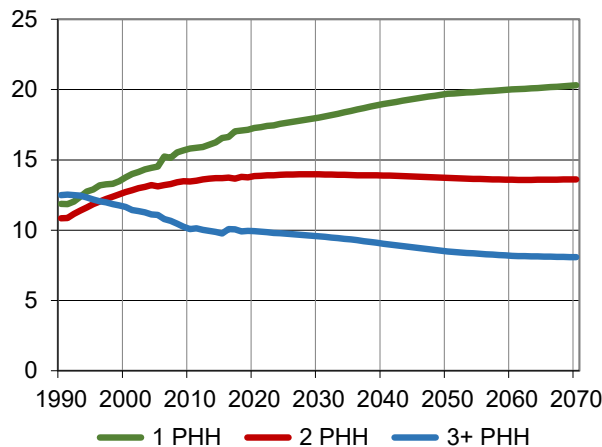
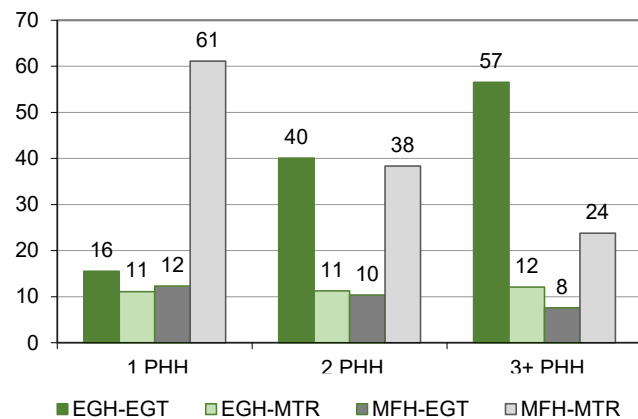


Abbildung 3-9: Wohnverhalten nach Haushaltsgröße in Prozent der jeweiligen Gruppen



PHH = Personenhaushalte; EGH-EGT = Eigenheimeigentümer; EGH-MTR = Eigenheim Mieter; MFH-EGT = Mehrfamilienhaus Eigentümer; MFH-MTR = Mehrfamilienhaus Mieter.

Quelle: Statistisches Bundesamt bis 2040. Ab 2041 eigene Berechnungen

Quelle: Heinze Marktforschung: Mittelfristprognose 2023

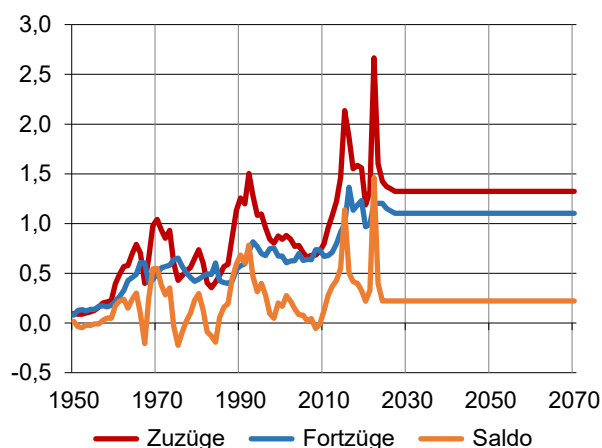
Wanderungen

Datengrundlage

Der Wanderungssaldo stellt die Differenz zwischen Zuzügen und Fortzügen dar. Dabei wird zwischen Binnenwanderung und Außenwanderung differenziert. In Bezug auf die Bevölkerungsentwicklung eines Landes ist die Außenwanderung (Saldo 2023: +663.000 Personen (2022 +1.462.089 Personen) relevant. Die Bevölkerungsentwicklung wird zudem von der natürlichen Wanderung (Saldo 2022: -335.217 Personen) beeinflusst, die den Saldo zwischen Geburten und Sterbefällen darstellt. Trotz steigender Geburtenzahlen fällt der natürliche Wanderungssaldo weiter zurück, da die Anzahl der Sterbefälle stärker zunimmt. Aus der Summe ergibt sich die Nettoveränderung der Bevölkerung im Jahr 2023 von 327.783 Personen (Saldo 2022: +1.134.567). Damit ist die Bevölkerung im Jahr 2023 in Deutschland um ca. 800.000 Personen weniger gewachsen als im Vorjahr. (Statistisches Bundesamt 2024a)

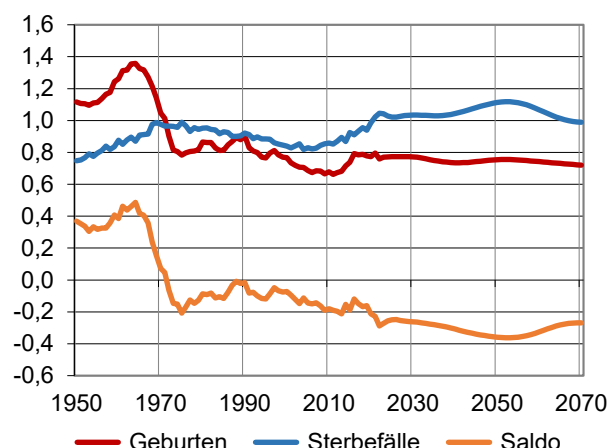
Die Wanderungsbewegung ab dem Jahr 2022 entspricht den Daten der 15. koordinierten Bevölkerungsprognose. Für die Außenwanderung wird dabei ein konstantes Ergebnis angenommen. Die historische Analyse zeigt, dass die Schwankungen in der Vergangenheit schwer vorhersagbar waren. In der vorliegenden Untersuchung wird die Variante 02 mit 290.000 Nettozuwanderungen als Grundlage verwendet. Für Zukunftsszenarien weisen diese Daten somit keine Varianz auf. Die natürliche Bevölkerungsentwicklung hingegen ist durch eine gewisse Variabilität gekennzeichnet, da sie sich auf die Entwicklung der Fertilität und Mortalität bezieht.

Abbildung 3-10: Außenwanderung in Mio. Personen



Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis bis 2022. 15. koordinierte Bevölkerungsfortschreibung Variante 02 bis 2070.

Abbildung 3-11: Natürliche Wanderungsbewegungen in Mio. Personen



Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis bis 2022. 15. koordinierte Bevölkerungsfortschreibung Variante 02 bis 2070.

Erwerbstätigkeit

Definitionen

Die **Erwerbspersonen**, auch als "Arbeitsangebot" bezeichnet, stellen die Gesamtheit der Erwerbstätigen und Erwerbslosen dar. Die Gruppe der **Nicht-Erwerbspersonen** stellt eine Differenz zwischen der Anzahl der Bevölkerung und der Anzahl der Erwerbspersonen dar. **Erwerbstätige** sind Personen im Alter von 20 und mehr Jahren, die im Berichtszeitraum (mindestens 1 Stunde/Woche) für Lohn oder sonstiges Entgelt irgendeiner beruflichen Tätigkeit nachgehen. Erwerbslose sind Personen ohne Erwerbstätigkeit. Die **Erwerbslosenquote** ist der Anteil der Erwerbslosen an den Erwerbspersonen (Arbeitsangebot). Die **Arbeitslosenquote** stellt den Anteil der registrierten Arbeitslosen an den Erwerbspersonen dar. Die Arbeitslosenquote liegt in der Regel über der Erwerbslosenquote, da sich auch Personen, die nicht in einem Beschäftigungsverhältnis stehen, arbeitslos melden können.

Datengrundlagen und Fortschreibung

Die Entwicklung der Erwerbstätigkeit geht auf die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung Statistisches Bundesamt (2024b) zurück. Gegenstand der Nachweisung sind folgende Werte, die in einem definitorischen Zusammenhang stehen: Bevölkerung - Nichterwerbspersonen = Erwerbspersonen - Erwerbslose = Erwerbstätige (Inländer) - Selbstständige = Arbeitnehmer (Inländer) + Pendlersaldo = Arbeitnehmer (im Inland) + Selbstständige = Erwerbstätige (im Inland). Auch hier stellt sich die Herausforderung der Fortschreibung für ein längeres Szenario.

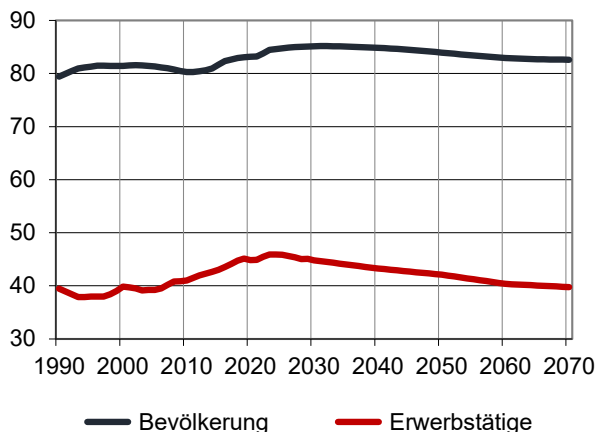
Die letzte Vorausberechnung des Statistischen Bundesamtes zu den Erwerbspersonen stammt aus dem Jahr 2020 und basiert auf der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (Statistisches Bundesamt 2019). Zunächst erfolgte eine Anpassung an die 15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung über das Verhältnis von Bevölkerung zu Erwerbspersonen. Die Erwerbslosenquote wurde mit 3,0 % und die Arbeitslosenquote mit 5,3 % angenommen. Des Weiteren wurden die Anzahl der Selbstständigen (4,0 Mio. Personen) sowie der Pendlersaldo (139.000 Personen) in Bezug auf die Gesamtzahl der Erwerbstätigen als weitgehend konstant angenommen. Auf Basis der

Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung (s. o.) wurden die Daten zur Erwerbstätigkeit fortgeschrieben.

Zensus-Anpassung

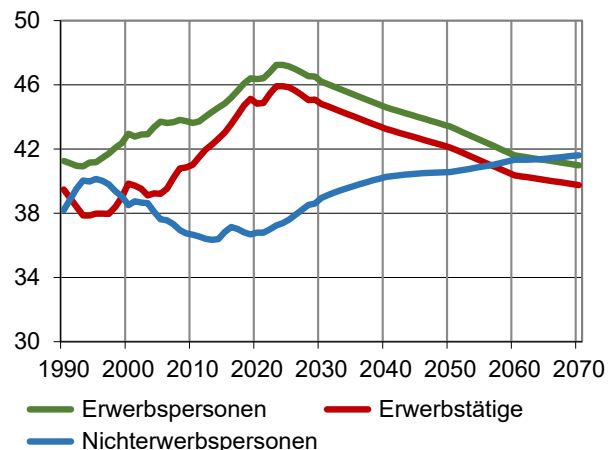
Bis zum Jahr 2023 wurden die Daten dem genannten Segment (GENESIS 81000-0011) entnommen. Die Fortschreibung erfolgt über die Erwerbspersonen. Ausgehend vom Jahr 2023 wird angenommen, dass sie sich entsprechend der Veränderungsrate der 21-65-Jährigen entwickeln. Aufgrund des definitorischen Zusammenhangs ergeben sich die übrigen Werte entsprechend.

Abbildung 3-12: Vergleich zwischen Bevölkerung und Erwerbstätigkeit in Mio. Personen



Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis 810000 bis 2022. 14. koordiniert Bevölkerungsfortschreibung und eigene Berechnungen.

Abbildung 3-13: Erwerbspersonen, Erwerbstätige und Nicht-Erwerbspersonen in Mio. Personen



Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis 810000 bis 2022. 14. koordinierte Bevölkerungsfortschreibung und eigene Berechnungen.

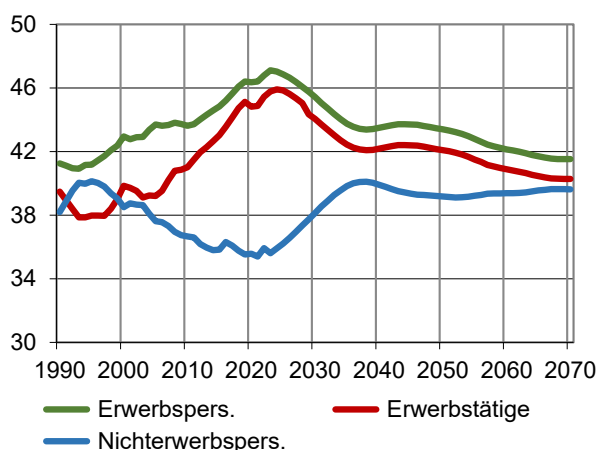
Abweichungen durch Zensus-Anpassung

Die Werte bis zum Jahr 2023 sind gleich, da sie in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und nicht über die Bevölkerungsberechnung ermittelt wurden. Die vorherige Berechnung (Abbildung 3-12) erfolgte durch eine Trendfortschreibung. Die aktuelle Berechnung (Abbildung 3-13) folgt der Entwicklung der Erwerbspersonen, für die als Entwicklungsindikator die Personen im Alter zwischen 21 und 65 Jahren verwendet wurde. Hintergrund des moderaten Aufschwungs zwischen den Jahren 2040 und 2050 ist die Entwicklung der entsprechenden Personengruppen (vgl. Abbildung 3-5). Die Entwicklung der Erwerbspersonen verläuft danach nicht linear. Die Anzahl der Nichterwerbspersonen ergibt sich aus der Bevölkerung abzüglich der Erwerbspersonen.

Entwicklung

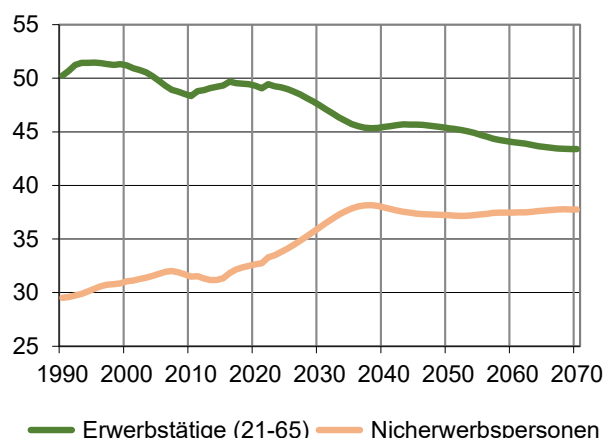
Seit dem Jahr 2000 ist die Anzahl der Erwerbstätigen von 39,8 Mio. Personen auf 45,8 Mio. Personen im Jahr 2023 gestiegen. Damit ist sie weitgehend auf ihrem Höhepunkt angekommen (2024 45,9 Mio. Personen). Die Arbeitslosigkeit lag 2023 bei 5,7 %. Ab 2025 wird sie konstant bei 5,3 % angenommen. Ab 2026 setzt bei konstanter Lebensarbeitszeit ein langanhaltender Rückgang ein. Bis Ende 2070 tendiert die Anzahl der verfügbaren Erwerbstätigen gegen 40,0 Mio.

Abbildung 3-14: Bevölkerung und Erwerbstätige in Mio. Personen nach Zensusanpassung



Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis 810000 bis 2022. 14. koordiniert Bevölkerungsfortschreibung und eigene Berechnungen.

Abbildung 3-15: Indikator der Erwerbstätigkeit (21-65) und Nichterwerbspersonen in Mio. Personen nach Zensusanpassung



Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis 810000 bis 2022. 14. koordinierte Bevölkerungsfortschreibung und eigene Berechnungen.

3.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Grenzen der Prognose wirtschaftlicher Entwicklungen

Prognosen über die wirtschaftliche Entwicklung beziehen sich in der Regel auf das laufende und das folgende Jahr. Mittelfristprognosen hingegen decken einen Zeitraum von fünf Jahren ab. In dem zeitlichen Rahmen werden auch die volkswirtschaftlichen Sektoren (privater und staatlicher Verbrauch, Investitionen, Außenhandel) von wirtschaftswissenschaftlichen Instituten dargestellt. Aber bereits ab dem dritten Jahr gehen die Prognosen in die Entwicklung des Potenzialwachstums über. Ab dem fünften Jahr liegen nur noch Szenarien des Bruttoinlandsproduktes (BIP) vor, die aus dem Produktionspotenzial abgeleitet sind.

Definition Produktionspotenzial

Das Potenzial einer Volkswirtschaft zur Produktion von Gütern setzt sich aus den verfügbaren Produktionsfaktoren (Arbeit, Kapital, Boden) zusammen. Der Begriff Boden wird weiter im Sinne von Umwelt und Ressourcen verwendet. Es gibt verschiedene Konzepte und Berechnungsverfahren, aber vereinfacht formuliert beschreibt das Produktionspotenzial das mögliche Wachstum einer Volkswirtschaft unter normaler Auslastung der Produktionsfaktoren. Neben der absoluten Verfügbarkeit der Produktionsfaktoren spielt zudem die Produktivität, m. a. W. das Wissen oder die Effizienz ihrer Nutzung eine

Rolle. Das Wachstum des BIP schwankt je nach Konjunkturlage, um das Produktionspotenzial.

Datenquellen

Für die vorliegenden Berechnungen wurden die vom Statistischen Bundesamt publizierten Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung bis zum Jahr 2022 herangezogen (vgl. Statistisches Bundesamt 2023). Für den ersten Prognoseabschnitt wurde die Mittelfristprojektion des Instituts für Weltwirtschaft, Kiel (IfW 2023) vom 15. September 2023 verwendet. Diese reicht bis zum Jahr 2027. Für den folgenden Zeitraum bis zum Jahr 2050 wurde die SSP-Datenbank des IIASA (2018) zugrunde gelegt.

Anpassung SSP-IIASA

Durch folgende Rechenschritte werden die IIASA-Daten angepasst:

1. Ausgangspunkt ist das letzte Prognosejahr (2027)
2. Die Sprünge in den IIASA-BIP-Projektionen sind rechentechnisch bedingt und spiegeln keine ökonomische Entwicklung wider. Sie werden mit einem Fünf-Jahres-Durchschnitt geglättet.
3. Der Ausgangswert (2027) wird mit der geglätteten Veränderungsrate der IIASA-BIP-Projektionen fortgeschrieben. Der absolute Ausgangswert liegt in den letzten Prognosewerten etwas höher, weshalb die Vorausberechnung entsprechend oberhalb der IIASA-Werte liegt.
4. Für die Entwicklung des Anteils der volkswirtschaftlichen Sektoren am BIP werden Annahmen getroffen.

Abbildung 3-16: BIP-Szenario nach SSP-IIASA und gleitender 5-Jahres-Durchschnitt (Hochrechnungsfaktor)

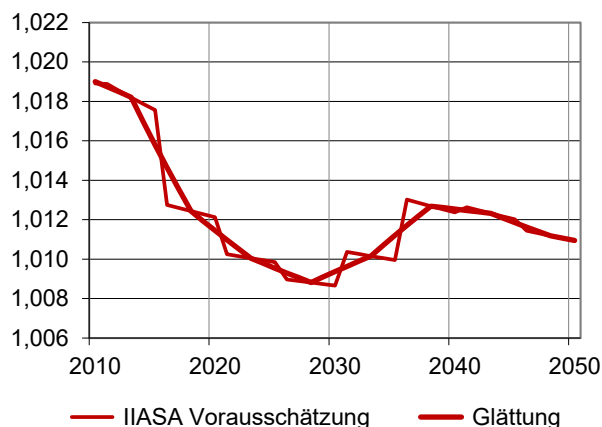
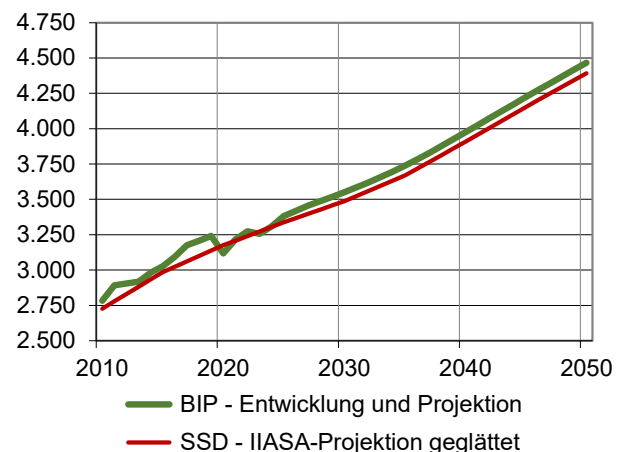


Abbildung 3-17: BIP-Szenario nach SSP-IIASA und gleitender 5-Jahres-Durchschnitt (in Mrd. Euro)



Quelle: IIASA SSP. Database (Shared Socioeconomic Pathways) - Version 2.0 (<https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb>)

Quelle: IIASA, SSP Database (Shared Socioeconomic Pathways) - Version 2.0. Statistisches Bundesamt FS 18 R4.1. Institut für Weltwirtschaft (IfW) Kiel. 2022 Nr. 96. eigene Berechnungen, INFRO.

Entwicklung der volkswirtschaftlichen Sektoren

Für den Zeitraum von 2027 bis 2050 insgesamt werden für die Anteile der Sektoren des Bruttoinlandsprodukts (BIP) folgende Annahmen getroffen (Abbildung 3-18): Privater Verbrauch (- 2,0); Staatsverbrauch (+ 1,0); Ausrüstungsinvestitionen (- 2,0);

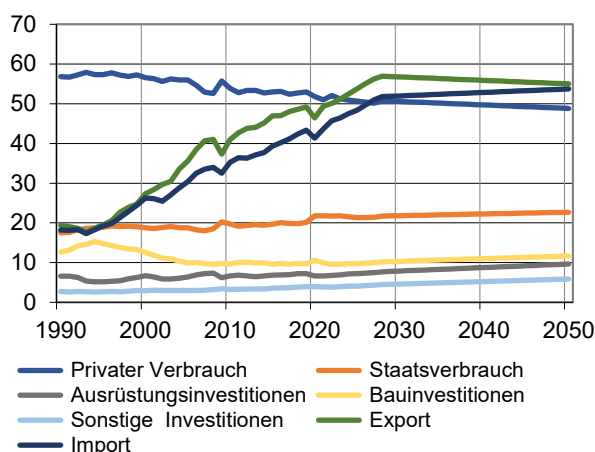
Bauinvestitionen (+ 1,5); Sonstige Investitionen (+ 1,5); Export (- 2,0); Import (+ 2,0). Diese Entwicklung basiert auf der Prämisse, dass der Anteil des privaten Verbrauchs dem Trend folgend weiter abnimmt. Der Außenhandel gewinnt nicht weiter an Bedeutung und der Exportüberschuss baut sich ab. Die Herausforderungen der Zukunft begünstigen staatliche Ausgaben und Investitionen. Die realen monetären Werte steigen in allen Bereichen (Abbildung 3-19) mit der Entwicklung des BIP. Deshalb erweisen sich die relativen Veränderungen häufig als realistischere Schätzer.

Aus der Entwicklung des BIP wurde mithilfe dieser Annahmen ein differenzierteres konsistentes Datenbündel für die Szenarien gewonnen. Zudem erweist sich die Glättung der theoretischen Stufen als vorteilhaft, da sie bei Beibehaltung in holzwirtschaftlichen Entwicklungen Brüche ausweisen würde, die keine sachliche Grundlage haben.

Schätzprobleme mit monetären Größen

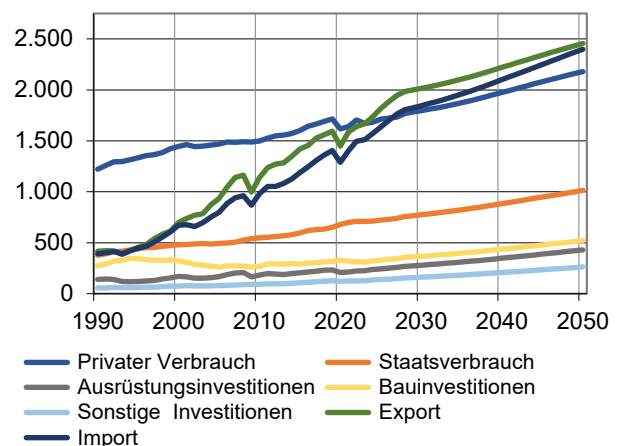
Monetäre Entwicklungen beinhalten Preisveränderungen. Aus diesem Grund sind sie für die Schätzung realer Entwicklungen nur bedingt geeignet. Das Problem kann primär durch die Verwendung von preisbereinigten Daten (reale Daten) entschärft werden. Gleichwohl ist darauf hinzuweisen, dass eine vollständige Neutralisierung des Problems auf diese Weise nicht gewährleistet werden kann. Preisbereinigte Entwicklungen können Komponenten enthalten, die von der Rohstoffverwendung entkoppelt sind. Hierzu zählen Verschiebungen zwischen den Sektoren, beispielsweise vom Bausektor zum Dienstleistungssektor und Produktivitätsfortschritte. Unter der Prämisse, dass Produktivitätsfortschritte erzielt werden, kann eine Steigerung des BIP bei gleichzeitiger Reduktion des Rohstoffverbrauchs erreicht werden.

Abbildung 3-18: Entwicklung volkswirtschaftlicher Sektoren (Anteile am BIP in %)



Quelle: Eigene Berechnungen auf der Grundlage IIASA SSP (2018), Statistisches Bundesamt (2024b) und IfW (2023).

Abbildung 3-19: Entwicklung volkswirtschaftlicher Sektoren in Mrd. Euro (real)



Quelle: Eigene Berechnungen auf der Grundlage IIASA SSP (2018), Statistisches Bundesamt (2024b) und IfW (2023).

3.3 Spezifische Rahmendaten

Standzeiten

Die Nutzungsdauer von Bauteilen wird nach dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BSR 2017) für mittlere Lebensdauer mit 50 Jahren bewertet. Diese werden, je nach Produktgruppe durch Korrekturfaktoren angepasst, i. d. R. verkürzt (Bahr/Lennerts 2010). Vergleicht man diese Einschätzungen mit dem Wohnungsbestand, ergeben sich Widersprüche.

Wohnungsbestand

Der Wohnungsbestand verzeichnete einen kontinuierlichen Anstieg von 30,1 Millionen Wohneinheiten im Jahr 1980 auf 38,4 Millionen Wohneinheiten im Jahr 2000 und erreichte bis zum Jahr 2022 einen Stand von 41,1 Millionen Wohneinheiten (Zensus 2022). Die Abrissquote, definiert als Anteil der Abrisse am Gesamtbestand, erreichte in der Nachwendezeit der 1990er Jahre lediglich 0,100 % und beläuft sich gegenwärtig auf unter 0,050 %. In absoluten Zahlen wurden in den letzten Jahren ca. 20.000 WE pro Jahr abgerissen.

Würde sich die Konstruktion der Gebäude und Wohnungen alle 50 bis 70 Jahre auflösen, müsste sich der Wohnungsbestand derzeit abbauen und nicht weiter aufbauen. Die Abrissquote würde bei etwa 0,650 % oder ca. 300.000 WE pro Jahr liegen. Tatsächlich liegt sie nicht einmal bei einem Zehntel dieses Wertes.

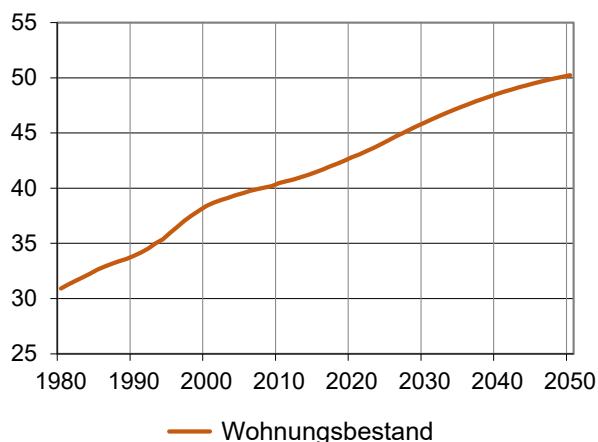
Selbst bei einer Betrachtung, die nicht nur den Abriss ganzer Gebäude, sondern auch die Renovierung und Modernisierung von Gebäuden einbezieht, erscheinen die angenommenen Standzeiten niedrig. Das Bruttoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen im Wohnungsbau belief sich 2022 auf 13.110 Mrd. Euro (Stat. BA). Das Modernisierungsvolumen im Wohnungsbau belief sich 2022 in realen Preisen auf 147,1 Mrd. Euro (DIW). Dies entspricht einer Modernisierungsquote von 1,1 %. Demnach würde der Bestand in 91 Jahren vollständig renoviert werden. Unter Berücksichtigung des Modernisierungsvolumens in jeweiligen Preisen (213,7 Mrd. Euro, DIW) ergibt sich ein Erneuerungszeitraum von 61 Jahren.

Daraus ist nicht ableitbar, ob es sich dabei um Heizungen oder Dachstühle handelt. Es gibt jedoch Indizien, die auf höhere Standzeiten der konstruktiven Teile eines Gebäudes im Vergleich zu typischen Modernisierungsprodukten (Wand, Decke, Heizung) hinweisen. Die Berechnungsgrundlage hinsichtlich der Standzeiten erweist sich als ungenau für Holzprodukte im Baukörper, insbesondere für Holzbauweisen, bei denen überwiegend Holz als Konstruktionsmaterial zum Einsatz kommt. Diese Hypothese wird durch das Altholzaufkommen gestützt, das bei so kurzen Zyklen deutlich höher liegen müsste.

Wohnungsbestand

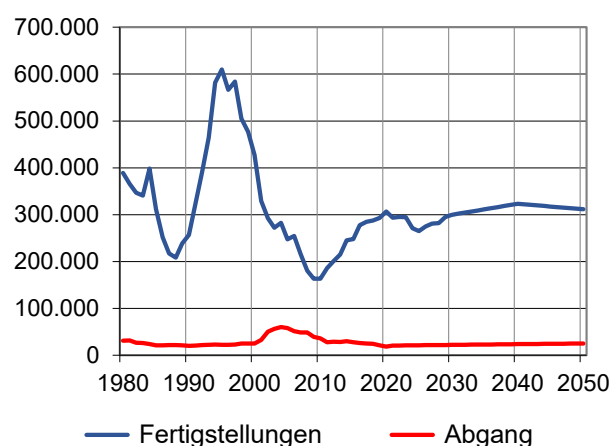
Der Wohnungsbestand wurde über die Fertigstellungen und eine konstante Abrissquote von 0,048 % berechnet. Damit steigt der Wohnungsbestand kontinuierlich und mit ihm der Holzspeicher im Wohnungsbestand.

Abbildung 3-20: Entwicklung des Wohnungsbestandes in Mio. Wohnungen



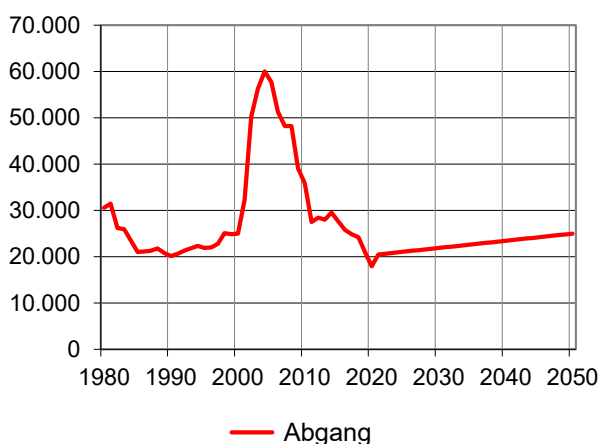
Quelle: Statistisches Bundesamt bis 2021 und eigene Berechnungen.

Abbildung 3-21: Anzahl der fertig gestellten und abgerissenen Wohnungen (Abgang)



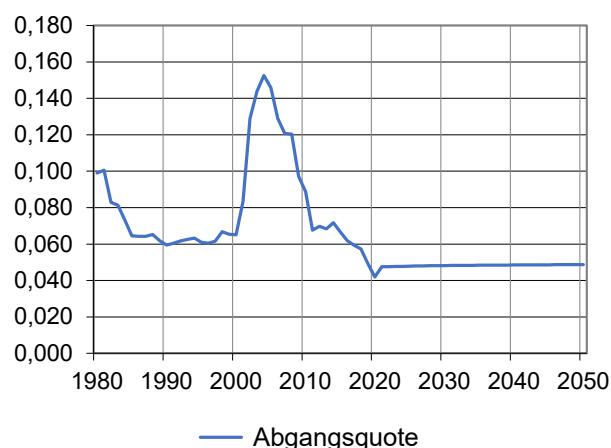
Quelle: Statistisches Bundesamt bis 2021 und eigene Berechnungen Fertigstellungen prüfen

Abbildung 3-22: Wohnungsabgang in Anzahl Wohnungen



Quelle: Statistisches Bundesamt bis 2021 und eigene Berechnungen.

Abbildung 3-23: Abgangsquote (Anzahl Abgang / Bestand)



Quelle: Statistisches Bundesamt bis 2021 und eigene Berechnungen

Bautätigkeit

Die folgende Abbildung 3-24 zeigt die Anzahl der Fertigstellungen seit dem Jahr 1950. Die Abbildung 3-25 zeigt die laufenden Fertigstellungen und die um 65 Jahre versetzten Fertigstellungen. Selbst wenn man den Zusammenhang glättet und einen Teil der Gebäude um Vollmodernisierungen reduziert, bleibt ein gewaltiger Widerspruch zwischen der Annahme der Nutzungsdauer (50 bis 70 Jahre) und den tatsächlichen Abgängen oder dem Altholzaukommen.

Vermutlich werden nicht nur die Standzeiten unterschätzt, sondern auch die Art der Renovierung verkannt. Alte Sparren zu entfernen ist nicht selten zu aufwändig. Neue Sparren werden zusätzlich eingebracht und übernehmen die Statik. Die alten bleiben im

Holzproduktspeicher. Ähnlich dürfte bei Fußböden und anderen Bauteilen verfahren werden. Es spricht vieles dafür, dass die Standzeiten der Produkte deutlich höher sind und weit über die angenommenen Betrachtungszeiträume hinausgehen. Die Kreislaufmodellierung des TRAW weist einen deutlich kumulativ steigenden Holzproduktspeicher aus (vgl. Kapitel 6.6).

Abbildung 3-24: Anzahl fertiggestellter Wohnungen seit 1950

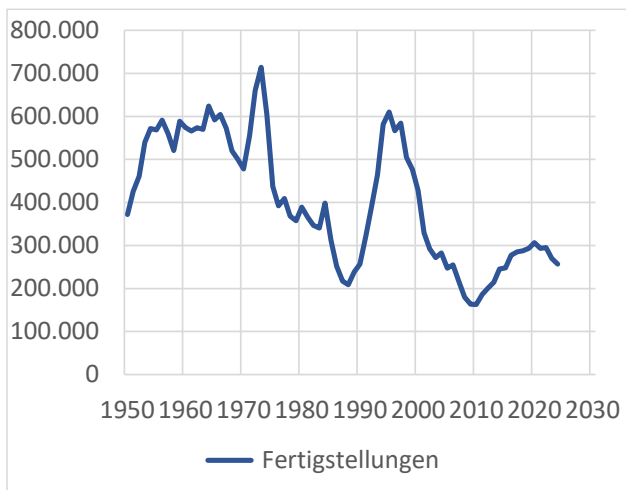
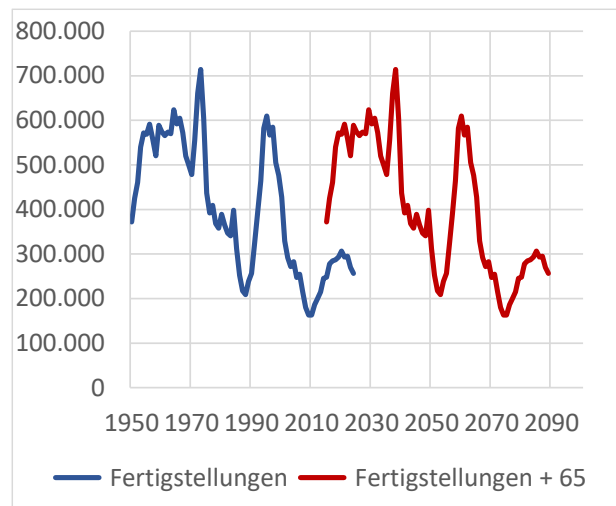


Abbildung 3-25: Fertigstellungen um 65 Jahre versetzt



Diskrepanz von Haushalten und Wohnungsbestand

Der Wohnungsbestand kann sich nur reduzieren, wenn die Anzahl der Fertigstellungen unter die Anzahl der abgerissenen Wohnungen fällt. Hinweise auf eine deutliche Unterschätzung der Abrissquote liegen nicht vor. Grundsätzlich ist der Abriss eines Gebäudes genehmigungspflichtig. Die Anzahl genehmigter Abrisse liegt bei einem Zehntel der Fertigstellungen.

3.4 Monetäre Rahmenbedingungen

Begrenzte Verwendbarkeit Monetäre Rahmenbedingungen umfassen Zinsen, Kredite, Kosten und Preise. Sie steuern die kurzfristigen Beziehungen zwischen den beteiligten Akteuren. Langfristige Prognosen dieser Faktoren sind spekulativ und können zu undurchsichtigen Manipulationen führen, anstatt neue Erkenntnisse zu generieren. Zudem sind die Wirkungszusammenhänge multikausal und weitgehend unbekannt. Eine Fortschreibung in Bezug auf die Holzverwendung ist ohne die Berücksichtigung aller Zusammenhänge nicht möglich. Preise beinhalten weitaus mehr Knappheitssignale als die des Holzmarktes. Auch Preiselastizitäten sind volatil und nicht statisch. Die kurzfristigen kausalen und theoretischen Zusammenhänge sind unbestritten. Preise haben großen, wenn auch keinen alleinigen Einfluss auf die Entscheidungen der Marktteilnehmer. Die langfristige Fortschreibung ist jedoch sowohl theoretisch unmöglich als auch praktisch eine Fiktion.

Die Problematik Daten des Bruttoinlandsproduktes als Treiber zu verwenden, zeigt die Problematik auf. Selbst wenn sie sich aus dem Modell ergeben, bleiben sie in historischen Elastizitäten verhaftet. Monetäre Variable finden sie in dieser Arbeit keine Anwendung.

Selbst in den einfachen Marktstrukturen bisheriger Modelle war die Verfügbarkeit von adäquaten Preisen ein Problem. In einem Kreislaufwirtschaftsmodell fehlt auch die statistische Grundlage für die Vielzahl der Preise, insbesondere im Endwarenssektor. Dennoch bleibt das Optimierungsproblem aufgrund von Knappheiten bestehen. Für die hier vorgenommene Lücken-Projektion war dies nicht erforderlich. Erst für die folgende Modellversion bestehen Überlegungen Knappheitsindikatoren auf der Grundlage von inhärenten Mengenentwicklungen abzuleiten.

4. Stoffliche Holzverwendungen

4.1 Bau

4.1.1 Struktur der Szenarien und Verwendungskennziffern

Art der Szenarien

Im Basisszenario erfolgt die Ableitung der Entwicklungen der Endwarenssektoren auf der Grundlage der zuvor dargestellten konjunkturellen Rahmenbedingungen in regressiver Form. Bei divergierenden Entwicklungen innerhalb eines Bausegments kann die Bildung von Teilsektoren erfolgen.

Für den Bausektor wird ein zweites Szenario (Holzbauszenario) mit Holzbauquoten berechnet, die den aktuellen Stand um mindestens 25 % übertreffen. In Bezug auf Abbildung 2-2 „Struktur des TRAW-Modells (Rechenschritte)“ wird der 2. Schritt „Szenarien der Endwarenssektoren (m^3_{pwe})“ um einen zusätzlichen Schritt erweitert, in dem die Holzbauquote erhöht wird. Im Übrigen bleibt das Modell unverändert.

Aufgrund limitierter Mengeneffekte wird das Holzbauszenario für spätere Simulationen sowie für die Datenübergabe für die Waldholzmodellierung und die THG-Berechnungen unterstellt.

Die technischen Koeffizienten, wie beispielsweise Wareneinsatzanteile, Verschnitt und Effizienz, werden für die Entwicklung bis zum Jahr 2050 mit dem Stand des Jahres 2020 fortgeschrieben. Im Rahmen der Sensitivitätsanalysen erfolgt eine Untersuchung der Auswirkungen geänderter technischer Koeffizienten auf die Holzverwendung.

4.1.2 Bautätigkeitsstatistik und Bauvolumen

Definition

Zur Bestimmung der Holzverwendung im Baubereich werden folgende Teilsegmente gebildet:

Segmente

Neubau

- Eigenheime (EGH; 1+2 Wohnungen)
- Mehrfamilienhäuser (MFH; 3+ Wohnungen)
- Industrielle Betriebsgebäude
- Wohnähnliche Betriebsgebäude
- Landwirtschaftliche Betriebsgebäude

Modernisierung (Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden)

- Wohnungsbau
- Nichtwohnbau

Tiefbau

Definition

Neubau

Die Hochrechnungsbasis der Neubaumaßnahmen wird gemäß den Berichten der Bautätigkeitsstatistik auf der Grundlage des umbauten Raumes ermittelt (Statistisches Bundesamt 2022b).

Definition

Modernisierung

Das statistische Bundesamt erfasst „Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden“. Die decken nur den Teil der genehmigungspflichtigen Bauaktivitäten im Baubestand ab. Die

Datengrundlage Bauvolumen

meisten Renovationen und Modernisierungen sind nicht genehmigungspflichtig.

Der Begriff "Modernisierung" hat sich als Kurzform für alle "Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden" etabliert. Dies umfasst Maßnahmen wie Fußboden- und Malerarbeiten, für die keine Genehmigungspflicht besteht, sowie den Begriff "Renovation".

Die Hochrechnungsbasis für die Bereiche Modernisierung und Tiefbau bildet die sogenannte Bauvolumensrechnung des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (BBSR 2023). Die Bauvolumensrechnung des DIW-Instituts (Gornig/Michelsen/Révész, 2023) stützt sich auf die Statistik des Baugewerbes sowie weiterer Wirtschaftszweige, die im Bauwesen tätig sind. Zur Ermittlung des Modernisierungsvolumens werden die veranschlagten Baukosten des Neubaus aus der Bautätigkeitsstatistik hochgerechnet. Die Differenz zum Umsatz wird der Modernisierung zugerechnet. Demzufolge liegt eine Restrechnung vor.

In der Baugewerbestatistik findet der Tiefbau als eigener Bereich Berücksichtigung. In dieser Kategorie erfolgt keine Differenzierung zwischen Neubau und Modernisierung, sondern ausschließlich nach gewerblichem und öffentlichem Tiefbau.

Bauvolumen Problematik monetärer Werte

Die Bauvolumensrechnung weist nominale Werte und einen Kettenindex aus. Letzterer wird genutzt, um reale Entwicklungen darzustellen. Beide sind jedoch nicht direkt für die Berechnung der Holzverwendung nutzbar. Zum Kettenindex lassen sich keine Verwendungskennziffern in Relation setzen und das nominale Bauvolumen würde die materielle Verwendung um die Preissteigerungen überschätzen. Somit wird aus nominalem Bauvolumen und Kettenindex die Entwicklung des realen Bauvolumens gebildet.

Reale Werte sind auch nicht unproblematisch. In bestimmten Zeitabständen, z. B. 10 Jahre ändert sich die Basis. Das hat auch Auswirkungen auf den berechneten Wert der Holzmenge pro Milliarde Euro reales Bauvolumen. Da die neue Basis i. d. R. durch Preissteigerungen einen höheren Index hat (z. B. 2015=110; 2010=100) würde bei der Verwendung des Holzeinsatzfaktors aus dem Basisjahr 2010 der Holzeinsatz rechentechnisch um zehn Prozent höher ausgewiesen. M. a. W. hätte man die Erhebung zu einem aktuellen Zeitpunkt durchgeführt, wäre der Holzeinsatz ($\text{m}^3/\text{Mrd. €}$) geringer ausgefallen. Um das Verhältnis von eingesetztem Holz zu realem Bauvolumen im Basisjahr aufrechtzuerhalten, ist eine entsprechende Reduktion des Holzeinsatzes pro Milliarde Bauvolumen erforderlich. Die Erhebung wurde im Rahmen des Basisjahres 2010 durchgeführt. Folglich sind die Holzverwendungskennziffern entsprechend anzupassen, wenn das Indexjahr der Bauvolumensrechnung auf das Jahr 2015 umgestellt wird.

$$\text{m}^3/\text{Mrd. €}_{2015} = \text{Index } t_{2010} / \text{Index } t+1_{2015} * \text{m}^3/\text{Mrd. €}_{2010}$$

Die vorliegenden Ausführungen legen nahe, dass die Berechnungen, die auf nominalen Werten basieren, mit größeren Unsicherheiten

behaftet sind als Berechnungen, die auf realen Größen wie dem umbauten Raum im Neubau basieren.

Entwicklung Neubau

Nach dem kräftigen Wachstum in den 1990er-Jahren wies die Neubautätigkeit zwischen 2000 und 2010 im Wohnungsbau eine rezessive Entwicklung auf. Der Wohnungsneubau erfuhr zwischen 2010 und 2020 erneut eine moderate Aufschwungsphase, wobei die Erwartungen für die Folgezeit sehr optimistisch waren. Kapazitäts- und Materialmangel führten zu signifikanten Preissteigerungen, die zusammen mit dem Ende der Nullzinsphase zu Finanzierungsproblemen vieler Bauherren führten, bzw. neue Baunachfrage abschreckte. Im Jahr 2023 verblassten die optimistischen Erwartungen. Der Neubau von Nichtwohngebäuden entwickelte sich hingegen weitgehend stabil. Die Abbildung 4-1 stellt die Entwicklung des umbauten Raumes im Neubau bis zum aktuellen Berichtsjahr 2023 dar.

Entwicklung Modernisierung

Die Modernisierung im Wohnungsbau wies bis zum Jahr 2010 einen anhaltend kraftvollen Aufschwung aus. Danach geriet sie in eine Schwächephase. Das war auch eine Folge des starken Wachstums im Neubau. Durch begrenzte Kapazitäten wählen Baubetriebe tendenziell die attraktiveren Aufträge des Neubaus. Die aktuelle Abschwächung ist hingegen eine Folge der Kostenentwicklung.

Die Modernisierungsmaßnahmen im Nichtwohnbau weisen in der letzten Dekade eine deutliche Abschwächung auf. Diese Entwicklung ist auf das geringe Wirtschaftswachstum sowie die gestiegenen Modernisierungskosten zurückzuführen, die im gewerblichen Bereich eine größere Rolle spielen als bei privaten Entscheidern.

Auch wuchs das Bruttoanlagevermögen im Nichtwohnbau durch Abschreibungen geringer als im Wohnungsbau, sodass sich der Bestandsaufbau langsamer vollzieht.

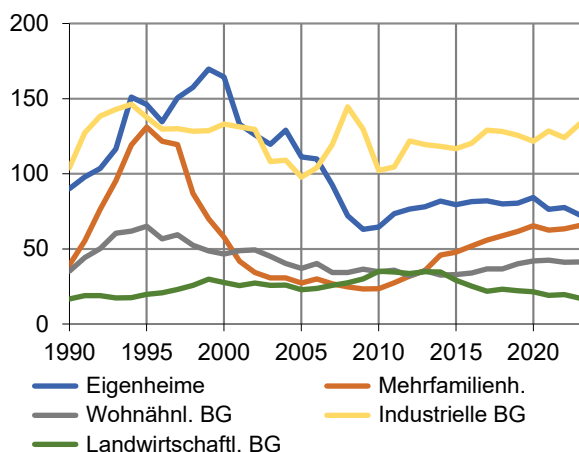
Tiefbau

Der Tiefbau bewegt sich durch den hohen Bedarf an Infrastrukturmaßnahmen auf moderat aufwärtsgerichteten Kurs.

Entwicklungen des Bauvolumens

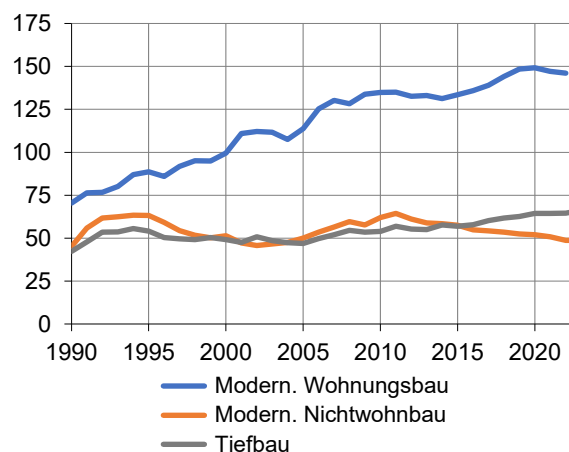
Die Abbildung 4-2 stellt die reale Entwicklung des Bauvolumens (2015 = 100) bis zum aktuellen Berichtsjahr 2023 des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (BBSR 2023). dar.

Abbildung 4-1: Entwicklung der Neubautätigkeit nach Gebäudearten in Mio. m³ umbauten Raum



Quelle: Statistisches Bundesamt, Statistik der Baufertigstellungen (2022b)

Abbildung 4-2: Entwicklungen der Modernisierung und im Tiefbau in Mrd. Euro reales Bauvolumen (Basis 2015=100)



Quelle: BBSR 2023, DIW-Wochenbericht 2023

Entwicklung der Holzbauquote

Die Abbildung 4-3 zeigt die Entwicklung der Holzbauquote der Gebäudegruppen zwischen 1990 und 2023. In der Abbildung 4-4 ist die Quote der Gebäude mit überwiegend anderen Baustoffen in der Konstruktion dargestellt. Marktanteilsgewinnen bei Eigenheimen in Holzbauweise stehen Marktanteilsverluste von Eigenheimen anderer Baustoffe gegenüber. Das bedeutet auch, dass ein größerer Holzeinsatz infolge einer erhöhten Holzbauquote nicht in gleichem Umfang zu mehr Holzbedarf führt, da auch in den verdrängten Gebäuden anderer Baustoffe Holz zum Einsatz kommt (z. B. Dachstuhl, Türen, Bodenbeläge), sodass deren Holzanteil entfällt.

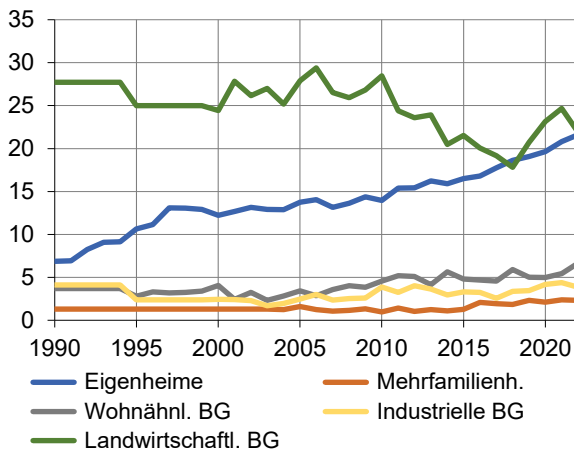
Entwicklung der Holzbauweisen

Traditionell entfiel der größte Anteil von Gebäuden in Holzbauweise auf den landwirtschaftlichen Bau. Inzwischen erreichen Eigenheimen ebenfalls eine Holzbauquote von zwanzig Prozent und mehr. Im Mehrfamilienhausbau haben sich die technischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Holzbau in der letzten Dekade verbessert, jedoch ist die Quote gemessen am umbauten Raum nur gering gestiegen. Im Nichtwohnbau, mit Ausnahme des landwirtschaftlichen Baus, spielt der Holzbau traditionell eine untergeordnete Rolle. In den letzten fünfzehn Jahren konnten jedoch Anteilsgewinne verzeichnet werden.

Beispiel Mehrfamilienhäuser

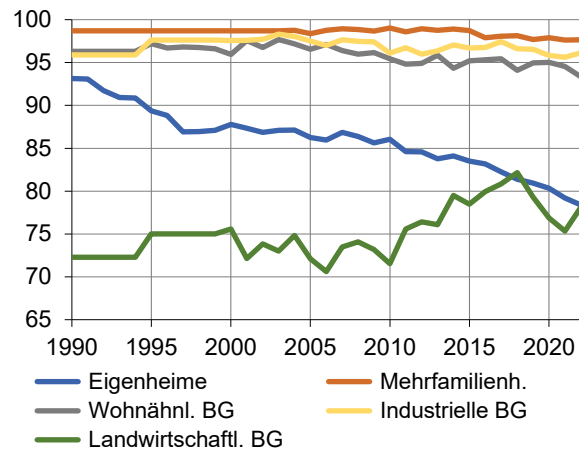
Veröffentlichte Anteilswerte beziehen sich meist auf genehmigte Gebäude. Hier ist der fertiggestellte umbaute Raum dargestellt. Während die Holzbauquote der Fertigstellungen für Mehrfamilienhäuser 2023 bei 3,2 % lag, betrug die Holzbauquote des umbauten Raumes 2,1 %. Der Unterschied erklärt sich dadurch, dass Mehrfamilienhäuser in Holzbauweise einen geringeren umbauten Raum aufweisen als Gebäude in konventioneller Bauweise.

Abbildung 4-3: Entwicklung der Holzbauquoten in Prozent des fertiggestellten umbauten Raumes



Quelle: Statistisches Bundesamt 2022b. (WAS und NAS – Tabellen)

Abbildung 4-4: Entwicklung der Bauquoten anderer Baustoffe in Prozent des fertiggestellten umbauten Raumes



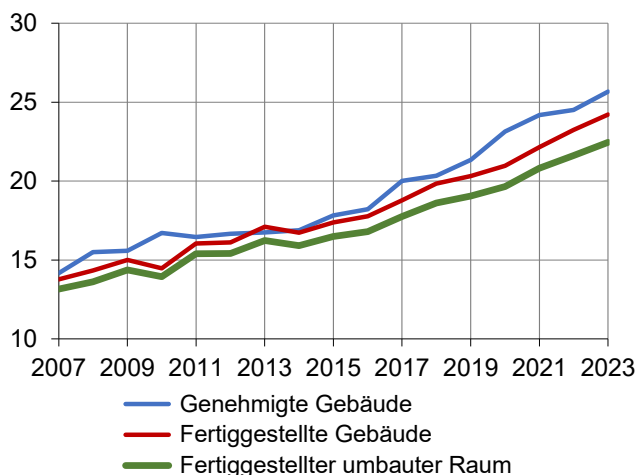
Quelle: Statistisches Bundesamt 2022b. (WAS und NAS – Tabellen)

Holzbauquoten fallen sehr unterschiedlich aus

In der Presse und in der Literatur wird meist die Holzbauquote der Genehmigungen in Bezug auf die Anzahl der Gebäude verwendet. Die folgenden Abbildungen zeigen, dass dies nicht identisch ist mit der Holzbauquote des fertiggestellten umbauten Raumes. Abweichungen zwischen Genehmigungen und Fertigstellungen deuten darauf hin, dass niedrigere Fertigstellungen vorübergehend längere Bauzeiten haben oder wenn die Abweichungen länger anhalten, eine größere Anzahl an erloschenen Baugenehmigungen enthalten. Bei Mehrfamilienhäusern ist dieses Phänomen sehr ausgeprägt. Seit dem Jahr 2020 ist die genehmigte Anzahl von Mehrfamilienhäusern in Holzbauweise kein verlässlicher Indikator mehr für die Zahl der erstellten Gebäude. Sie lag 2023 um das 2,4-fache höher als der fertiggestellte umbaute Raum.

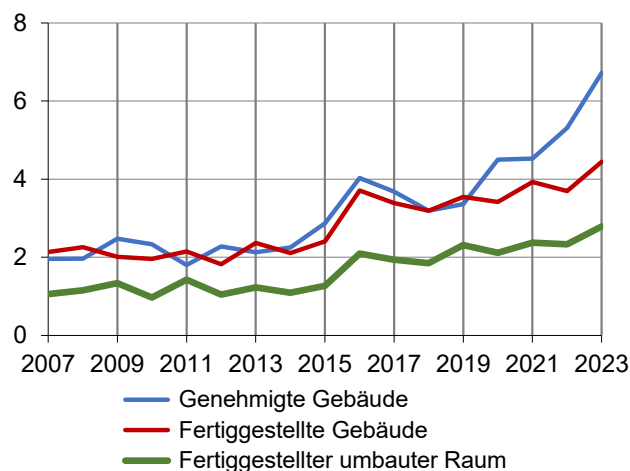
Der Unterschied zwischen der Anzahl der fertig gestellten Gebäude und dem fertiggestellten umbauten Raum ergibt sich aus unterschiedlichen Gebäudegrößen. Die Ursachen der Unterschiede zwischen Genehmigungen und Fertigstellungen seit dem Jahr 2020 liegen außerhalb des Untersuchungsrahmens. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Hemmfaktoren (Baukosten, Lieferengpässe, Finanzierung) den Holzbau stärker behindert haben als den von Mehrfamilienhäusern mit überwiegend anderen Baustoffen in der Konstruktion. Für die weiteren Berechnungen wird vom fertiggestellten umbauten Raum ausgegangen, da dieses Merkmal mit dem realisierten Holzeinsatz sachlich stärker korreliert.

Abbildung 4-5: Entwicklung der Holzbauquoten von Eigenheimen verschiedener Merkmale



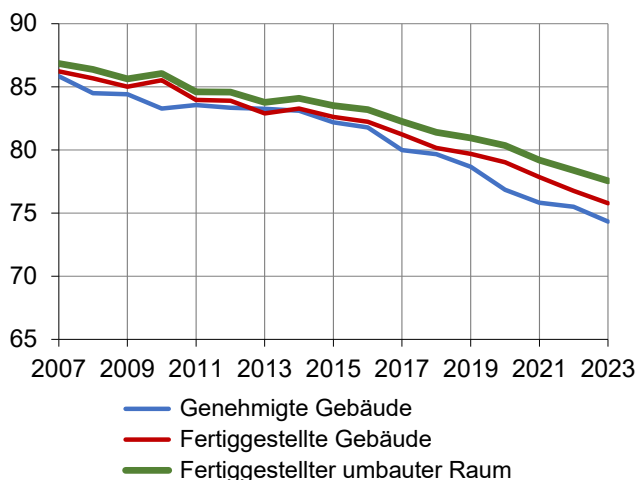
Quelle: Statistisches Bundesamt 2022b.

Abbildung 4-6: Entwicklung der Holzbauquoten von Mehrfamilienhäusern verschiedener Merkmale



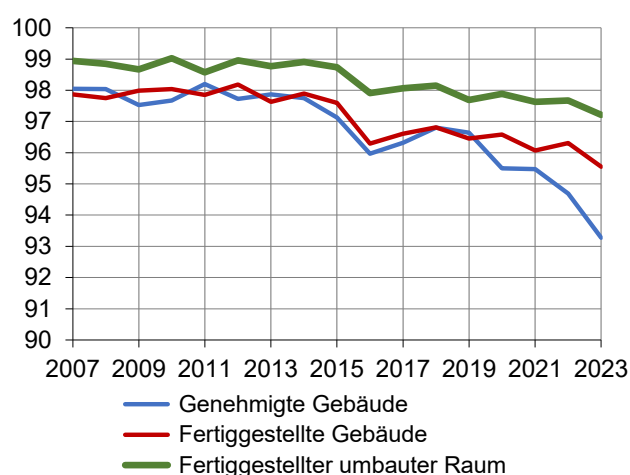
Quelle: Statistisches Bundesamt 2022b.

Abbildung 4-7: Entwicklung der Quoten anderer Baustoffe von Eigenheimen verschiedener Merkmale



Quelle: Statistisches Bundesamt 2022b.

Abbildung 4-8: Entwicklung der Quoten anderer Baustoffe von Mehrfamilienhäusern verschiedener Merkmale



Quelle: Statistisches Bundesamt 2022b.

4.1.3 Szenarien zum Baumarkt und Holzbauquoten

Startjahr und Anschlussniveau

Konjunkturelle Entwicklungen einer Volkswirtschaft sind in der Regel volatil. Sektorale konjunkturelle Entwicklungen wie der Holzmarkt unterliegen zusätzlichen spezifischen Einflussfaktoren, die die Volatilität noch verstärken können. Daher kann das aktuelle Jahr als Startwert zufällig einen Extremwert annehmen. Um die dadurch entstehende Unsicherheit bei der Wahl eines Startwertes zu reduzieren, wurde eine spezielle Vorgehensweise entwickelt (Abschnitt 2).

Entwicklung des Neubaus Das Fertigstellungsvolumen von Eigenheimen zeigt sich im Jahr 2023 aufgrund einer hohen Anzahl vorauslaufender Baugenehmigungen noch auf einem hohen Niveau. Im Jahr 2024 ist jedoch ein deutlicher Rückgang dieses Volumens zu verzeichnen. Es ist davon auszugehen, dass sich die Situation in der Folge erholen wird, wenngleich das Niveau der 2010er Jahre nicht mehr erreicht werden kann. Die erwartete jährliche Bautätigkeit liegt bei etwa 80.000 Wohnungen (60 Mio. m³ umbautem Raum). Der Mehrfamilienhausbau wird länger durch hohe Bauüberhänge und Wohnungsbedarf gestützt. In der weiteren Folge wird er jedoch auch zunehmend von der demografischen Entwicklung mit sinkenden Haushaltszahlen beeinflusst. Er wächst moderat auf 190.000 fertiggestellten Wohnungen (75 Mio. m³ umbautem Raum) und geht danach wieder leicht zurück. Zusammenfassend entwickelt sich der Wohnungsneubau in den kommenden Jahren auf einem stabilen Niveau von etwa 270.000 Wohnungen oder 135 Mio. m³ umbautem Raum.

Genehmigungen für neu errichtete Wohnungen in bestehenden Gebäuden werden der Kategorie der Modernisierung zugeordnet. Wohnungen in Nichtwohngebäuden werden als Bestandteil der Gebäudeart betrachtet. Diese Einordnung steht im Einklang mit der Klassifikation des Statistischen Bundesamtes, nach der die Merkmale eines Gebäudes der überwiegenden Nutzungsart zugeordnet werden. Die Zuordnung zur überwiegenden Verwendung entspricht der Erfassungssystematik eines Leistungsverzeichnisses. So wird beispielsweise der Materialeinsatz eines Gebäudes, das auch Wohnungen enthält und dessen überwiegende Nutzungsweise dem Handel zuzuordnen ist, vollständig der Gruppe der Handelsgebäude zugerechnet.

Industrielle Betriebsgebäude liegen stabil auf einem Niveau von etwa 140 Mio. m³ umbautem Raum. Wohnähnliche Betriebsgebäude gehen von 41 Mio. m³ auf 36 Mio. m³ umbautem Raum zurück. Der landwirtschaftliche Bau entwickelt sich von einem sehr geringen Niveau ausgehend weitgehend stabil zwischen 19,0 und 20,0 Mio. m³ umbautem Raum.

Entwicklung der Modernisierung und des Tiefbau

Wie bereits dargelegt, liegen für die Modernisierung und den Tiefbau lediglich monetäre Werte vor. Die Wohnungsmodernisierung erfuhr in der Nachwendezeit zwischen 1990 und 2010 einen deutlichen Aufschwung mit einem durchschnittlichen jährlichen realen Wachstum von +5,9 %. In der Periode zwischen 2011 und 2023 betrug der jährliche durchschnittliche Zuwachs +0,6 %. Für die Szenarien (2024 bis 2050) wird von einem jährlichen Zuwachs in Höhe von +1,0 % ausgegangen. Gemessen an gewünschten Modernisierungsraten in Höhe von zwei bis drei Prozent, erscheint der Zuwachs gering. Gestiegene Finanzierungs- und Materialkosten lassen kaum höhere Zuwächse erwarten. Dem Hintergrund der Schätzungen liegen demografische Entwicklungen und die Veränderung der Bedeutung volkswirtschaftlicher Sektoren zugrunde.

Die Analyse der Daten ergibt, dass die Modernisierung im Nichtwohnbau in der ersten Betrachtungsperiode eine durchschnittliche jährliche Steigerung von +1,9 % verzeichnete. In der Periode zwischen 2010 und 2023 wurde hingegen eine jährliche

Abnahme um -1,9 % beobachtet. Die Prognosen lassen für die Periode bis 2050 ein jährliches, reales durchschnittliches Wachstum von +0,8 % erwarten. Das höhere zukünftige Wachstum wird mit dem geringen Ausgangsniveau sowie dem hohen Investitionsbedarf begründet.

Im Tiefbau wurde in der ersten Betrachtungsperiode eine jährliche reale Wachstumsrate von +1,4 % beobachtet, die sich zwischen 2010 und 2023 auf +1,2 % belief. Für den Zeitraum bis 2050 wird ein fortbestehender Zuwachs prognostiziert, der sich auf +1,4 % beläuft. Die Schätzung basiert auf Werten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Die Entwicklung lässt sich durch den Nachholbedarf bei der Infrastruktur begründen.

Szenarien der Baumarktentwicklungen

Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10 präsentieren die konjunkturellen Entwicklungsszenarien der einzelnen Segmente des Baumarktes. Diese bilden die konjunkturelle Grundlage für die weiteren Berechnungen im Baubereich.

Abbildung 4-9: Entwicklung der Neubautätigkeit nach Gebäudearten in Mio. m³ umbauten Raum (1990-2050)

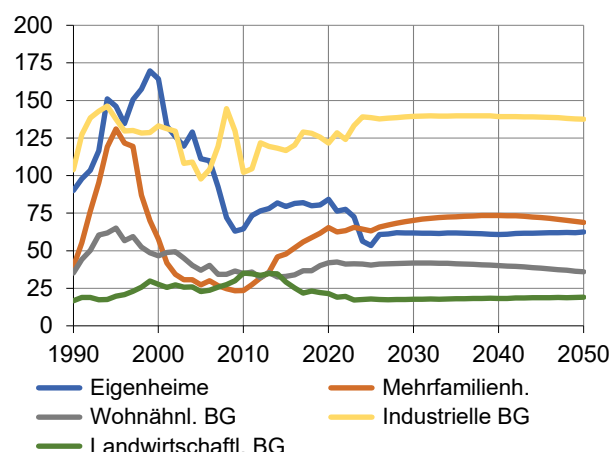
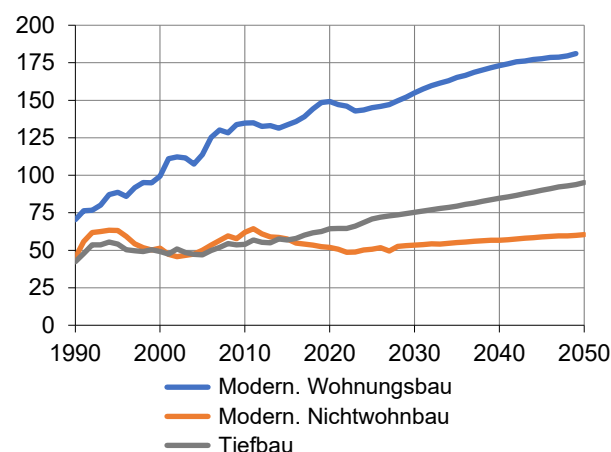


Abbildung 4-10: Entwicklungen in der Modernisierung und im Tiefbau in Mrd. Euro reales Bauvolumen (2015=100)



Quelle: Statistisches Bundesamt bis 2023. Eigene Fortschreibung

Quelle: DIW-Wochenberichte bis 2023. Eigene Fortschreibung

Berücksichtigung technischer Gebäudeausstattung (TGA)

Als Grundgesamtheit der Berechnungen wurde nicht vom Bauvolumen insgesamt ausgegangen. Das Bauvolumen wurde um die technischen Bauteile (Sanitär, Heizung, elektrische Anlagen, Aufzug/Treppenlift) reduziert, da diese auch bei den Erhebungen nicht Teil der Erfassung waren. Studien der Heinze-Marktforschung (2012) ist zu entnehmen, dass dieser Anteil in der Wohnungsmodernisierung 22,5 % beträgt und in der Modernisierung des Nichtwohnbaus 33,5 %. Zum Tiefbau liegen keine vergleichbaren Studien vor. Es wird von einem deutlich geringeren Anteil technischer Ausrüstungen ausgegangen, die mit 10,0 % geschätzt wurden.

Kennziffern des Holzeinsatzes nach Sektoren

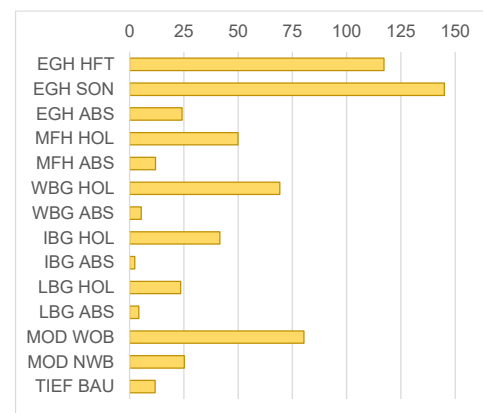
Im Rahmen des Projektes KlimaBau wurden alle holzführenden Bauteile nach Sortimenten (z. B. Schnittholz, Spanplatte, Dämmplatte) mit dem Raum erfasst, den sie im Baukörper einnehmen (m³_{pwe}). In den Mengen sind der Verschnitt bei der

Produktion (z. B. Fenster) und auf der Baustelle (Sparren) noch nicht enthalten. Das kann bis zu 50 % des Holzeinsatzes ausmachen.

Tabelle 4-1: Holzeinsatz nach Baubereichen in m³(pwe) Holzwaren

Gebäudeart	Baustoff	Abkürz.	Einheit	2016
Eigenheime	Holz, Fertigteilbau	EGH HFT	m³ / 1.000	117,3
EGH	Holz, sonstige	EGH SON	m³ / 1.000	145,0
	Andere Baustoffe	EGH ABS	m³ / 1.000	24,2
Mehrfamilienhäuser	Holzbau	MFH HOL	m³ / 1.000	49,9
MFH	Andere Baustoffe	MFH ABS	m³ / 1.000	11,9
Wohnähnliche BG	Holzbau	WBG HOL	m³ / 1.000	69,2
WBG	Andere Baustoffe	WBG ABS	m³ / 1.000	5,4
Industrielle BG	Holzbau	IBG HOL	m³ / 1.000	41,6
IBG	Andere Baustoffe	IBG ABS	m³ / 1.000	2,4
Landwirtschaftl.	Holzbau	LBG HOL	m³ / 1.000	23,5
LBG	Andere Baustoffe	LBG ABS	m³ / 1.000	4,2
Modern. Wohnungsbau	Insgesamt	MOD WOB	m³ / Mio. €	80,3
Modern. Nichtwohnbau	Insgesamt	MOD NWB	m³ / Mio. €	25,2
Tiefbau	Insgesamt	TIEF BAU	m³ / Mio. €	11,8

Abbildung 4-11: Holzeinsatz nach Baubereichen in m³(pwe) Holz



Anmerkung: m³(pwe) entspricht dem verbauten Holzvolumen im Baukörper einschließlich des Verschnitts. Im Neubau wird er auf 1.000 m³ umbauten Raum berechnet und in der Modernisierung und im Tiefbau auf 1 Mrd. € Bauvolumen (DIW) in realen Werten (2015 = 100)

Quelle: Mantau/Blanke/Döring (2018)

Verschnitt und Halbwaren

Im Rahmen des Projektes KlimaBau wurden 135 verschiedene Holzprodukte mit der Menge erfasst, die sie im Baukörper einnehmen (m³_{pwe}). Mittels einer baufachlichen Analyse wurden Verschnittfaktoren in der Produktion und auf der Baustelle geschätzt. Die Summe der insgesamt eingesetzten Halbwaren im Baubereich setzt sich zusammen aus den im Baukörper eingesetzter Mengen und dem Verschnitt. Dabei werden die Verschnittmengen den eingebauten Halbwaren proportional zugeordnet.

Tabelle 4-2: Verschnittfaktoren eingesetzter Bauprodukte und Anteile der eingesetzten Halbwaren in Prozent

Verwendungsanteile in % / Gebäudeart	Verschnitt Produkt.	Verschnitt Baustelle	Schnitt-holz	Span-platte	MDF/HDF	OSB	LDF / ULDF	Furnier	Sperrholz	Sonstiges
Eigenheime, FTB	10,9	8,2	49,1	1,6	0,6	7,2	21,8	0,1	1,0	18,6
Eigenheime, SON	12,3	8,8	62,8	0,9	0,3	3,0	22,7	0,1	0,5	9,7
Eigenheime, ABS	13,1	9,2	65,6	3,4	1,6	4,7	12,3	0,5	1,2	10,7
Mehrfamilienh. HLZ	10,0	9,2	50,0	0,8	1,2	15,0	24,3	0,3	1,7	6,8
Mehrfamilienh. ABS	13,0	9,0	54,9	4,7	3,5	3,8	22,5	1,2	1,7	7,8
Wohnähnl. BG, HLZ	12,8	8,5	55,3	1,4	0,8	5,2	16,4	0,1	0,8	20,0
Wohnähnl. BG, ABS	13,6	12,2	53,8	11,6	2,5	12,8	7,6	0,9	1,2	9,6
Industrielle BG, HZL	10,4	8,3	54,0	1,6	0,1	5,3	22,1	0,0	0,3	16,5
Industrielle BG, ABS	11,7	17,0	35,7	22,8	2,1	22,0	6,3	0,7	0,8	9,6
Landwirts. BG, HLZ	11,1	9,9	64,7	2,9	0,0	4,3	15,5	0,0	0,1	12,4
Landwirts. BG, ABS	12,0	12,3	71,6	5,4	0,2	5,4	4,4	0,1	0,1	12,9
MOD Wohnbau	12,8	6,3	44,5	2,6	8,0	2,9	13,8	0,7	1,2	26,2
MOD Nichtwohnb.	13,3	9,2	64,6	6,3	1,7	9,9	6,1	0,5	1,8	9,1
Tiefbau	10,0	30,0	45,0	2,5	2,5	5,0	0,0	0,5	39,5	5,0

Quelle: Mantau/Blanke/Döring (2018); Abkürzungen: HLZ = Holz; FTB = Fertigteilbau; SON = Sonstiger Holzbau; ABS = Andere Baustoffe; BG = Betriebsgebäude; MOD = Modernisierung

4.1.4 Bau – Basisszenario (BAS)

Holzeinsatz im Basisszenario

Die Holzverwendung im Neubau ergibt sich aus der konjunkturellen Entwicklung des umbauten Raumes einzelner Gebäudearten und ihres Holzeinsatzes (m^3 Holz / 1.000 m^3 umbautem Raum). In den Sektoren Modernisierung und Tiefbau erfolgt die Fortschreibung über den Faktor (m^3 Holz / Mio. € Bauvolumen).

Abbildung 4-12: Holzeinsatz nach Bausegmenten in Mio. m^3_{pwe}

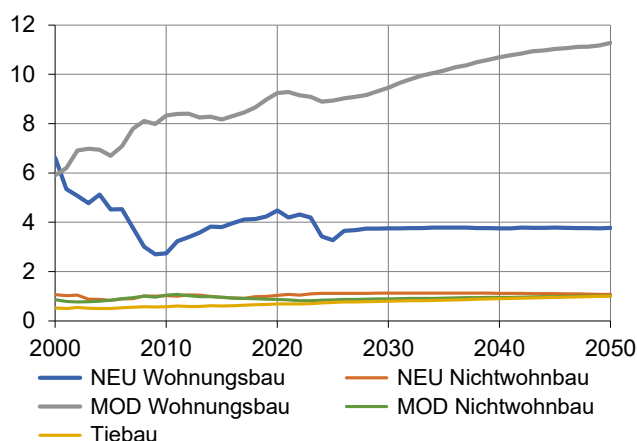


Abbildung 4-13: Holzeinsatz im Neubau nach Gebäudegruppen in Mio. m^3_{pwe}

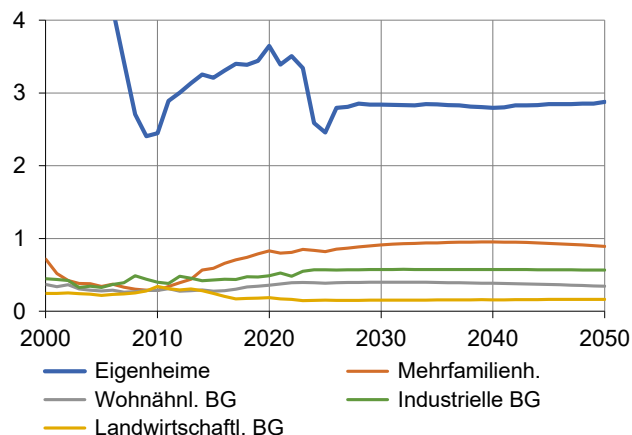


Abbildung 4-14: Holzeinsatz im Neubau nach Gebäudegruppen in Mio. m^3_{pwe} ohne Eigenheimbau

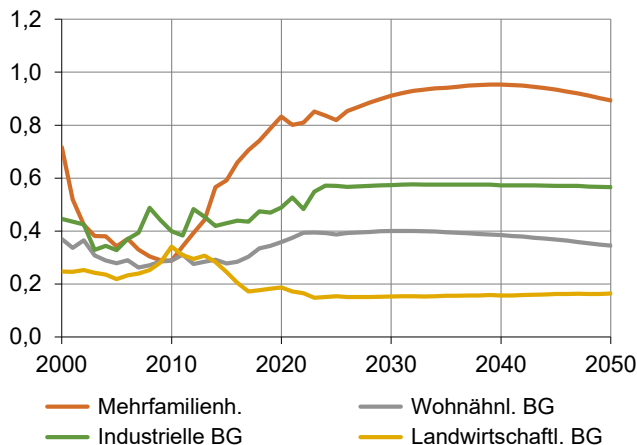
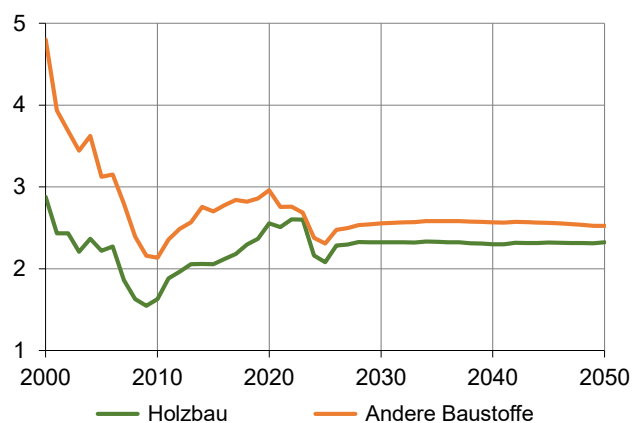


Abbildung 4-15: Holzeinsatz im Neubau nach Holzbauweise und Bauweise anderer Baustoffe in Mio. m^3_{pwe}



Quelle: Statistisches Bundesamt. Bautätigkeitsstatistik und eigene Szenarien ab 2024

Quelle: Statistisches Bundesamt. Bautätigkeitsstatistik und eigene Szenarien ab 2024

Holzeinsatz im Basisszenario

Die Abbildung 4-12 gibt einen Überblick über die Baubereiche insgesamt. Dabei wird deutlich, dass der Holzeinsatz in der Modernisierung die größte Bedeutung hat und mit ihr weiterwachsen wird. Die Abbildung 4-13 stellt nur die Neubausegmente dar. Im Neubau entfallen auf Eigenheime die größten Mengen des Holzeinsatzes. Die Abbildung 4-14 gibt den Neubau ohne Eigenheime wieder, um die Entwicklung der übrigen Bereiche deutlicher

darzustellen. Die Abbildung 4-15 vergleicht den Holzeinsatz in Gebäuden in Holzbauweise mit Gebäuden mit überwiegend anderen Baustoffen in der Konstruktion. In der Vergangenheit wurde in Gebäuden, die in der Konstruktion nicht überwiegend in Holz gebaut wurden, insgesamt mehr Holz verwendet als im Holzbau. Mit der wachsenden Bedeutung des Holzbaus wurde der Abstand geringer.

Holzverwendung nach Rohwarenwaren

Zur Ermittlung des Volumens der eingesetzten Rohwaren sind beispielsweise die Ausbeute bei der Schnittholzproduktion und die Verdichtung bei der Spanplatte zu berücksichtigen. Das Derbholz wird in Stammholz und sonstiges Derbholz differenziert. Stammholz ist definiert als Rundholz, das im Sägewerk verarbeitet wird. Sonstiges Derbholz ist Derbholz, das in anderen Verwendungsbereichen eingesetzt wird, beispielsweise in Holzwerkstoffen. Die für die Produktion von Furnier und Sperrholz eingesetzten Holzmengen werden bei der Rückrechnung dem Stammholz zugerechnet. Im Jahr 2020 entfielen 75,3 % der verwendeten Holzrohwaren im Baubereich auf Derbholz. Andere primäre Rohstoffe wie Waldrestholz, Landschaftspflegematerial, Kurzumtriebsplantagen und Rinde weisen im Baubereich lediglich einen marginalen Anteil von 0,2 % auf. Selbst dieser geringe Anteil ist auf die geringen Rindenanteile in der Spanplatte zurückzuführen. Das Restholz weist Anteile von ca. zehn Prozent (9,8 %) auf. Der Anteil des Altholzes beläuft sich auf 0,3 Mio. m³_{swe} oder 1,2 % der eingesetzten Holzrohwaren. Im Rahmen der Erhebungen wurde lediglich der Anteil des Altholzes in Spanplatten berücksichtigt. Für den im Baubereich relevanten Anteil an Gebrauchtholz durch Wiederverwendung liegen derzeit keine Daten vor. Zu den sonstigen Materialien zählen jene, die in engem Zusammenhang oder im Verbund mit Holzprodukten stehen. Darunter fallen beispielsweise Zelloosedämmungen oder Metallteile, die im Endprodukt einen Raum einnehmen. Sie werden aus systematischen Gründen mit erfasst, aber nicht in die Berechnungen aufgenommen. Ihr Anteil am erfassten Volumen ist mit 13,5 % jedoch relevant.

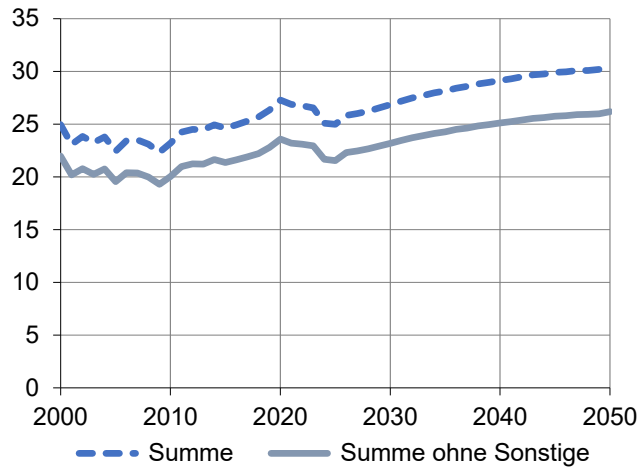
Derbholzsortimente

Wegen der großen Bedeutung des Derbholzes werden die Sortimente in den folgenden Grafiken näher dargestellt. Vom Derbholz entfielen 2020 auf Nadelstammholz 75,9 %. Sonstiges Nadelderbholz kam auf einen Anteil von 10,5 %. Nadelderbholz macht 86,3 % des eingesetzten Derbholzes aus. Auf Laubstammholz entfallen 13,1 % und sonstiges Laubderbholz 0,5 %.

Perspektive 2050

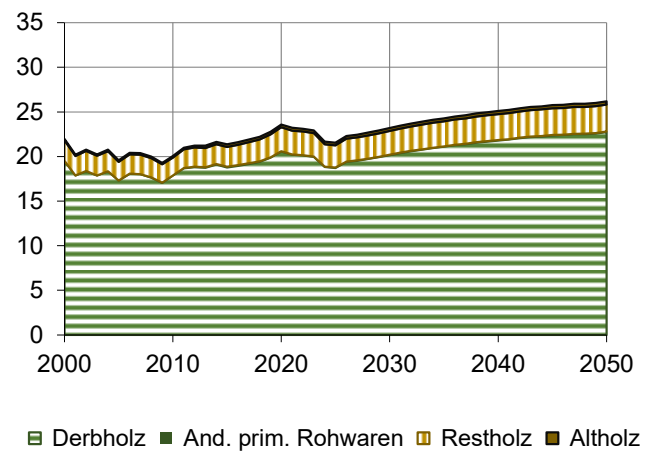
Da das Basisszenario keine strukturellen Veränderungen in der Materialzusammensetzung aufweist, sind geringfügige Verschiebungen auf die unterschiedlichen konjunkturellen Entwicklungen der verschiedenen Bausektoren zurückzuführen. Derbholz verzeichnet einen Rückgang des Rohwarenanteils um -0,5 %. Demgegenüber steht eine moderate Zunahme bei Sonstigen (+0,4 %) und Restholz (+0,2 %). Diese Entwicklung ist vermutlich auf die gegenläufigen Entwicklungen von Neubau und Modernisierung zurückzuführen. Die Untersuchung von Substitutionsmöglichkeiten erfolgt im Rahmen der Sensitivitätsanalysen.

Abbildung 4-16: Holzeinsatz im Baubereich insgesamt und ohne Sonstige in Mio. m³_{swe}



Quelle: Mantau (2025)

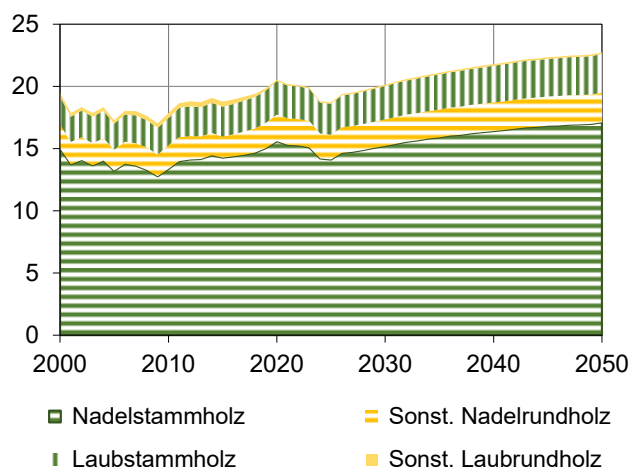
Abbildung 4-17: Holzeinsatz im Baubereich nach Rohwarengruppen in Mio. m³_{swe} (kumuliert)



Quelle: Mantau (2025)

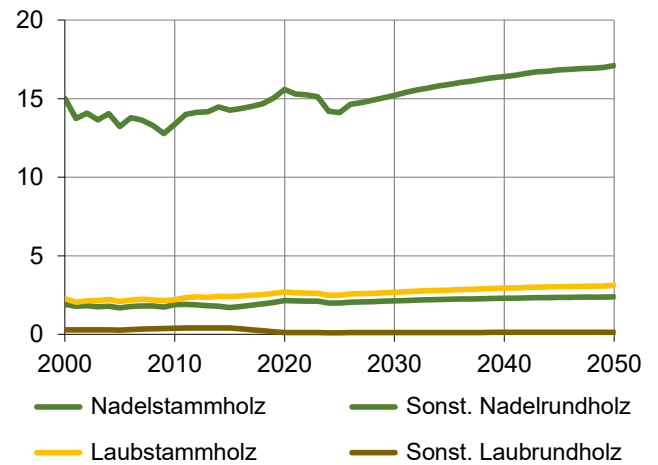
Abbildung 4-18: Holzeinsatz im Baubereich nach Rundholzarten in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Quelle: Mantau (2025)

Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau (2025)

4.1.5 Bau – Holzbauszenario (HBS)

Annahmen der Entwicklung der Holzbauquote

Die Einordnung eines Gebäudes als Holzbau erfolgt anhand des primär verwendeten Baustoffes in der Konstruktion. Für Eigenheime wurde darüber hinaus eine Unterscheidung zwischen Fertigteilebau und sonstigem Holzbau vorgenommen, da letztere auch den Massivbau mit deutlich höheren Holzeinsatzmengen umfassen. Die Basis des prozentualen Anteils ist der fertiggestellte umbaute Raum. Es sei darauf hingewiesen, dass sich dieser deutlich von der häufig verwendeten Angabe der Anzahl genehmigter Gebäude unterscheiden kann.

Die Tabelle 4-3 präsentiert die Marktanteile des Holzbaus und anderer Baustoffe im Jahr 2023 in der ersten Datenspalte und die um 25 % erhöhte Holzbauquote in der zweiten Spalte. Die dritte Spalte weist einen gerundeten Wert aus, der in der Regel etwas über dem rechnerischen Wert von 25 % liegt, um auch für kleinere Segmente relevante Veränderungen darstellen zu können. Dieser Wert wurde für die Berechnungen im Holzbauszenario unterstellt und erreicht im Durchschnitt 31,9 %. Die Holzbauquote unterliegt einer linearen Steigerung vom Wert des Jahres 2023 bis zum Zielwert im Jahr 2050. Die vierte Spalte veranschaulicht die relative Veränderung der angenommenen Holzbauquote innerhalb des Zeitraums von 2023 bis 2050. Die fünfte Spalte illustriert die absolute prozentuale Veränderung zwischen den Jahren 2023 und 2050.

Der Holzbau verzeichnete in den vergangenen Jahren eine Zunahme der Marktanteile. In einem expandierenden Markt sind solche Zuwächse leichter zu realisieren als in einem angespannten oder schrumpfenden Markt, wo der Wettbewerb um die Nachfrager zunimmt. Aus diesem Grund ist die Fortführung der bisherigen Zuwachsraten als nicht realistisch zu betrachten.

Tabelle 4-3: Herleitung eines Entwicklungsszenario der Holzbauquote am fertiggestellten umbauten Raum und absolute prozentuale Veränderung

Gebäudeart	Bauweise	Basis 2023		Ziel und Veränderung			Veränderung des Marktanteils	
		2023	2050	2050	Änderung zu 23			
Umbauter Raum in %		Istwert	25%	Ziel	in %	% abs.		-10-8-6-4-20246810
Eigenheime	EGH HFT	19,1	23,9	25,0	30,8	5,9	EGH HFT	5,9
	EGH SON	3,3	4,2	5,0	49,4	1,7	EGH SON	1,7
	EGH	EGH ABS	77,5	71,9	70,0	-9,7	-7,5	EGH ABS
Mehrfamilienhäuser	MFH HOL	2,8	3,5	4,0	43,5	1,2	MFH HOL	1,2
	MFH	MFH ABS	97,2	96,5	96,0	-1,2	-1,2	MFH ABS
Wohnähnliche BG	WBG HOL	6,6	8,3	8,0	21,0	1,4	WBG HOL	1,4
	WBG	WBG ABS	93,4	91,7	92,0	-1,5	-1,4	WBG ABS
Industrielle BG	IBG HOL	4,4	5,5	6,0	35,8	1,6	IBG HOL	1,6
	IBG	IBG ABS	95,6	94,5	94,0	-1,7	-1,6	IBG ABS
Landwirtschaftliche	LBG HOL	22,8	28,5	30,0	31,3	7,2	LBG HOL	7,2
	LBG	LBG ABS	77,2	71,5	70,0	-9,3	-7,2	LBG ABS

Abkürzungen: HOL = Holz; ABS = Andere Baustoffe; HFT = Holzfertigteilebau; SON = Sonstiger Holzbau;

Quelle: Mantau (2025)

Abbildung 4-19: Veränderung der Quoten der Bauweisen in % des umbauten Raumes im Holzbauszenario

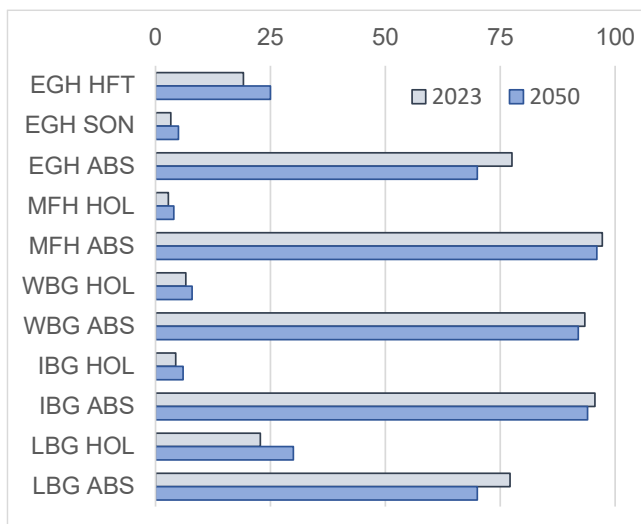
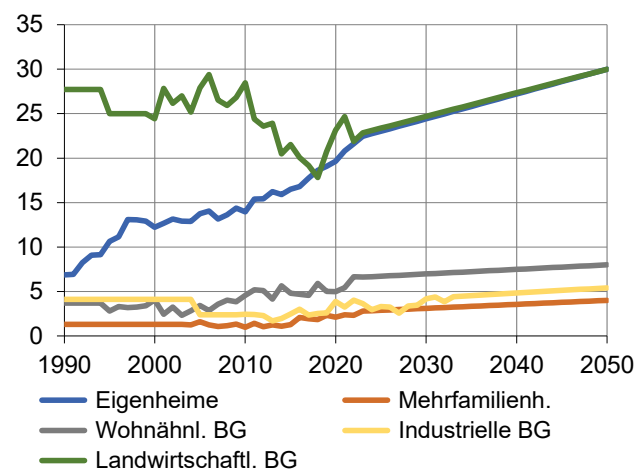


Abbildung 4-20 Holzbauquote in % des umbauten Raumes und Fortschreibung im Holzbauszenario



EGH = Eigenheime; MFH = Mehrfamilienhäuser; WBG – IBG – LBG = wohnähnliche, industrielle und landwirtschaftl. Betriebsgebäude; HFT = Holzfertigteilebauweise; SON = Sonstige Holzbauweise; ABS = Andere Baustoffe; HOL = Holzbauweise; Quelle: Mantau (2025)

Zum Verständnis der relativen Zuwachsraten

Eine Steigerung der Holzbauquote am fertiggestellten umbauten Raum um 25 % auf den Ausgangswert bezieht sich auf Eigenheime mit einem Marktanteil von 22,4 % und Mehrfamilienhäuser mit einem Marktanteil von 2,8 %. Demnach läge der Marktanteil der Eigenheime bei 28,1 % und der Mehrfamilienhäuser bei 3,5 %. In aufgerundeter Form beläuft sich der unterstellte Wert für Eigenheime auf 30,0 % und für Mehrfamilienhäuser auf 4,0 %. Gemäß diesem Szenario würde sich der Marktanteil am fertiggestellten umbauten Raum von Eigenheimen jährlich um 0,3 Prozent erhöhen.

Zuwachs der Holzverwendung und Substitutionseffekt

Der Tabelle 4-3 ist zu entnehmen, dass den Marktanteilsgewinnen des Holzbaus Marktanteilsverluste anderer Baustoffe gegenüberstehen. Da diese ebenfalls Holzprodukte beinhalten, ergibt sich die zusätzliche Holzentnahme aus dem Nettoeffekt der zusätzlichen Holzverwendung im Holzbau abzüglich der Holzverwendung in Gebäuden, deren Konstruktion überwiegend aus anderen Baustoffen besteht.

Die als Ausgangswert der Veränderung angenommene Steigerung der Holzbauquote von 25,0 % wird durch die Aufrundungen auf 31,9 % erhöht. In der Konsequenz resultiert dies in einer erhöhten Holzverwendung im Holzbau (Bruttowert) im Jahr 2050 in Höhe von 782.000 m³_{hwe}. Die kumulierte Menge zwischen 2023 und 2050 entspricht 10,9 Mio. m³_{hwe}. Im jährlichen Durchschnitt entspricht das einer zusätzlichen Menge von 419.000 m³_{hwe}.

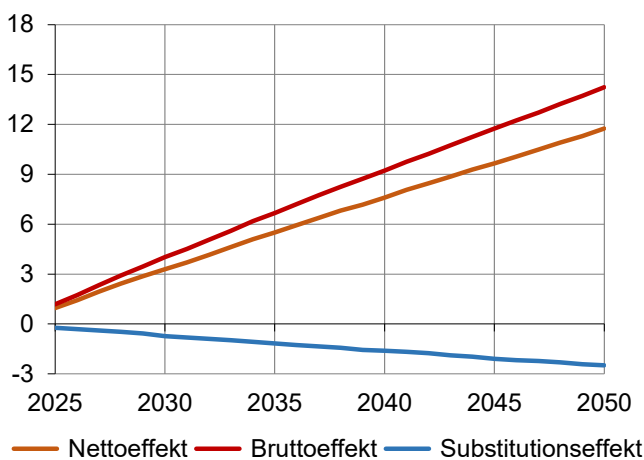
Der Substitutionseffekt beträgt im Jahr 2050 137.000 m³_{hwe} oder 17,5 %. Im Mittel des gesamten Zeitraums weicht er mit 17,6 % etwas ab. In der kumulierten Menge zwischen 2023 und 2050 entspricht das 1,9 Mio. m³_{hwe}. Damit betrug der Nettoeffekt im Jahr 2050 646.000 m³_{hwe} oder im kumulierten Zeitraum 9,0 Mio. m³_{hwe}. Im

jährlichen Durchschnitt entspricht das einer zusätzlichen Menge von 333.000 m³_{pwe}.

Jährliche Veränderungen

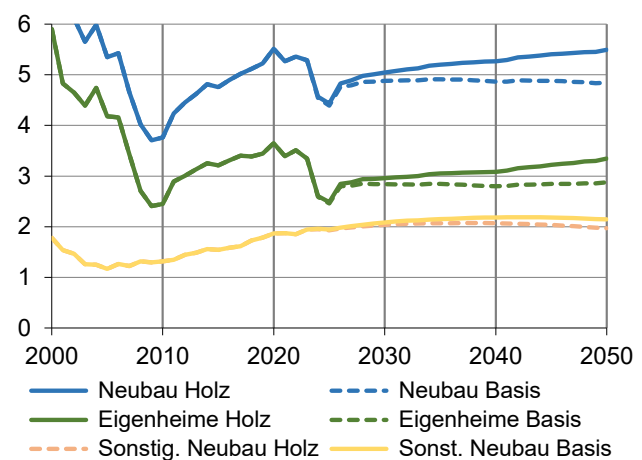
Die folgenden Grafiken verdeutlichen in prozentualen und absoluten Werten die Auswirkungen der angenommenen Entwicklung der Holzbauquote. Die prozentualen Werte basieren auf der Holzverwendung im Neubau. Diese Vorgehensweise ist sachgerecht, da sich die Veränderungen der Holzbauquoten lediglich auf neu errichtete Gebäude beziehen. Im Jahr 2050 entfallen 29,2 % der Holzverwendung auf den Neubau. 70,8 % entfallen auf Modernisierungen und Tiefbau. Das ist eine Erklärung dafür, dass eine Erhöhung der Holzbauquote nicht in gleichem Umfang zu einer Erhöhung der Holzverwendung im Bauwesen führt.

Abbildung 4-21: Zusätzlicher Holzeinsatz in % des Holzeinsatzes im Neubau insgesamt



Quelle: Mantau (2025)

Abbildung 4-22: Holzeinsatz mit und ohne erhöhter Holzbauquote in Mio. m³_{pwe}



Quelle: Mantau (2025)

Holzbauszenario als Basisszenario

Angesichts der begrenzten Mengeneffekte, die eine erhöhte Holzbauquote auslöst, bleiben auch die Effekte in den anschließenden Berechnungen der Waldwachstumsmodellierung und der Berechnung der Treibhausgaseneffekte begrenzt. Somit erfolgt die Weitergabe der Daten nur über einen einzigen Datensatz. Der enthält im Baubereich das Holzbauszenario und in allen anderen Bereichen das Basisszenario.

Mengeneffekte erhöhter Holzbauquoten

Die Tabelle 4-4 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen. In der ersten Dekade ist mit einer schwachen konjunkturellen Entwicklung zu rechnen. Die Holzverwendung insgesamt ist das Ergebnis aus der höheren Holzbauquote und der unterliegenden konjunkturellen Entwicklung. Ein Rückgang der Holzverwendung durch konjunkturelle Effekte mindert den Effekt der erhöhten Holzbauquote durch ein geringeres Wachstum insgesamt.

Insgesamt steigt die Verwendung von Holzhalbwaren zwischen 2020 und 2050 von 16,0 Mio. m³_{hwe} auf 18,4 Mio. m³_{hwe} um +14,5 %. Der Vergleich der Veränderungsrate gibt Aufschluss über das Zusammenwirken von Holzprodukten und Gebäudearten. Weil in Holzbauten auch eher Holzdämmstoffe eingesetzt werden, steigt die

Menge der verwendeten Dämmstoffplatten stärker (+6,2 %) als die übrigen Holzhalbwaren. Sperrholz legt im konjunkturellen Vergleich aufgrund der Entwicklung im Tiefbau deutlich zu. Zwischen den Szenarien ergibt sich aber kaum ein Unterschied, weil Sperrholz im Neubau keine bedeutende Rolle spielt. Insgesamt entfallen 2050 mehr als die Hälfte der im Baubereich eingesetzten Halbwaren auf Nadelschnittholz (55,6 %).

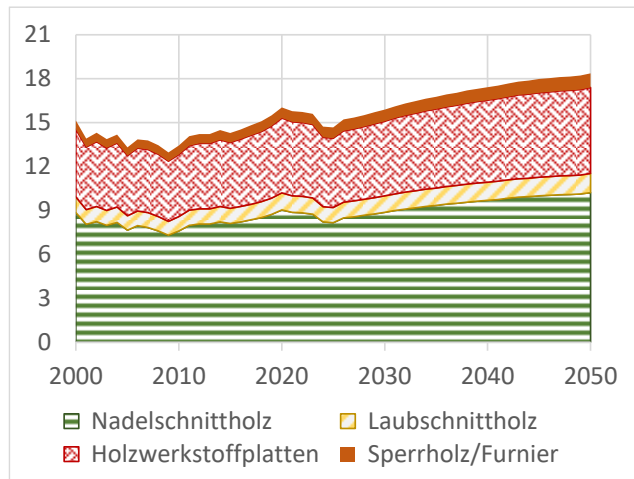
Tabelle 4-4: Ergebnisse des Holzbauszenarios für Holzhalbwaren in Mio. m³_{hwe}

in Mio. m ³ _{hwe}	Holzbauszenario (HBS)				Veränderungen in %	
Eingesetzte Holzhalbwaren	2020	2030	2040	2050	2050 zu 2020	Anteile 2050
	Mio. m ³ _{hwe}					
Nadelschnittholz	9,037	8,869	9,688	10,213	13,0	55,6
Laubschnittholz	1,154	1,126	1,240	1,305	13,1	7,1
Holzwerkstoffplatten	2,601	2,622	2,870	3,006	15,6	16,4
Dämmstoffplatten	2,508	2,479	2,730	2,881	14,9	15,7
Furnier / Sperrholz	0,739	0,798	0,888	0,965	30,6	5,3
Insgesamt	16,039	15,894	17,416	18,370	14,5	100,0

Quelle: Mantau (2025)

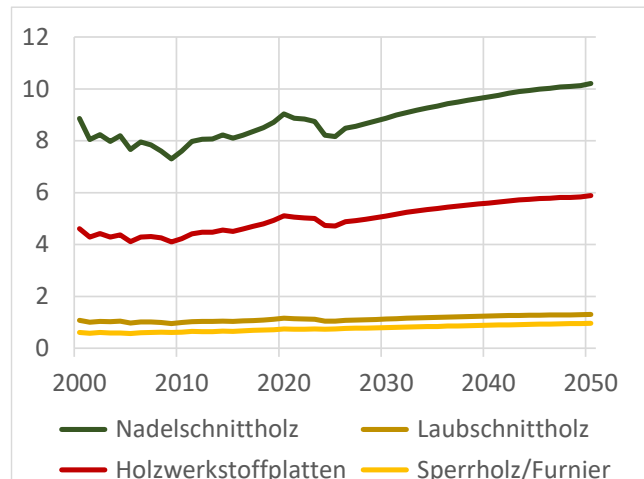
Abbildung 4-23: Holzeinsatz im Baubereich nach Halbwarengruppen in Mio. m³_{hwe}

Entwicklungen, kumuliert



Quelle: Mantau (2025)

Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau (2025)

Mengeneffekte bei Rohwaren

Die verwendete Menge an Holzrohwaren steigt von 23,6 Mio. m³_{swe} im Jahr 2020 um 3,5 Mio. m³_{swe} auf 27,1 Mio. m³_{swe} im Jahr 2050. Der Zuwachs beträgt 14,7 %. Er ergibt sich aus der konjunkturellen Entwicklung im Neubau, in der Modernisierung und im Tiefbau. Im Neubau wirkt zusätzlich der Erhöhung der Holzbauquote.

Die Veränderungen bei den Rohwaren beziehen sich in dieser Darstellung nicht allein auf den Neubau, sondern auf die Entwicklung des Baubereichs insgesamt. Die geringeren relativen Veränderungen zwischen den Szenarien bei sonstigen primären Rohwaren (Input Spanplatte) und bei Laubderbholz ergeben sich aus deren größerem

Einsatzanteil in der Modernisierung, der von der Veränderung der Holzbauquote nicht betroffen ist.

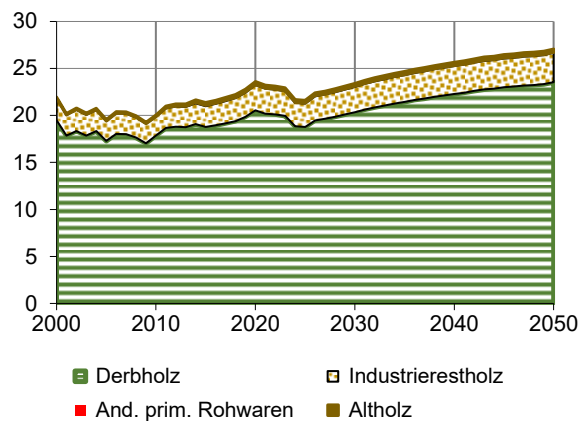
Tabelle 4-5: Ergebnisse des Holzbauszenarios für Rohwaren

Eingesetzte	Holzbauszenario				Veränderungen in %		Anteile
	2020	2030	2040	2050	50 zu 20	50 zu 20	
Holzrohwaren	in Mio. m ³ _{swe}				in %	in Mio. m ³ _{swe}	2050
Stammholz	18,286	18,081	19,799	20,926	14,4	2,640	77,3
Sonstiges Derbholz	2,262	2,270	2,484	2,611	15,4	0,349	9,6
<i>Derbholz, Nadel</i>	17,742	17,536	19,175	20,239	14,1	2,497	74,8
<i>Derbholz, Laub</i>	2,806	2,815	3,108	3,297	17,5	0,491	12,2
Sonst. Prim. Rohwaren	0,044	0,044	0,049	0,051	16,2	0,007	0,2
Industrielles Restholz	2,677	2,685	2,967	3,116	16,4	0,439	11,5
Recyceltes Altholz	0,325	0,326	0,350	0,363	11,7	0,038	1,3
Insgesamt	23,594	23,405	25,649	27,066	14,7	3,472	100,0

(HPS = Holzbauszenario; BAS = Basisszenario) Quelle: Mantau 2025

Abbildung 4-24: Holzverwareneinsatz nach Rohwarengruppen in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend

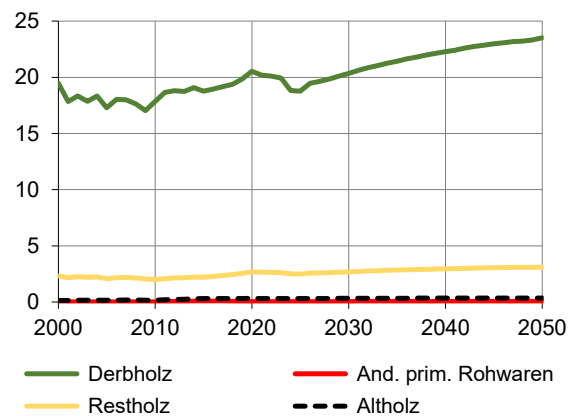
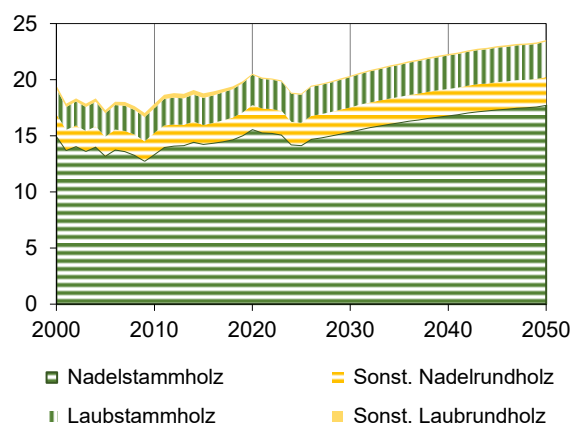
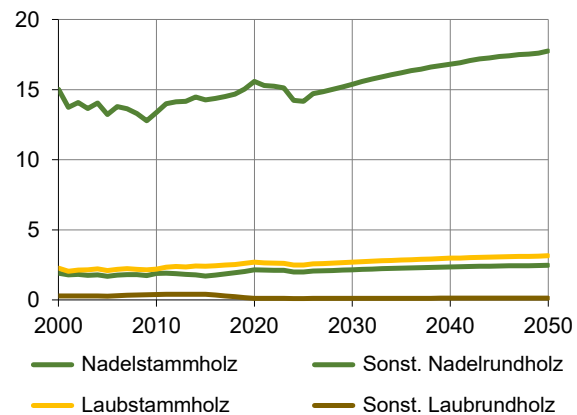


Abbildung 4-25: Derbholzeinsatz im Holzbauszenario nach Rundholzarten in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau (2025)

Quelle: Mantau (2025)

4.2 Möbel

Definitionen

Datengrundlagen

Die Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes weist im Güterverzeichnis (GP) in der Abteilung 31 Möbelstücke nach verschiedenen Gruppen aus. Neben der Abteilung 31 (Möbel) werden weitere GP-Nummern möbelähnlicher Produkte ergänzt, die Holz enthalten können. Im Zeitraum Juni 2019 bis Juli 2021 erfolgte die Erfassung von 1.002 Möbelstücken, die anschließend den entsprechenden Möbelgruppen zugeordnet wurden. Frühere Güterverzeichnisse (GP 2002 und GP 2009) wurden der Produktionsstatistik GP 2019 zugeordnet. Eine ausführliche Darstellung der Methodik findet sich in der Möbelstudie (Mantau/Blanke/Döring (2018)).

Materialien

Die verwendete Erfassungsmaske umfasst eine Vielzahl von Materialien, die im Rahmen der Holzmöbelproduktion zum Einsatz kommen. Eine Zuordnung dieser Materialien zu den Hauptgruppen Massivholz, Holzwerkstoffe und sonstige Materialien lässt sich vornehmen. Die nachfolgende Tabelle präsentiert die dokumentierten Stückzahlen an Möbelstücken gemäß der Produktionsstatistik des Jahres 2022. Es folgen die Durchschnittswerte des Holzeinsatzes pro erfasstes Möbelstück. Aus den so ermittelten Werten lässt sich das Gesamtgewicht der produzierten Möbel im Jahr 2022 berechnen.

Tabelle 4-6: Hochgerechneter Holzeinsatz nach Möbelgruppen

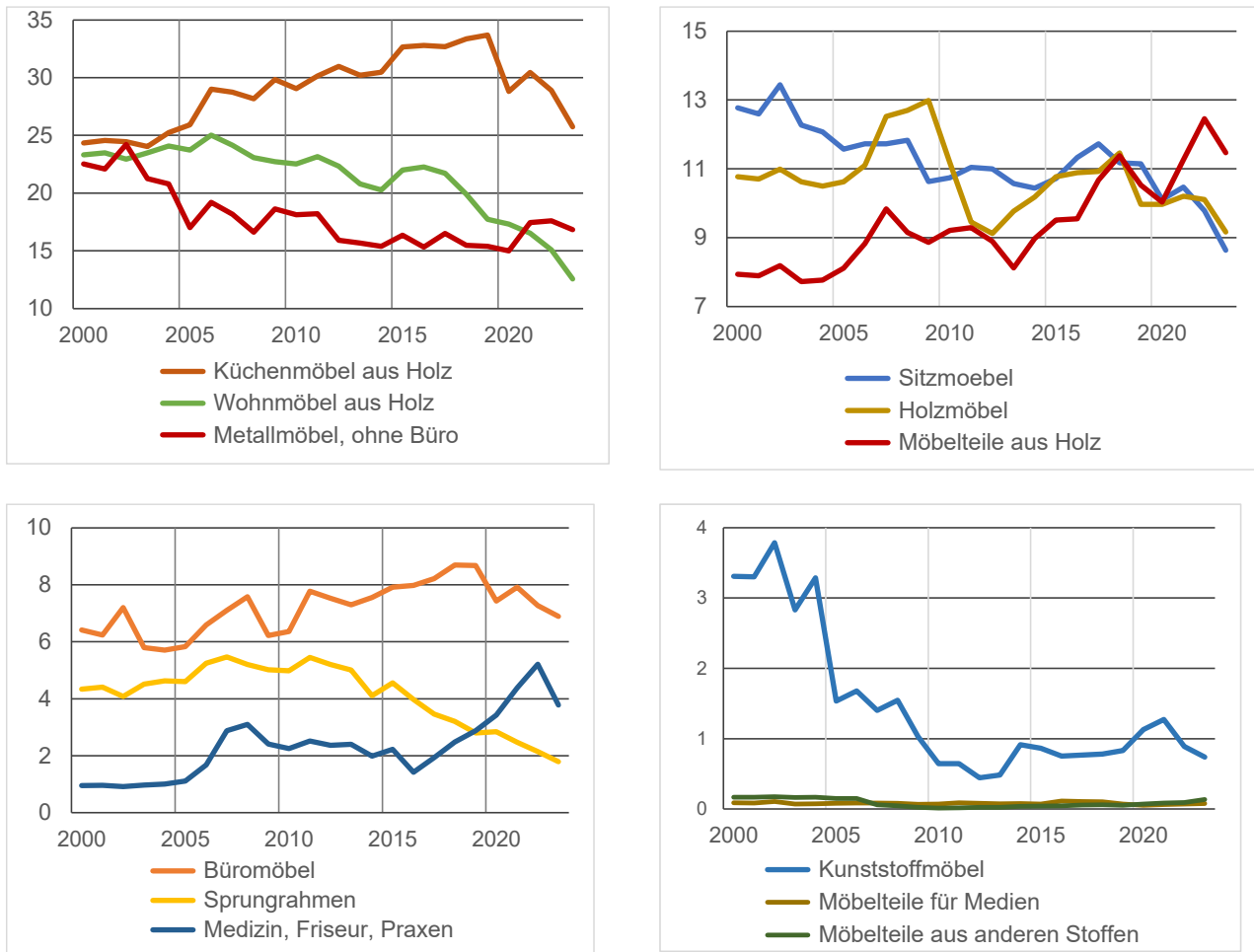
2022	Möbel Holzgewicht pro Möbelstück				Holzgewicht der Produktion		
	Stück	Holz	Massiv	HWS	Holz	Massiv	HWS
Möbelgruppe	in Mio.	kg/Stck	kg/Stck	kg/Stck	1.000 t	1.000 t	1.000 t
Sitzmöbel	9,787	11,5	6,5	5,0	112	63	49
Büromöbel	7,266	61,8	22,0	39,8	449	160	289
Küchenmöbel aus Holz	28,892	43,4	7,7	35,7	1.254	221	1.033
Sprungrahmen	2,142	18,5	6,4	12,2	40	14	26
Metallmöbel, ohne Büro	17,590	18,0	8,2	9,8	317	144	173
Wohnmöbel aus Holz	15,074	94,1	34,2	59,9	1.418	516	902
Holzmöbel	10,111	27,0	14,0	13,0	273	141	132
Möbelteile aus Holz	12,456	26,9	24,4	2,5	335	304	31
Kunststoffmöbel	0,891	14,7	0,8	13,8	13	1	12
Möbelteile für Medien	0,070	39,6	0,1	39,5	3	0	3
Medizin, Friseur, Praxen	5,213	50,6	0,0	50,6	264	0	264
Möbelteile and. Stoffe	0,092	27,1	21,3	5,8	2	2	1
Insgesamt	109,584	40,9	14,3	26,6	4.480	1.566	2.914

Abkürzungen: HOLZ = Holzgewicht der Möbelstücke; Massiv = Massivholzeinsatz; HWS-Einsatz von Holzwerkstoffen

Quelle: Mantau/Hiller/Giesecking/Blanke (2022)

Grundlage der Entwicklung

Die Entwicklung der Möbelgruppen wird im Folgenden für den Zeitraum von 2000 bis 2023 dargestellt. Seit dem Jahr 2020 ist die Produktion der meisten Möbelgruppen rückläufig. Die Analyse der Trendentwicklungen ergibt deutliche Unterschiede nach Segmenten. Allerdings schlägt im Berichtsjahr 2023 die Konjunkturschwäche auf alle Bereiche durch.

Abbildung 4-26: Entwicklung ausgewählter Möbelsortimente nach Anzahl (in Mio. Stück)


Quelle: Statistisches Bundesamt bis 2022 (Produktionsstatistik) und eigene Berechnungen

Kennziffern der Holzverwendung

Die folgende Tabelle weist die Gewichtsanteile der Holzmaterialien nach Möbelgruppen für das Jahr 2022 aus. Die Basis ist das Halbwarenäquivalent (m^3_{hwe}). Die beiden bedeutendsten Gruppen Wohnmöbel aus Holz (32,4 %) und Küchenmöbel aus Holz (29,7 %) machen fast zwei Drittel des Gesamtgewichtes aus. Im zweiten Teil der Tabelle sind die Anteile von Massivholz und Holzwerkstoffen ausgewiesen. Bei Küchenmöbeln aus Holz beträgt der Anteil an Massivholz 14,9 %, während Holzwerkstoffe einen Anteil von 85,1 % ausmachen. Bei Wohnmöbeln hingegen entfällt auf Massivholz etwa ein Drittel (32,2 %), während zwei Drittel (67,8 %) auf Holzwerkstoffe entfallen.

Tabelle 4-7: Holzanteile der Möbelgruppen und Anteile der Sortimente

2022	Möbel	Holzanteil an Möbelgruppen			Anteil der Holzsortimente		
	Anzahl	Holz	Massiv	HWS	Holz	Massiv	HWS
Möbelgruppe	in %	in %	in %	in %	in %	in %	in %
Sitzmöbel	8,9	2,4	4,1	1,6	100,0	52,1	47,9
Büromöbel	6,6	9,6	10,1	9,4	100,0	31,8	68,2
Küchenmöbel aus Holz	26,4	29,7	14,6	36,3	100,0	14,9	85,1
Sprungrahmen	2,0	0,9	1,0	0,9	100,0	31,6	68,4
Metallmöbel, ohne Büro	16,1	6,8	9,0	5,8	100,0	40,1	59,9
Wohnmöbel aus Holz	13,8	32,4	34,2	31,6	100,0	31,9	68,1
Holzmöbel	9,2	5,7	8,8	4,4	100,0	46,4	53,6
Möbelteile aus Holz	11,4	6,2	18,1	1,0	100,0	88,2	11,8
Kunststoffmöbel	0,8	0,3	0,0	0,4	100,0	4,9	95,1
Möbelteile für Medien	0,1	0,1	0,0	0,1	100,0	0,2	99,8
Medizin, Friseur, Praxen	4,8	5,9	0,0	8,5	100,0	0,0	100,0
Möbelteile and. Stoffe	0,1	0,1	0,1	0,0	100,0	75,8	24,2
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	30,2	69,8

Massiv = Massivholz; HWS = Holzwerkstoffe; Holz = Summe.

Quelle: Mantau/Hiller/Giesecking/Blanke (2022)

Grundlagen der Szenarien Die Statistik gibt Aufschluss über die Produktion und den Außenhandel von Möbeln in Kilogramm. Im Jahr 2023 belief sich die Produktion auf 4,4 Mio. Kilogramm, wovon 23,8 % auf Massivhölzer und 76,2 % auf Holzwerkstoffe entfielen.

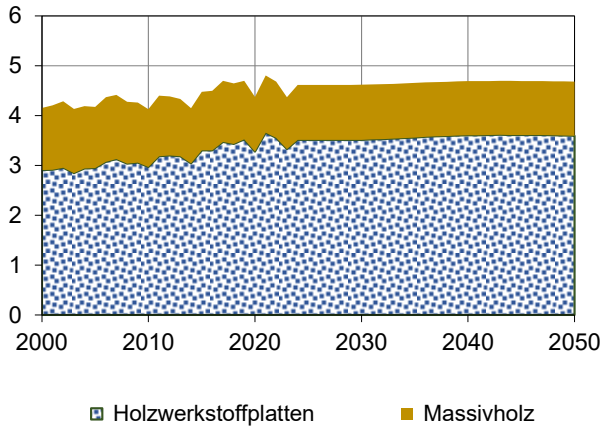
Das Szenario orientiert sich in erster Linie an demografischen Entwicklungen. In diesem Zusammenhang wird zwischen dem Einfluss der Entwicklung von Ein-, Zwei- und Drei-Personen-Haushalten differenziert. Zusätzlich wurde die Anteilsentwicklung des privaten Verbrauchs am BIP in die Schätzung integriert. Die Entwicklung der Verteilung auf Massivholz und Holzwerkstoffe erfolgte als univariate Schätzung in Bezug auf die Verbrauchsentwicklung. Die Importe folgen der Verbrauchsentwicklung sowie der Anteilsentwicklung der volkswirtschaftlichen Importe am BIP. Die Exporte werden ebenfalls von der Gesamtentwicklung beeinflusst und unterliegen einer negativen Beeinflussung durch die Entwicklung der Importe.

Ergebnisse

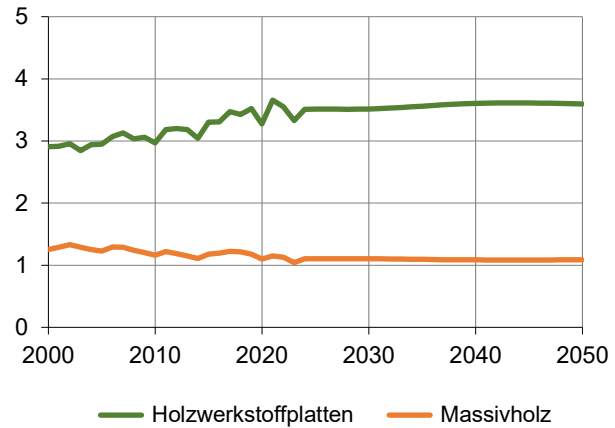
Die analysierten Szenarien zeigen eine weitgehend stabile Entwicklung des Möbelmarktes. Dieser wird bis 2040 von demografischen Entwicklungen leicht gestützt, was auf den signifikanten Anstieg der Ein-Personen-Haushalte zurückzuführen ist. Ab dem Jahr 2040 lässt sich eine Abschwächung dieses Anstiegs beobachten, was zur Folge hat, dass die rückläufige Entwicklung der übrigen Haushaltsgruppen stärker durchschlägt. Nach dem konjunkturellen Rückschlag im Jahr 2023 stagniert die Produktion bei ca. 4,7 Mio. kg. Der Anteil des Massivholzes wird bis zum Jahr 2050 geringfügig auf 23,2 % zurückgehen.

Abbildung 4-27: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Halbwarengruppen in Mio. kg

Entwicklungen, kumuliert



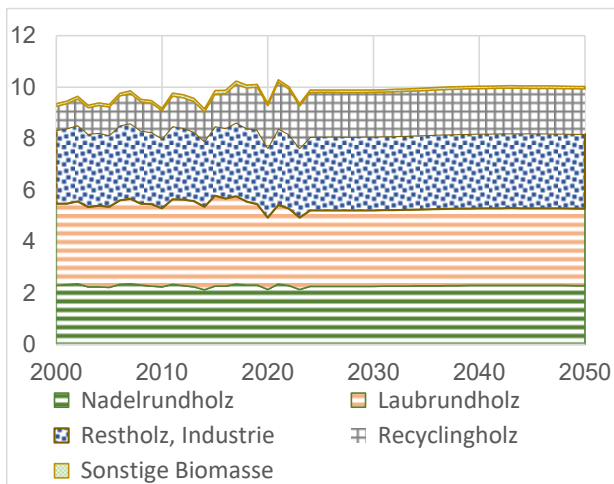
Entwicklungen, vergleichend



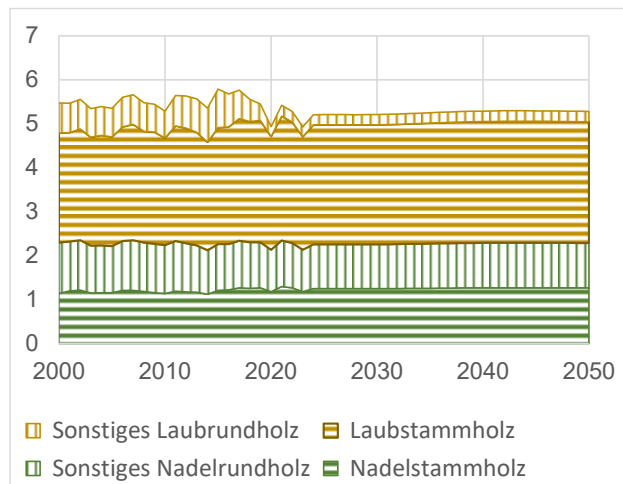
Quelle: Mantau/Hiller/Giesecking/Blanke (2022)

Abbildung 4-28: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Holzrohwaren in Mio. m³_{swe}

Holzrohwaren, kumulativ



Rundholz, kumulativ



Quelle: Mantau/Hiller/Giesecking/Blanke (2022)

Holzverwendung nach Rohwarenwarten

Auf der Grundlage der eingesetzten Holzhalbwaren wird über Dichte- und Ausbeutekennziffern die Menge des Rohwareneinsatzes in Festmeteräquivalenten ermittelt. Danach belief sich die Verwendung von Holzrohwaren im Möbelsektor sich auf 9,4 Mio. m³_{swe}. Bis zum Jahr 2050 steigt der Wert der verwendeten Rohwaren auf 10,0 Mio. m³_{swe} an. Durch Umrechnung und auch weil Holzwerkstoffe sonstiges Derbholz enthalten, lag der Derbholzanteil 2020 bei 52,7 %. Er bleibt bis 2050 konstant. Die Tabelle 4-8 gibt die eingesetzten Mengen der Rohwarengruppen an.

Tabelle 4-8: Szenario der Holzverwendung im Möbelbereich nach Holzrohwaren in Mio. m³_{swe}

m ³ (swe)	Derbholz		And. primäre Biom		Restholz		Recycling-holz		Summe	
	in Mio.	in %	in Mio.	in %	in Mio.	in %	in Mio.	in %	in Mio.	in %
2020	4,931	52,7	0,091	1,0	2,712	29,0	1,630	17,4	9,364	100,0
2030	5,209	52,7	0,096	1,0	2,865	29,0	1,722	17,4	9,892	100,0
2040	5,287	52,7	0,097	1,0	2,908	29,0	1,748	17,4	10,040	100,0
2050	5,280	53,4	0,097	1,0	2,756	27,9	1,746	17,7	9,879	100,0

Quelle: Mantau (2025)

4.3 Holzverpackungen

Definition

Statistische Klassifikation

Die Produktionsdaten basieren auf den Jahresdaten der vierteljährlichen Produktionserhebungen des Güterverzeichnis für 9-Steller und decken die folgenden Produkte ab. Grundlage war die GP 2002-2008 (Gruppe 20), die GP09 2009 bis 2018 (Gruppe 16 und die GP19 20019.2023 (Gruppe 16) für die Produkte:

GP19-162411330 / Flachpaletten, Palettenaufsatzwände (Stck)

GP19-162411350 / Boxpaletten u.a. Ladungsträger (Stck)

GP19-162412000 / Fässer, Tröge, Bottiche, Kübel u. a. Böttcherwaren (m³, keine Daten)

GP19-162413201 / Kisten, Verschlüge, Trommeln u. ä., aus Sperrholz (m³)

GP19-162413209 / Kisten, Kistchen, Verschlüge, Trommeln a. and. Holz (m³)

GP9-162413500 / Kabeltrommeln aus Holz (m³)

Die Außenhandelsstatistik hat ähnliche Positionen, aber berichtet nur Flachpaletten sowie Palettenaufsatzwände (Stück).

Holzeinsatz

Analysen entsprechend der Möbelstudie zum Holzeinsatz im Verpackungsbereich stehen noch aus. Erste Hinweise auf die eingesetzten Holzmengen geben Abschlussarbeiten aus dem Arbeitsbereich „Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft“ des Zentrums Holzwirtschaft.

Tabelle 4-9: Holzeinsatz in Verpackungsprodukten m³_{pwe} / Stck

Produkt	m ³ _{pwe} / Stck	Produkt	m ³ _{pwe} / Stck
Europalette	0,0452	Kiste Vollholz	1,847
EPAL Industriepalette	0,0502	Kiste Sperrholz	1,259
EPAL Industriepalette 3	0,0579	Kiste OSB	1,259
		Verschlag	1,415
Mittel	0,0511	Mittel	1,445

Quelle: Erhebungen aus dem Arbeitsbereich „Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft“ U. Mantau (Peters (2015), M J; Konsemüller 2016))

Datenproblematik

Die Erhebung der Holzverwendung einzelner Produkte deckt sich nicht mit der Systematik der Produktgruppen der Produktionsstatistik. In der Konsequenz wurden Mittelwerte für Paletten (0,0511 m³_{pwe} / Stück) und für die übrigen Produkte (1,4451 m³_{pwe} Holz / Stück)

ermittelt. Aufgrund der divergierenden Methodik bei den Berechnungen und der unsicheren Datenlage wurden die Resultate dieser Berechnung und der vergleichbaren Jahre 2009-2015 aus WEHAM kalibriert. In der Folge wurde eine Reduktion der Ergebnisse der Kalkulation pro Stück mit dem Faktor 0,712 beobachtet, wodurch die Kontinuität zu bisherigen Arbeiten gewahrt wurde. Die Identifizierung und Quantifizierung der bestehenden Unsicherheiten kann demnach ausschließlich durch die Durchführung vergleichbarer Erhebungen, wie sie in der Möbelstudie vorgenommen wurden, erfolgen.

Struktur

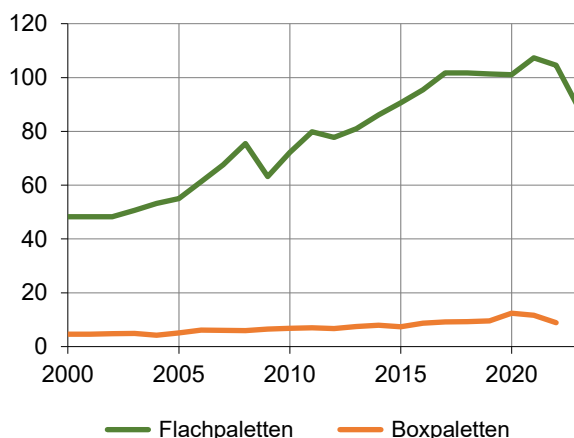
Im Jahr 2020 wurde eine Gesamtmenge von 113 Millionen Verpackungsprodukten produziert. Von diesen entfielen 101 Mio. Stück auf Flachpaletten. Die Flachpalette stellt somit das bedeutendste Produkt des Verpackungssektors hinsichtlich der Holzverwendung dar. In Kombination mit Boxpaletten entfallen schätzungsweise 80 % der Holzverwendung auf Paletten, während der verbleibende Anteil von 20 % auf Kisten und Kabeltrommeln entfällt.

Entwicklung

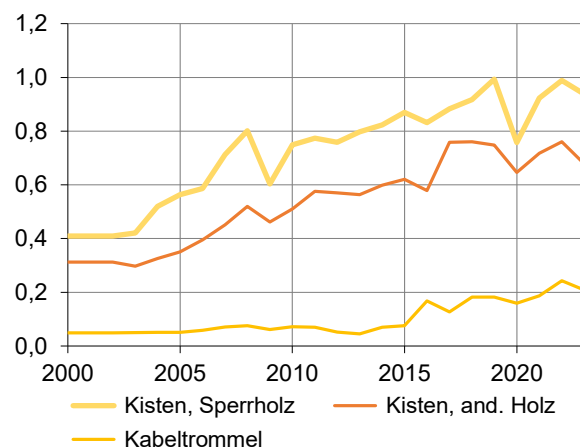
Im Zeitraum von 2000 bis 2020 verzeichnete die Branche im Zuge der Globalisierung einen kontinuierlichen Aufschwung, der von konjunkturellen Schwankungen geprägt war. Ab dem Jahr 2017 manifestierte sich eine Tendenz zur Stagnation, die schließlich zum Ende der verfügbaren Daten im Jahr 2023 einen signifikanten Einbruch aufwies.

Abbildung 4-29: Entwicklung der Produkte des Verpackungsmarktes in Mio. Stck.

Paletten



Kisten und Kabeltrommeln



Quelle: Statistisches Bundesamt

Szenario

Datengrundlagen

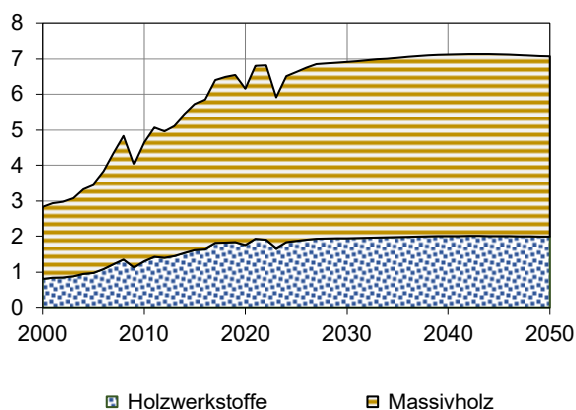
Die jüngsten Entwicklungen am aktuellen Rand unterstreichen das bereits erörterte Problem des Startjahres erneut. Selbst bei einem Abschwung, der bis 2025 anhält, bleibt das modelltheoretische Problem bestehen. Es wurde jedoch in Übereinstimmung mit den Vorgehensweisen bei allen Berechnungen so verfahren. Als Startjahr wurde der Fünf-Jahres-Durchschnitt 2019-2023 gewählt und anschließend über die Veränderungsraten der Schätzung fortgeschrieben.

Entwicklung und Szenario Die vorliegende Studie umfasst die bis zum Jahr 2023 gemeldeten Daten. Der für das Jahr 2024 prognostizierte "Aufschwung" ist rechnerisch begründet. Der Startwert des Szenarios ist demnach nicht als Prognose für das Jahr 2024 zu verstehen, sondern vielmehr als Ausgangswert der Szenarien bis zum Jahr 2050. Die Szenarien weisen im Vergleich zur Periode 2000 bis 2020 kaum noch Wachstum aus. Die Mengenentwicklung in der Szenarioperiode übertrifft das Ausgangsniveau nur noch geringfügig.

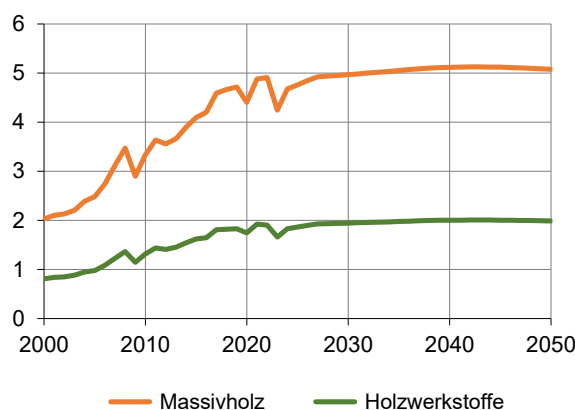
Halbwareneinsatz Der Einsatz der Holzhalbwaren betrug im Mittel der Jahre 2019 bis 2023 ca., 6,5 Mio. m^3_{hwe} . Davon entfielen 1,8 Mio. m^3_{hwe} oder 28,1 % auf Holzwerkstoffe und entsprechend 4,6 Mio. m^3_{hwe} oder 71,9 % auf Massivholz. Der Anteil der Spanplatten an den Holzwerkstoffen betrug 85,8 %. Mit 99,1 % war die Dominanz des Nadelholzes beim Massivholz sehr deutlich.

Abbildung 4-30: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Halbwarengruppen in Mio. m^3_{hwe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



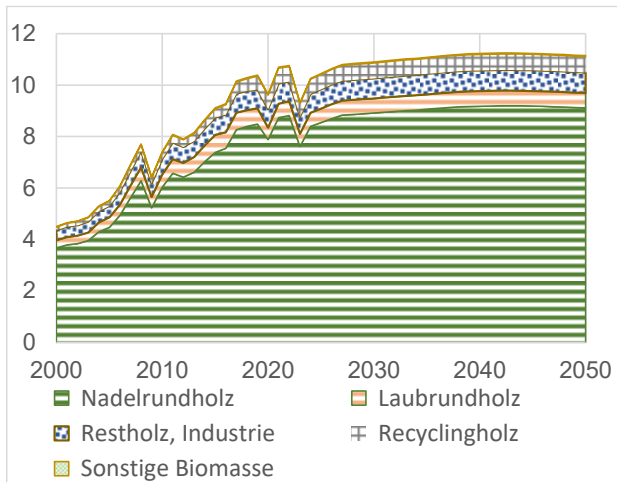
Quelle: Mantau (2025)

Rohwareneinsatz Der folgende Berechnungsschritt zur Bestimmung der Rohwarenteile macht die Bedeutung der Nadelrundholzes deutlich. Der Anteil am Rohwareneinsatz beträgt im Durchschnitt der Jahre 2019 bis 2023 71,2 %. Dies veranschaulicht die Abbildung 4-31 mit kumulativen Werten.

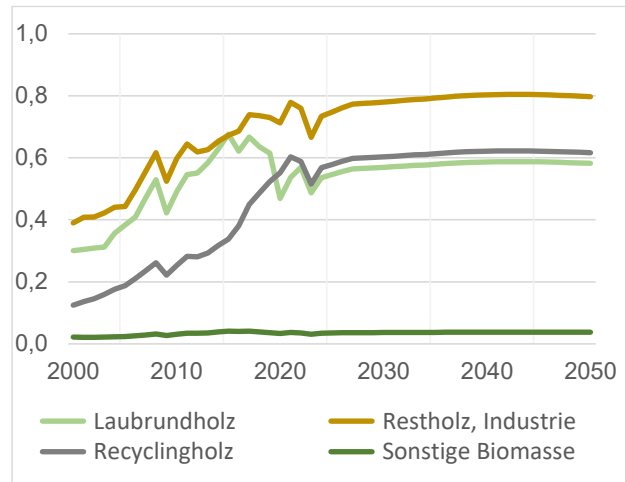
Ein Vergleich der eingesetzten Rohwaren ohne Nadelrundholz zeigt für Laubrundholz einen Rückgang der Verwendung mit einsetzender Abschwächung der Produktion. Die Daten lassen auf die Ursache keinen Schluss zu. Es könnte die Hypothese aufgestellt werden, dass mit dem Ende des starken Wachstums die Knappheit beim Einkauf nachlässt und sich die Nachfrage nach dem bevorzugten Nadelrundholz wieder verstärkt.

Abbildung 4-31: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Rohwarengruppen in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau (2025)

Tabelle 4-10: Szenario der Holzverwendung im Verpackungsbereich nach Holzrohwaren in Mio. m³_{swe}

m ³ (swe)	Derbholz		and. prim. Biom.		Restholz		Recyclingholz		Summe	
	in Mio.	in %	in Mio.	in %	in Mio.	in %	in Mio.	in %	in Mio.	in %
2020	8,349	86,6	0,033	0,3	0,713	7,4	0,551	5,7	9,646	100,0
2030	9,481	87,0	0,036	0,3	0,780	7,2	0,603	5,5	10,901	100,0
2040	9,768	87,0	0,037	0,3	0,803	7,2	0,621	5,5	11,231	100,0
2050	9,696	87,0	0,037	0,3	0,797	7,2	0,617	5,5	11,147	100,0

Quelle: Mantau (2025)

4.4 Papier

Definition

Der Papiersektor wird für folgende Segmente betrachtet

Papier insgesamt =

Grafische Papiere (*Zeitungsdruckpapier* und *sonstige*)

Verpackungspapiere

Hygienepapiere

Spezialpapiere.

Die Entwicklung des Verbrauchs des Papiersektors wird regressionstechnisch über die kursiv gedruckten Sektoren modelliert.

Die Inlandsproduktion wird aus der Differenz zwischen Verbrauch und einer geschätzten Entwicklung des Außenhandelsaldos berechnet.

Die Inlandsverwendung von Holzeinsatzfaktoren erfolgt auf der Grundlage der eingesetzten Rohstoffe für die Produktion des Papiersektors insgesamt (Quelle: VDP Tab N17)

Kennziffern der Holzverwendung

Die Datengrundlagen des Endwarenssektors Papier sind den Leistungsberichten des VDP (Verband Deutscher Papierfabriken) entnommen. Das gilt sowohl für die konjunkturelle Entwicklung der Produktion und des Außenhandels als auch für die eingesetzten Rohwaren (Altpapier, Zellstoff, Füllstoffe).

Die Datengrundlagen des Halbwarenssektors Zellstoff sind dem Rohstoffmonitoring entnommen. Die basieren auf den Erhebungen des Rohstoffmonitoring und ergänzend den Leistungsberichten des VDP (Verband Deutscher Papierfabriken).

Entwicklung

Die Entwicklung der Teilsektoren ist sehr heterogen.

Der Sektor der Zeitungsdruckpapiere erfuhr zwischen 2005 und 2020 einen signifikanten Rückgang, der sich bis 2023 weitgehend stabilisierte und ein Produktionsvolumen einer Million Tonnen aufrechterhielt. Die Entwicklung ist für die Waldholzentnahme von geringer Bedeutung, da Altpapier zum Einsatz kommt.

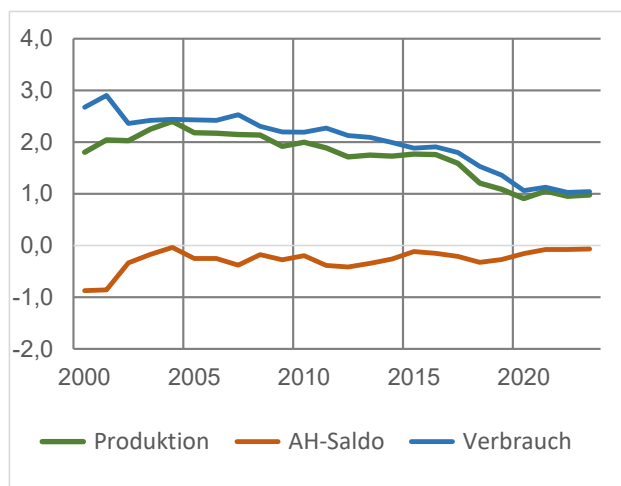
Schreib- und Druckpapiere verzeichnen seit 2010 ebenfalls eine anhaltend sinkende Produktion. In den Jahren 2022 und 2023 brach die Konjunktur besonders stark ein. Der Markt für Schreib- und Druckpapiere ist von strukturellen Veränderungen (Digitalisierung) betroffen und ist sehr konjunkturreagibel.

Der Markt für Hygienepapiere zeigt eine deutlich stabilere Entwicklung. Die Produkte sind in ihrer Substitution begrenzt, dienen fundamentalen menschlichen Bedürfnissen und werden zudem durch die demografische Entwicklung begünstigt.

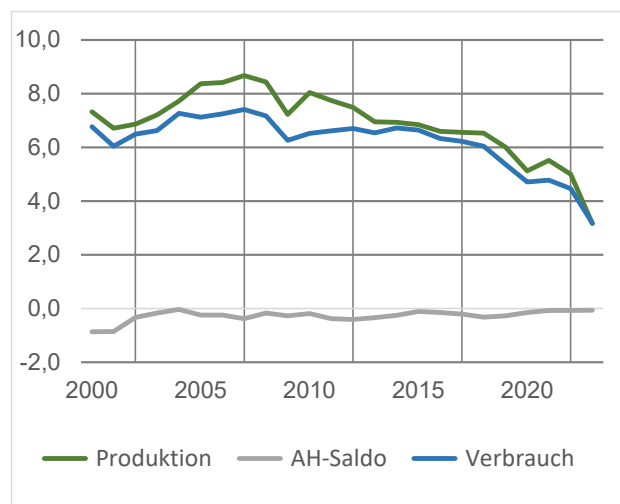
Die Produktion von Spezialpapieren zeichnet sich durch eine hohe Stabilität aus. Dies ist auf die technologisch führenden Produkte der deutschen Papierindustrie zurückzuführen. In der Konsequenz wirkt sich der Außenhandel stabilisierend auf die Produktion aus.

Abbildung 4-32: Entwicklung der Produkte des Papiermarktes in Mio. Tonnen

Zeitungsdruckpapier

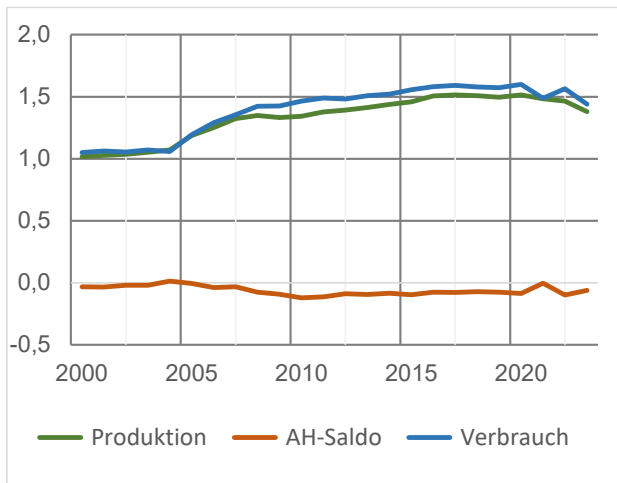


Schreib- und Druckpapiere

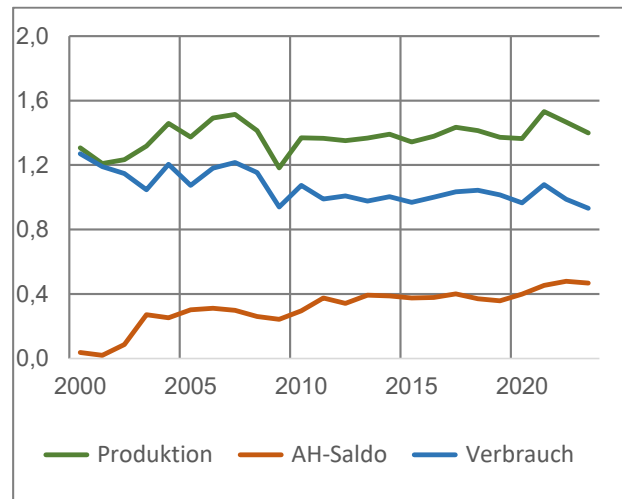
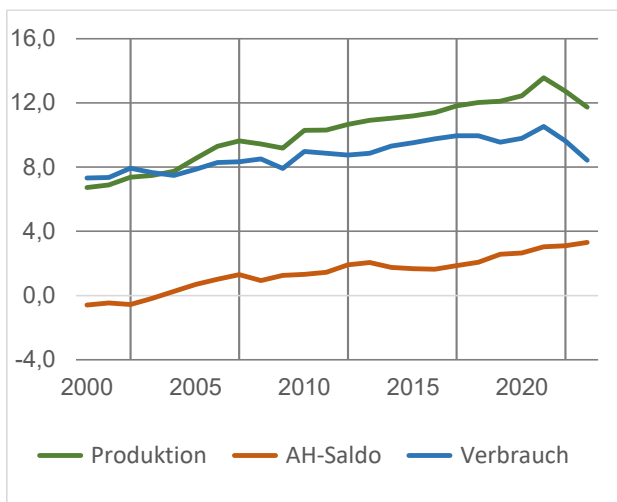


Hygienepapiere

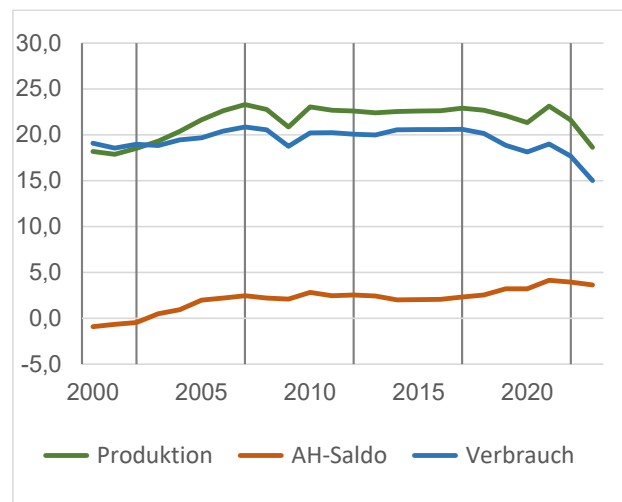
Spezialpapiere



Verpackungspapiere



Papier, insgesamt



Quelle: Die Papierindustrie (2024)

Entwicklung

Die Produktion von Verpackungspapieren erfuhr zwischen dem Jahr 2000 und 2021 einen nahezu ungebrochenen konjunkturellen Aufschwung. Die aktuelle Konjunkturschwäche hat jedoch auch Auswirkungen auf die Produktion von Verpackungspapieren, die einen Rückgang verzeichnet. Die Zunahme der Außenhandelsaktivitäten hat eine Stabilisierung der Produktion zur Folge. Abgesehen vom aktuellen Konjunktüreinbruch zeigt sich die Produktion des Papiersektors in der Summe relativ stabil.

Szenario

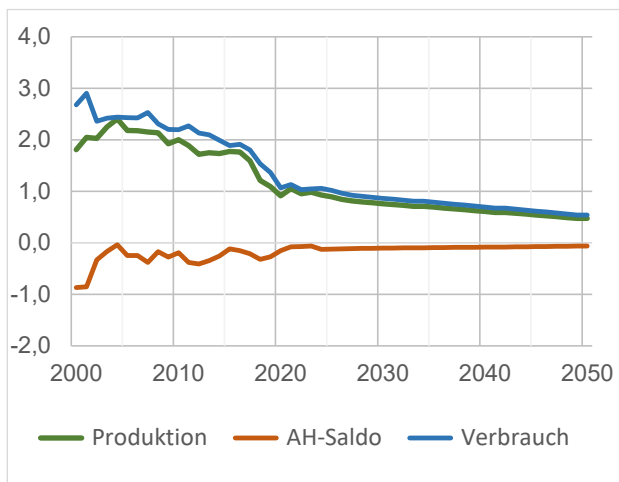
Datengrundlagen

Die Szenarien der Produktion und des Außenhandelssaldos basieren auf der Analyse verfügbarer exogener Variablen, wie in Abschnitt 3 "Rahmenbedingungen" dargelegt.

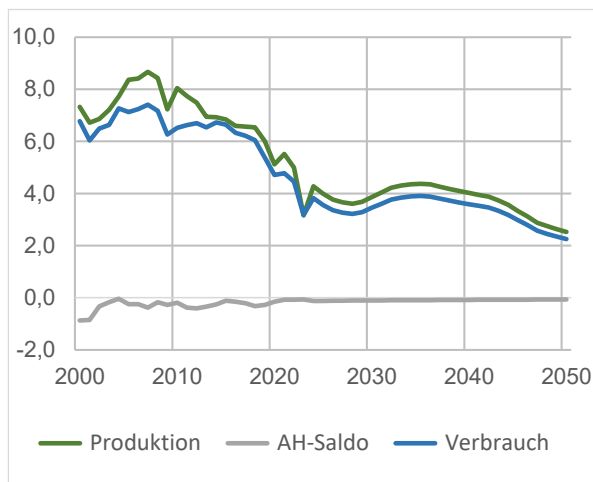
Dies limitiert die Anzahl der potenziellen Erklärungsvariablen. In der Untersuchung wurden Entwicklungen des Versandhandels oder der Internetnutzung bis zum Jahr 2050 als Substitut von Papierprodukten nicht berücksichtigt.

Es besteht jedoch die Möglichkeit, die Schätzergebnisse unter Berücksichtigung qualitativer Faktoren zu evaluieren. Die Bewertung künftiger Entwicklungen sollte die bereits vollzogenen strukturellen Veränderungen der bisherigen Entwicklung mit einbeziehen.

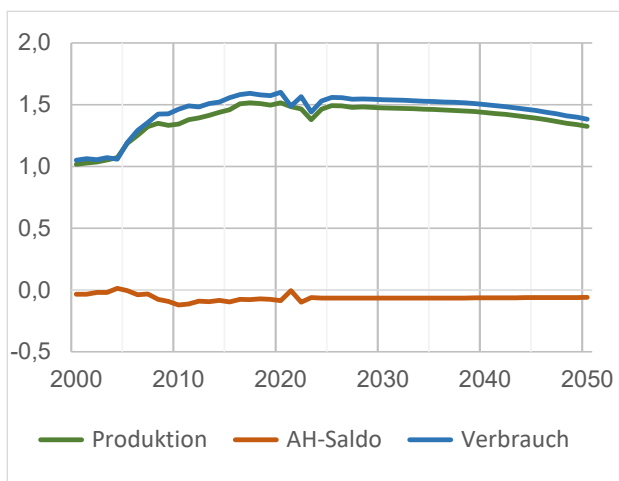
Abbildung 4-33: Entwicklung und Szenarien der Produkte des Papiermarktes in Mio. Tonnen
Zeitungsdruckpapier



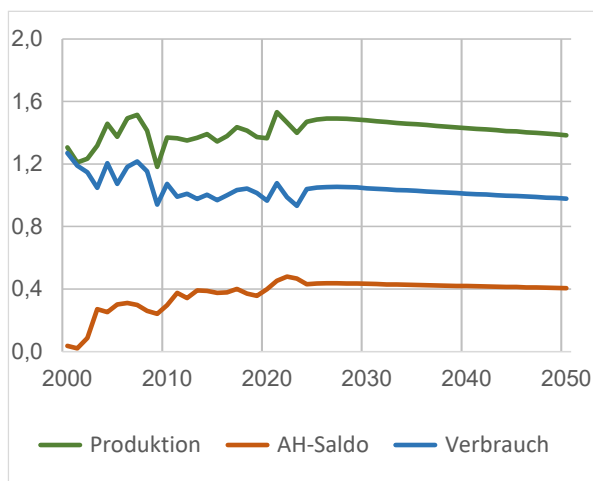
Schreib- und Druckpapiere



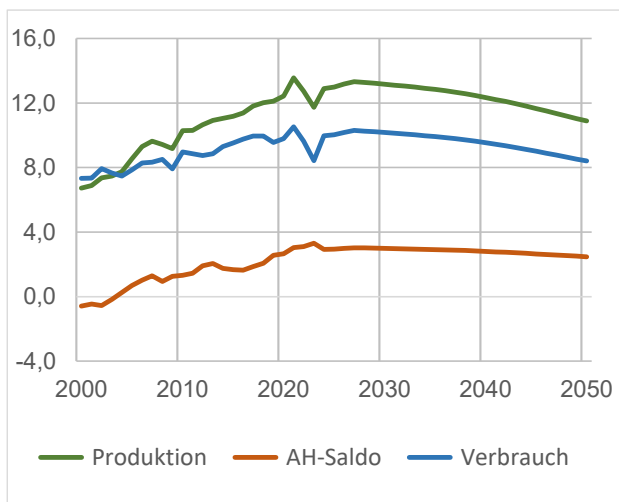
Hygienepapiere



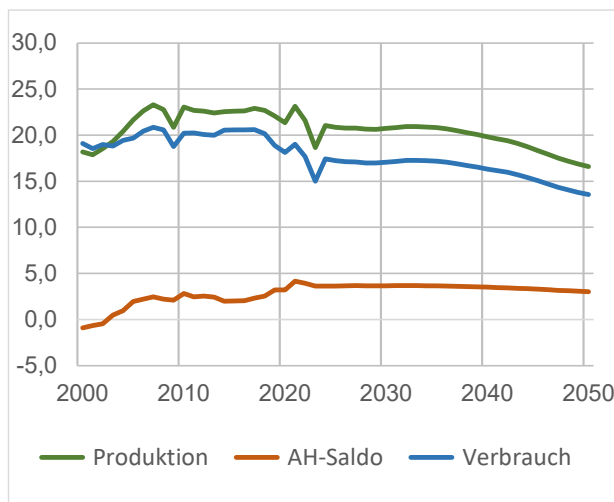
Spezialpapiere



Verpackungspapiere



Papier, insgesamt



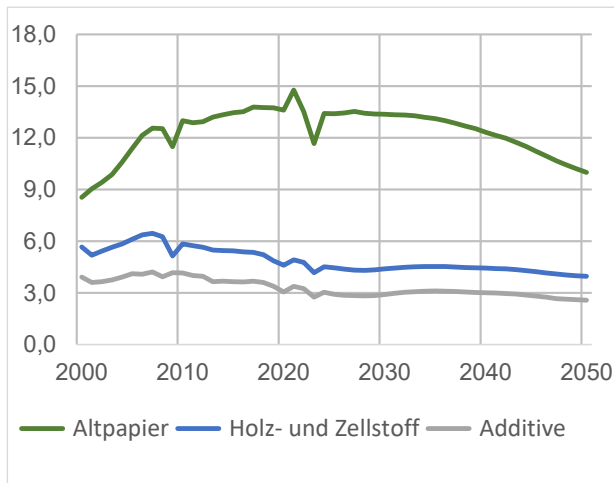
Quelle: Die Papierindustrie (2024) und Szenarien nach Mantau (2025)

Szenario	Die Ableitung des Startjahres erfolgte gemäß den Szenarien anderer Märkte über den Fünf-Jahres-Durchschnitt, wobei darauf hinzuweisen ist, dass es sich nicht um eine Prognose für das Jahr 2024 handelt. Stattdessen ist das Startjahr unter dem Aspekt zu bewerten, ob es für die Entwicklung des Szenariozeitraums ein sinnvoller Ausgangspunkt ist.
Datengrundlagen	
Szenarien	In den Jahren 2010 bis 2020 wurde ein signifikanter Rückgang in der Produktion von Zeitungsdruckpapieren verzeichnet. Ab dem Jahr 2019 ging die Entwicklung, trotz Konjunkturschwäche, in eine Seitwärtsbewegung über. Dies legt die Vermutung nahe, dass der größere Teil des strukturellen Wandels bereits vollzogen ist. Die weitere Entwicklung wird dem tendenziell sinkenden Anteil des privaten Verbrauchs am BIP folgen. In Bezug auf den strukturellen Wandel lässt sich feststellen, dass auch im Sektor der Schreib- und Druckpapiere bereits ein fortgeschrittener Prozess zu verzeichnen ist. Der aktuelle Tiefpunkt ist ein konjunktureller Sondereffekt und daher für langfristige Szenarien nicht geeignet. Der zwischenzeitliche Aufschwung in den Jahren 2025 bis 2035 mag nicht unmittelbar nachvollziehbar sein. Die signifikanten Schätzer basieren neben dem Anteil des privaten Verbrauchs am BIP auch auf der Entwicklung der Jahrgänge im Alter von 25 bis 55 Jahren (Vgl. Abbildung 3-6). Diese weisen einen Zuwachs auf, der durch Zuwanderung und folgende Geburten bedingt ist. In der Konsequenz führt dies zu einer Steigerung des Potenzialwachstums.
Szenarien	Hygienepapiere sind Produkte die überwiegend dem privaten Verbrauch und der Anzahl der Haushalte zuzurechnen sind. Sie gehören weitgehend zu den Gütern des Grundbedarfs und sind daher nicht sehr konjunkturabhängig. Ihre weitere Entwicklung verläuft kontinuierlich und nimmt tendenziell mit dem privaten Verbrauch und der Anzahl der Haushalte ab. Spezialpapiere sind zwar stärker vom Wachstum der Wirtschaft abhängig, aber ihre Nachfrage entwickelt sich durch die hohe Qualität der Produkte stabiler. Verpackungspapiere haben im Zeitraum zwischen 2000 bis 2020 einen signifikanten Aufschwung im Kontext des Internethandels erfahren. Ein struktureller Bruch zeichnet sich in den Daten am aktuellen Rand bereits ab und wird langfristig in eine moderat sinkende Entwicklung übergehen. Die unterschiedlichen Entwicklungen der Segmente der Papierproduktion gleichen sich teilweise aus. Die Produktion wird bis zum Jahr 2040 voraussichtlich weitgehend stabil bleiben. In der letzten Dekade manifestiert sich eine signifikante Zunahme des Abschwungs. Dieser Trend ist auf die Schätzparameter der demografischen Entwicklung sowie der Entwicklungen des Anteils von privatem Verbrauch, Import und Export zurückzuführen.
Halbwareneinsatz	Im Jahr 2020 setzte die Papierindustrie zu 63,7 % Altpapier, zu 14,3 % Additive und zu 22,0 % Zellstoff ein. Der Anteil des Altpapiers an den Faserstoffen, also ohne Additive, belief sich auf 72,8 %, während der Anteil der Frischfasern 27,2 % betrug. Der größte Anteil der Holzfaserstoffe entfällt mit 70,1 % auf den Sulfatzellstoff, gefolgt

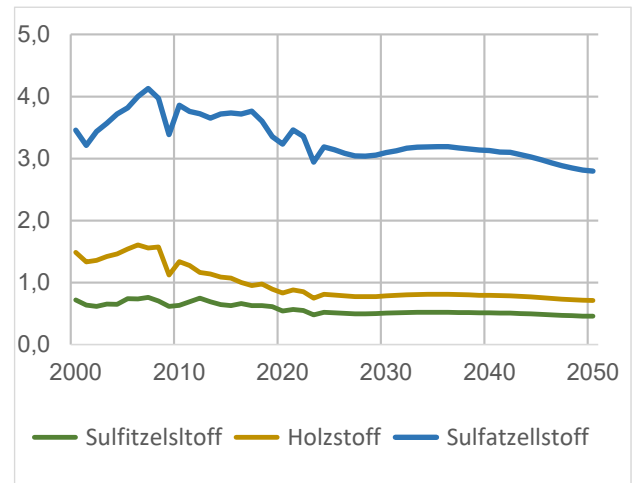
vom Holzstoff mit 18,0 %, dem Sulfitzellstoff mit 11,7 % und sonstigen Zellstoffen mit 0,2 %. Der Einsatz der Holz- und Zellstoffe betrug im Mittel der Jahre 2019 bis 2023 ca. 4,7 Mio. t. Davon entfielen 3,3 Mio. m³ auf Sulfatzellstoff, 0,6 Mio. t auf Sulfitzellstoff und 0,8 Mio. t auf Holzstoff.

Abbildung 4-34: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Halbwarengruppen in Mio. t

Einsatzstoffe der Papierproduktion



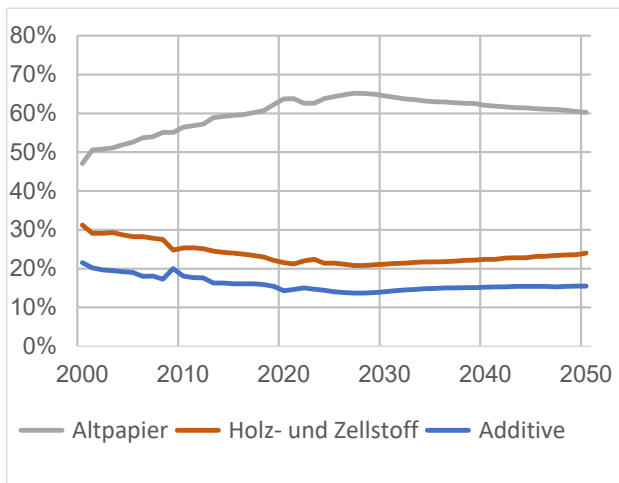
Holz- und Zellstoff



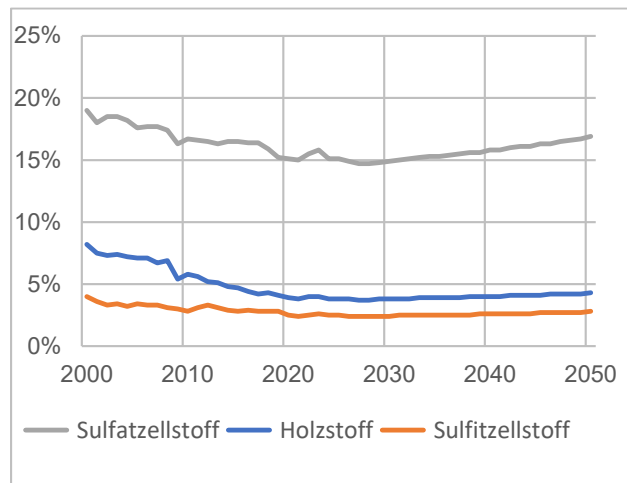
Quelle: Die Papierindustrie (2024) und Szenarien nach Mantau (2025)

Abbildung 4-35: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Halbwarengruppen in Mio. t

Einsatzstoffe der Papierproduktion in %



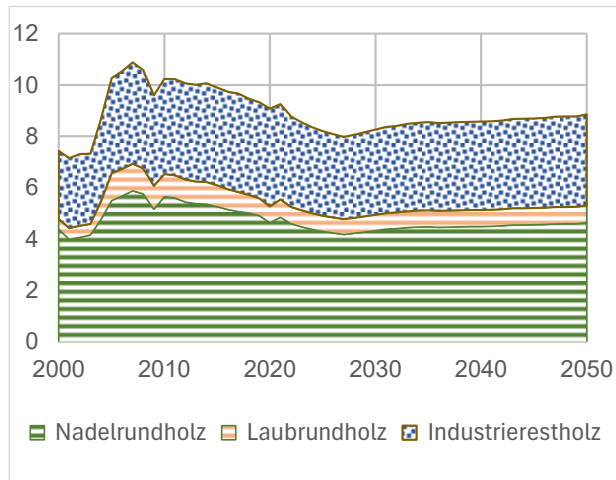
Holz- und Zellstoff in %



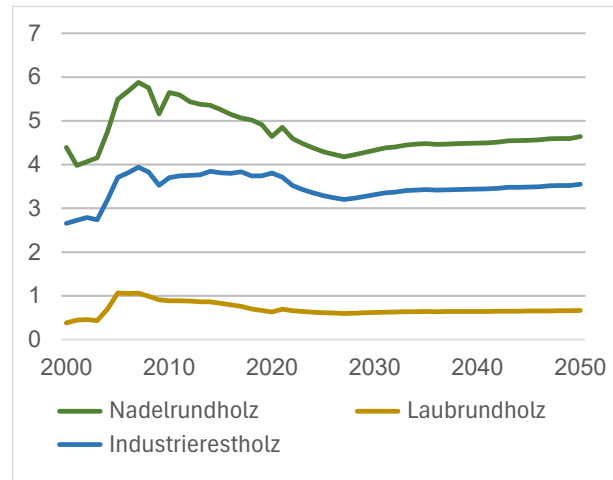
Quelle: Die Papierindustrie (2024) und Szenarien nach Mantau (2025)

Abbildung 4-36: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Rohwaren in Mio. m³_{swe} (ohne Altpapier)

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Die Papierindustrie (2024) und TRAW-Szenarien

Rohwareneinsatz

Der augenscheinliche Widerspruch zwischen leicht sinkendem Halbwareneinsatz und leicht steigendem Rohwareneinsatz lässt sich durch die unterschiedliche Entwicklung von Sortimenten mit hohem Holz- und Zellstoffanteil, bzw. hohem Altpapieranteil erklären. Während die Sortimente mit hohem Zellstoffanteil stabil bis leicht zunehmen, sind die Sortimente mit hohem Altpapieranteil rückläufig. Die gegenläufige Tendenz wird durch die Umrechnungsfaktoren (Sulfitzellstoff 4,700 und Sulfatzellstoff 2,480) verstärkt.

Im Jahr 2020 wurden für die Produktion von Holz- und Zellstoff 58,1 % sonstiges Derbholz und 41,9 % Restholz eingesetzt. Im Jahr 2020 wurde eine Gesamtmenge von 9,1 Mio. m³_{swe} Holzrohwaren eingesetzt. Konjunkturrell geht die Nachfrage bis 2030 zurück (8,3 Mio. m³_{swe}) und steigt u.a. aufgrund der höheren Zellstoffanteile in Hygiene- und Spezialpapieren anschließend moderat an (8,9 Mio. m³_{swe}).

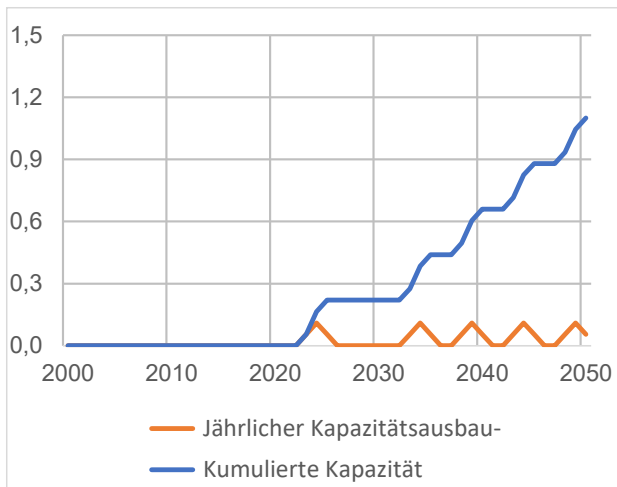
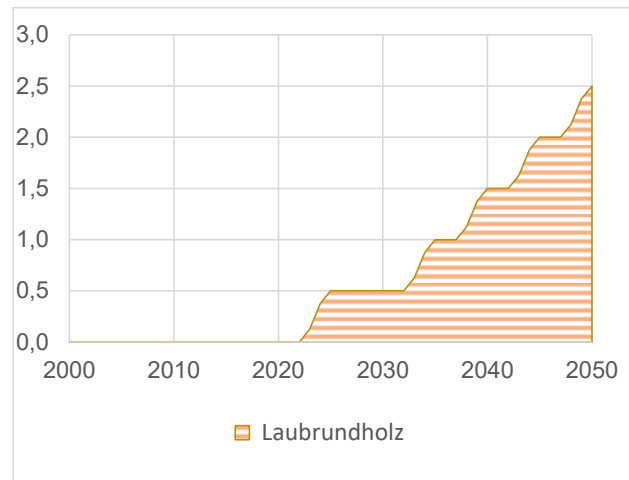
Tabelle 4-11: Szenario der Holzverwendung im Papiersektor nach Holzrohwaren in Mio. m³_{swe}

m ³ (swe)	Derbholz		and. prim. Holzrohware		Restholz		Summe	
	in Mio.	in %	in Mio.	in %	in Mio.	in %	in Mio.	in %
2020	5,273	58,1	0,000	0,0	3,807	41,9	9,080	100,0
2030	4,947	59,9	0,000	0,0	3,314	40,1	8,261	100,0
2040	5,133	59,9	0,000	0,0	3,439	40,1	8,572	100,0
2050	5,304	59,9	0,000	0,0	3,553	40,1	8,857	100,0

Quelle: Die Papierindustrie (2024) und Mantau (2025)

4.5 Neue biobasierte Holzprodukte

Definition	Derzeit werden zahlreiche Forschungen zu Produkten auf Basis der chemischen Bausteine des Holzes (Cellulose, Hemicellulose, Lignin) durchgeführt. Gerade für Lignin sind Innovationen zu erwarten. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es nicht möglich, präzise Prognosen bezüglich des Zeitpunkts der Marktreife sowie der quantitativen Bedeutung der Produkte zu treffen.
Produktumfeld	Für die zukünftige Planung des Rohstoffeinsatzes für auf Holz basierte Kunststoffe bzw. deren Vorprodukte könnte die Bioraffinerie von UPM in Leuna eine Orientierungshilfe bieten (Rohstoffeinsatz: 500.000 Fm/Jahr Buche für 220.000 t Produktionsvolumen). Das dortige Produktspektrum, bestehend aus Bio-MEG, Bio-MPG, RFF und Industriezucker als Nebenprodukt, könnte Produkte auf Basis anderer Rohstoffe substituieren. Basierend auf dem Rohstoffeinsatz und dem Produktmix in Leuna läge eine zahlenbasierte Grundlage für eine Skalierung vor, auch für einen deutlich größeren Rohstoffeinsatz (Vielfaches des Produktionsstandorts in Leuna). Zwar könnte man sich auch vorstellen, z. B. Carbonfasern aus Holz (Polyacrylnitril) zu modellieren, aber der bislang fehlende Marktdurchbruch macht eine Abschätzung insbesondere auf der Marktseite zu schwierig. Eine weitere Möglichkeit zur Modellierung wäre der Einsatz von Celluloselösungen. Insbesondere Cellulosefasern werden heute schon weltweit in erheblichen Mengen hergestellt und sind am Markt etabliert. Entsprechende Anwendungen sind auch an Produktionsstandorten in Deutschland denkbar. (Knauf Consulting 2024)
Definition	Der Begriff "neue biobasierte Holzprodukte" bezeichnet Produktentwicklungen, die auf der Basis von Holzrohwaren und Reststoffen erfolgen. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird der Begriff auf die chemische Weiterverarbeitung von Holzrohwaren zu Plattformchemikalien, Kunststoffen und Polymeren, Pharmazeutika sowie Fasern für spezifische Anwendungen, wie beispielsweise in der Textilproduktion, bezogen.
Datenlage	Da es sich zum überwiegenden Teil um neue Produkte handelt, liegen derzeit noch keine offiziellen statistischen Daten vor. Zudem besteht die Möglichkeit, dass die Produkte in andere chemische Produktkategorien eingeordnet werden und somit nicht trennbar sind. Gemäß der zuvor dargestellten Arbeitshypothese ist die Errichtung zusätzlicher Bioraffinerien mit einer Kapazität von jeweils fünf Anlagen, wie sie in Leuna existieren, innerhalb des Szenariorahmens vorgesehen. Die verwendeten Holzrohstoffe umfassen ausschließlich sonstiges Laubderbholz.
Erwartung	Im Rahmen der Delfi-Studie (Knauf Consulting 2025) wurde die Hypothese zur Bewertung gestellt: „Die Herstellung von Biokunststoffen/Chemiegrundstoffen wird 2040 eine große Bedeutung haben.“ Das bewerteten 14 % mit „sehr wahrscheinlich“, 41 % mit „wahrscheinlich“, 23 % war es unklar, 6 % schätzten die Aussage als „wahrscheinlich“ ein und 4 % sahen es als „sehr unwahrscheinlich“ an. Das kann man als qualitative Bestätigung der unterstellten Entwicklung ansehen.

Abbildung 4-37: Szenario der Kapazität und Holzverwendung für chemische Stoffe auf Basis Holz
Kapazitätsentwicklung

Holzeinsatz in Mio. m³_{swe}


Quelle: Knauf (2024)

Szenario

Der Aufbau der Kapazität beginnt mit der Fertigstellung der Anlage in Leuna und setzt sich ab dem Jahr 2035 alle fünf Jahre mit einer weiteren Anlage fort. Dabei wird jeweils von einer Bauzeit und stufenweise Inbetriebnahme von drei Jahren ausgegangen. Das führt bis zum Jahr 2050 zu einer Produktionskapazität von 1,1 Mio. t. Als Umrechnungsfaktor für den Holzeinsatz wurden die Angaben der Bioraffinerie Leuna unterstellt. Das entspräche bei einer Produktion von 220.000 Tonnen dem Einsatz von 500.000 m³_{swe} Laubderbholz (Buche) und einem Umrechnungsfaktor (t in m³) von 2,273. Der Ausbau der Produktionskapazität auf 1,1 Mio. t entspräche damit 2,5 Mio. m³_{swe}

4.6 Sonstige Holzverwendungen (Restgröße)

Vorbemerkung

Im Falle des Aufeinandertreffens verschiedener Berechnungsweisen können Diskrepanzen auftreten. Diese Problematik zeigt sich insbesondere im vorliegenden Fall, in dem die im Fertigwarenbereich eingesetzten Halbwaren erstmals in ihrer Gesamtheit mit der Halbwarenstatistik bzw. dem Rohstoffmonitoring verglichen werden können. In diesem Fall stellt die Ermittlung der Abweichung zwischen den Werten die eigentliche Herausforderung dar. Eine mögliche Ursache für derartige Abweichungen besteht darin, dass die Außenhandelsströme im Baubereich nicht über die Berechnungsgrundlage der Gebäude ermittelt werden können. Für die Sektoren Möbel und Papier konnte eine derartige Ermittlung hingegen durchgeführt werden. Darüber hinaus existieren Verwendungsbereiche, die bisher noch nicht erfasst wurden, wie beispielsweise Bürsten, Spielwaren und Särge.

Sonstige Verwendungen

In dieser Untersuchung wurden folgende stoffliche Endwarenssektoren quantifiziert:

- Bau
- Möbel
- Verpackung
- Papier
- Neue biobasierte Produkte

Auf der Halbwarenebene kann die Holzverwendung vollständig bestimmt und mit dem Rohwareneinsatz abgeglichen werden. Die untersuchten Endwarenssektoren repräsentieren demgegenüber nicht alle stofflichen Holzverwendungen.

Die energetische Holzverwendung wird hingegen als vollständig erfasst betrachtet, was unter Berücksichtigung der Sektoren Haushalte und Biomasseanlagen auch der tatsächlichen Holzenergieverwendung entsprechen dürfte.

Die Ermittlung der Summe der stofflich verwendeten Holzhalbwaren erfolgt durch das Rohstoffmonitoring. Von dem Rohwareneinsatz im Halbwarenssektor kann die Menge der berechneten Fertigwaren subtrahiert werden. Die so ermittelte Restgröße der Rohwaren entspricht den bisher zu viel oder zu wenig erfassten Rohwaren im Endwarenssektor.

Die Fortschreibung der zukünftigen Entwicklung nicht erfasster Sektoren erfolgt auf Basis der Zuwachsrates der erfassten Sektoren. Es wird folglich angenommen, dass sich die nicht quantifizierten Rohwarenmengen künftig so entwickeln wie die bestimmten Rohwarenmengen im Endwarenssektor. Des Weiteren wird die Hypothese aufgestellt, dass die Zusammensetzung der Rohstoffe im Bereich der sonstigen nicht erfassten Sektoren derjenigen im Bereich der erfassten Sektoren entspricht.

Auf der Grundlage wird die Restmenge des Zeitraums 2021 bis 2050 ermittelt. Mit dieser Vorgehensweise wird die Dynamik der Holznachfrage mit der Summe der einzelnen Endwarenssektoren fortgeschrieben.

Bestimmung des Delta der Rechensysteme

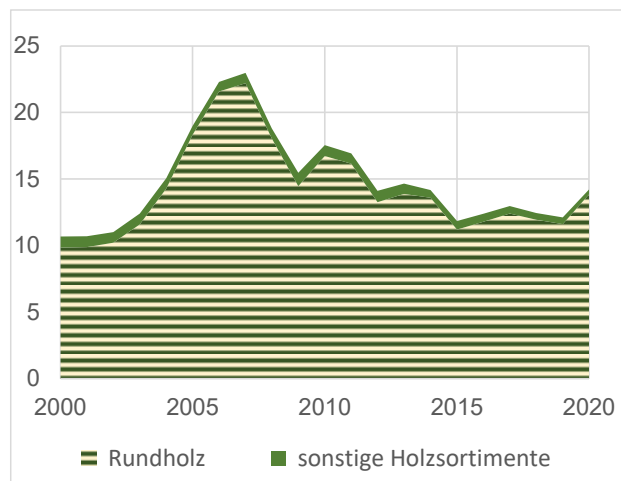
Im Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2020 wurde im Endwarenbereich ein nicht spezifiziertes Volumen von 14,8 Mio. m³_{swe} verzeichnet. Dieser Wert entspricht einem Anteil von 22,7 % der stofflichen Holzverwendung. Für den Zeitraum von 2021 bis 2050 wurde ein durchschnittliches Volumen im Endwarenbereich von 15,4 Mio. m³_{swe} ermittelt. Dies entspricht einem Anteil von 26,0 % der stofflichen Holzverwendung.

Überschüsse und Defizite

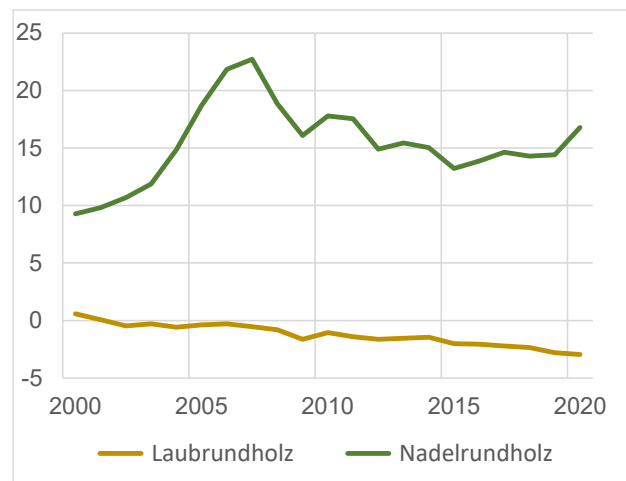
Der Unterschied zwischen den Berechnungen auf Halb- und Fertigwarenebene setzt sich aus positiven und negativen Abweichungen zusammen. Eine positive Abweichung bedeutet, dass die Berechnungen auf Halbwarenebene mehr Holzverwendungen (Nadelrundholz) ausweisen als auf der Fertigwarenebene. Eine negative Abweichung bedeutet, dass die Berechnungen auf Fertigwarenebene mehr Holzverwendungen (Laubrundholz) ausweisen als auf der Halbwarenebene. Das ist zunächst kein Fehler, sondern eine Erkenntnis, die Fragen zur weiteren Klärung der Unterschiede ermöglicht.

Abbildung 4-38: Entwicklung der nicht spezifizierten sonstigen Holzverwendungen nach eingesetzten Rohwarengruppen in Mio. m³_{swe} (ohne Altpapier)

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau (2025)

Ursachen des Deltas

Was sind die möglichen Ursachen der Unterschiede zwischen den Berechnungen auf Halb- und Fertigwarenebene:

- Bisher nicht bestimmte Verwendungssektoren (Spielwaren, Haushaltswaren)
- Außenhandel Halbwaren: Der Anstieg der Nettoexporte von Nadelschnittholz ist auf der Halbwarenebene eine Verwendung, jedoch nicht auf der Fertigwarenebene.
- Außenhandel Fertigwaren: Das Megaprodukt Bau wird über die Gebäude berechnet. Die dabei komprimierte Produktstruktur von 135 Produkten enthält inländische und ausländische Waren (z.B. Sperrholz, Parkett). Die Herkunft ist den Ausschreibungsunterlagen nicht zu entnehmen und den Befragten i.d.R. nicht bekannt. Der Außenhandelsanteil der

Baumaterialien kann nur über eine sehr komplexe Außenhandelsanalyse der Waren näher bestimmt werden.

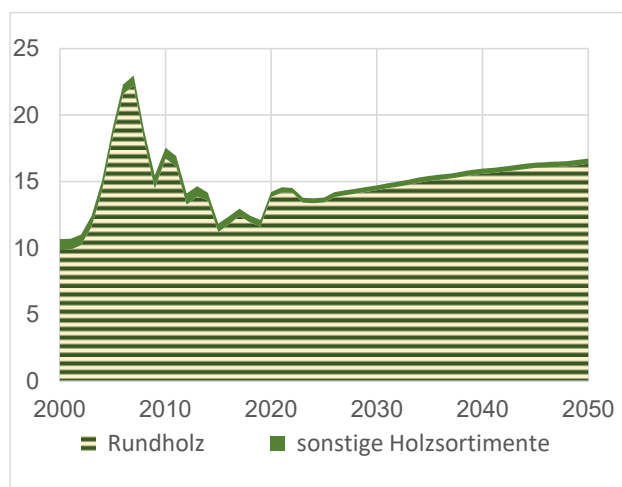
- Der negative Saldo im Laubholzbereiche ist vermutlich eine Folge der hohen Verarbeitungskosten im Inland, die zu höheren Laubholzanteilen in den Fertigwaren, als in den Halbwaren führt.
- Der Verpackungsbereich ist in seiner Produktstruktur und darin verwendeten Holzmen gen bisher nur beispielhaft untersucht. Somit können sich noch Änderungen in den verwendeten Holzmen gen ergeben.
- Grundsätzlich ist die Vielzahl der Verwendungskennziffern ein Teil der rechnerischen Unsicherheit. Es wurden empirische gestützte Kennziffern verwendet.
- Mit der weiteren Quantifizierung von Daten werden sich weitere Erklärungsansätze zeigen. Das liegt jedoch außerhalb des Rahmens des DIFENS-Projektes.

Fortschreibung

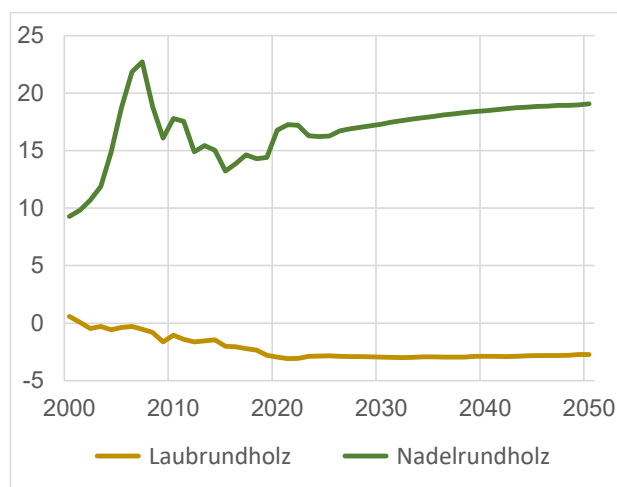
Für die Jahre 2000 bis 2020 folgt die Entwicklung der Holzverwendung dem Rohstoffmix des Rohstoffmonitorings. Das Jahr 2020 ist das Basisjahr für die Fortschreibung. Es wird angenommen, dass sich die Einsatzmen gen der jeweiligen Rohwaren so entwickeln wie für die bestimmten Endwarens ektoren insgesamt. Daraus ergibt sich eine Gesamtmenge des Rohwareneinsatzes. Die Differenz aus der Gesamtmenge und den bestimmten Endwarens ektoren ist die noch nicht näher bestimmte Menge des Holzeinsatzes. Sie entspricht somit der vollständigen Erfassung aller Rohwaren in den Halbwarens ektoren und der nicht erfassten Teilmenge in den Endwarens ektoren.

Abbildung 4-39: Entwicklung und Fortschreibung der nicht spezifizierten sonstigen Holzverwendungen nach eingesetzten Rohwarengruppen in Mio. m³_{swe} (ohne Altpapier)

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau (2025)

4.7 Stoffliche Holzverwendung insgesamt

Halbwareneinsatz

Definition

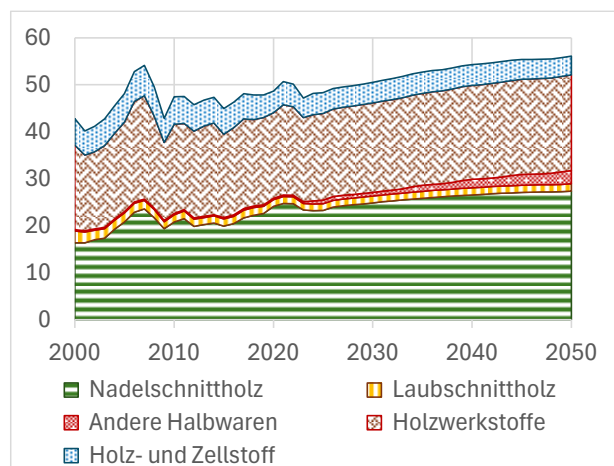
Der Einsatz von Holzrohwaren zur Produktion von Holzhalbwaren wird für den Zeitraum 2000 bis 2020 aus dem Rohstoffmonitoring entnommen. Für den Zeitraum von 2021 bis 2050 wird eine Fortschreibung vorgenommen, die sich auf die Entwicklung der Holzhalbwaren in den Sektoren Bau, Möbel und Verpackung bezieht. Die Entwicklung der Nachfrage nach Holzstoff und Zellstoff wird durch die Nachfrage nach den entsprechenden Halbwaren in den Segmenten des Papiermarktes bestimmt.

Entwicklung und Szenario der Halbwaren

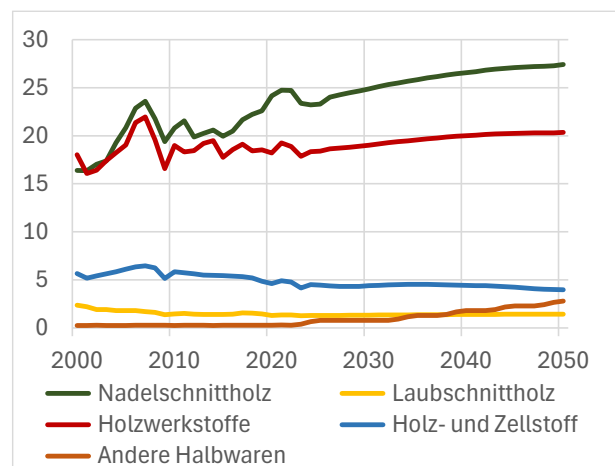
Im Jahr 2020 entsprach das Volumen der produzierten Holzhalbwaren 49,6 Mio. m^3_{swe} . Davon entfielen 49,6 % auf Nadel schnittholz, 2,9 % auf Laub schnittholz, 37,4 % auf Holzwerkstoffe, 9,5 % auf Holz- und Zellstoff und 0,6 % auf sonstige (Gebrauchtholz, neue biobasierte Produkte). Vor allem durch die Entwicklung in der Modernisierung und im Tiefbau steigt das Volumen bis 2050 auf 56,1 Mio. m^3_{swe} . Das entspricht einem Zuwachs in Höhe von 6,5 Mio. m^3_{swe} oder +13,1 %. Ein Blick auf die Entwicklung der einzelnen Holzhalbwaren zeigt, dass der Zuwachs vor allem auf Nadelholz entfällt, das vor allem im Baubereich zum Einsatz kommt.

Abbildung 4-40: Holzverwendung für die stoffliche Holzhalbwarenproduktion in Mio. m^3_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau (2025)

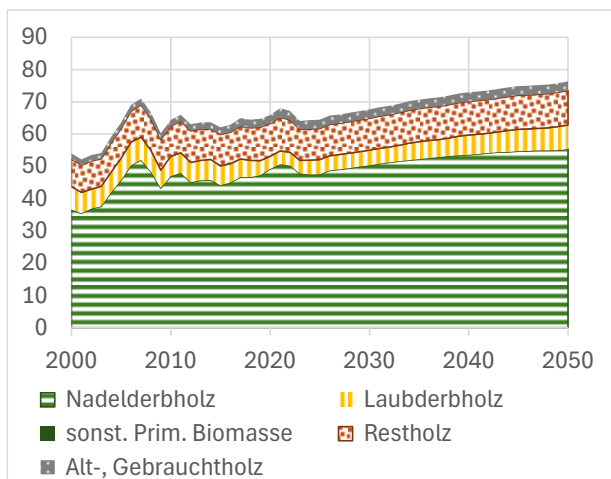
Entwicklung und Szenario der Rohwaren

Im Jahr 2020 entsprach das Volumen der verwendeten Holzrohwaren (ohne sonstige) 65,9 Mio. m^3_{swe} . Davon entfielen 74,6 % auf Nadel derbholz, 5,7 % auf Laub derbholz, 0,2 % auf sonstige primäre Biomasse, 15,4 % auf industrielles Restholz und 4,0 % auf Altholz und Gebrauchtholz. Das verwendete Rohwarenvolumen steigt bis 2050 auf 76,3 Mio. m^3_{swe} . Das entspricht einem Zuwachs in Höhe von 10,4 Mio. m^3_{swe} oder +15,8 %. Die Entwicklung der einzelnen Holzrohstoffe zeigt, dass die Bedeutung des Nadelholzes mit 74,6 % größer ist als die des Schnittholzes. Dieser Unterschied lässt sich durch die Rückrechnung auf Festmeteräquivalente erklären, welche

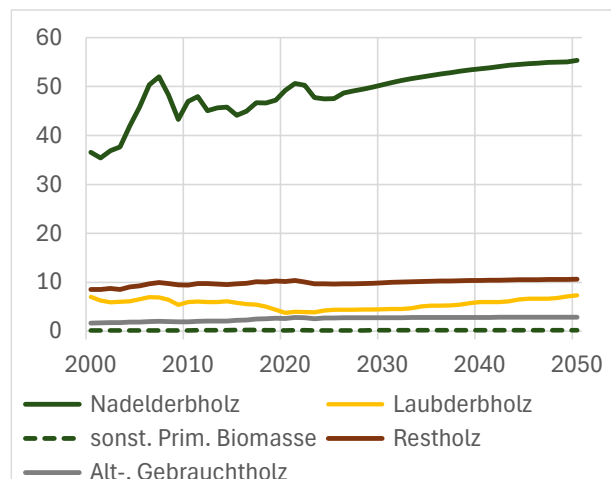
den Rundholzeinsatz nochmals um die Ausbeute (Faktor ca. 1,67) erhöht.

Abbildung 4-41: Holzrohwareneinsatz für die stoffliche Holzverwendung in Mio. m³_{swe}

Entwicklung insgesamt



Entwicklungen nach Rohwaren



Quelle: Mantau (2025)

Tabelle 4-12: Holzrohwareneinsatz für die stoffliche Holzverwendung in Mio. m³_{swe} (ohne Sonstige)

m ³ (swe)	Derbholz Nadelholz	Derbholz Laubholz	And. Primäre Holzrohwaren	Restholz	Alt- und Gebrauchth	Summe
2020	49,185	3,755	0,163	10,179	2,620	65,903
2030	50,338	4,500	0,171	9,899	2,771	67,680
2040	53,601	5,952	0,178	10,387	2,843	72,961
2050	55,345	7,314	0,180	10,648	2,849	76,337

Quelle: Mantau (2025)

5. Verwendung von Energieholz

5.1 Holzeinsatz für Energieholzprodukte

Definition

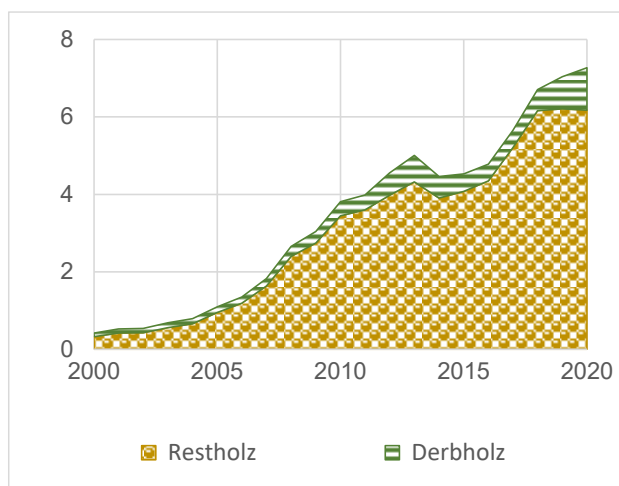
Zu den Energieholzprodukten zählen Pellets, Holzbriketts und andere Holzrohwaren, die einer Aufbereitung unterzogen werden, bevor sie energetisch genutzt werden. Im Falle von Holzhackschnitzeln ist eine Erhebung dieser Daten nur über die Verwendung möglich. Dabei kann es sich um bereits gehacktes Restholz oder um aufbereitete Hackschnitzel handeln.

Energieholzprodukte weisen eine rechnerische Ähnlichkeit mit den Halbwaren der stofflichen Verwendung auf. Aus rechentechnischen Gründen erfolgte die Erfassung und Fortschreibung der Produktion von Energieholzprodukten zunächst in einem eigenständigen Segment. Die Rohwaren dieser Produkte wurden schließlich der Energieholzverwendung insgesamt zugerechnet. Um eine doppelte Zählung zu vermeiden, wurden die jeweiligen Energieholzverwerter zunächst ohne den Einsatz von Energieholzprodukten berücksichtigt.

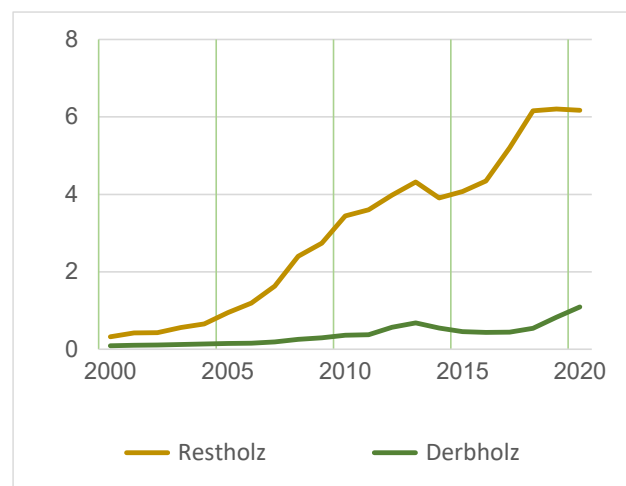
Anschließend wurde die Verwendung der Energieholzprodukte den jeweiligen Verwendern zugerechnet. Damit wird der Brennstoffeinsatz in seiner Form am Ort der Verwendung sichtbar. Die eingesetzten Rohwaren zur Energieholzproduktion werden am Ort der Verarbeitung erfasst und deren Rohwareneinsatz wird den energetisch genutzten Rohwaren zugerechnet.

Abbildung 5-1: Rohwareneinsatz zur Produktion von Energieholzprodukten in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau (2023a) und Henneberg et al. (2022)

Rohwareneinsatz Sägenebenprodukte

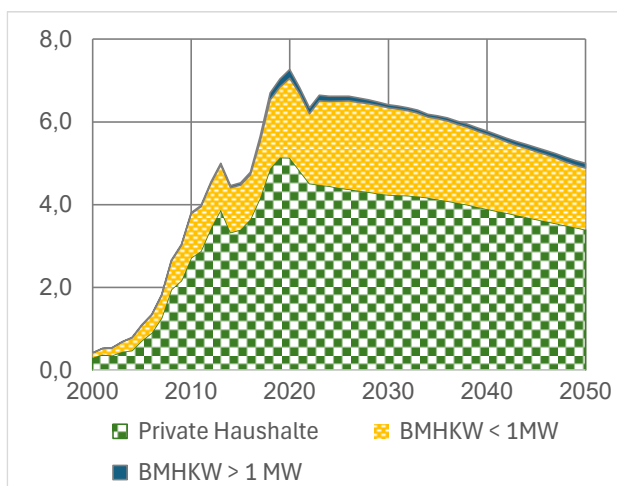
Zum Einsatz kommen vor allem Sägenebenprodukte, da sich Sägespäne ohne weitere Verarbeitung direkt zu Pellets pressen lassen. Zu etwa zehn Prozent wird sonstiges Nadelrundholz eingesetzt. Schwankungen können aufgrund von Knappheiten oder Preisverschiebungen entstehen. Zwischen den Jahren 2000 und 2020 lag der Anteil der Sägenebenprodukte am Rohwareneinsatz bei 87,0 %. Für den Zeitraum der Szenarien wurde der Anteil des Jahres 2021 mit 89,7 % Sägenebenprodukte und 10,3 % Nadelrundholz angenommen.

Szenario

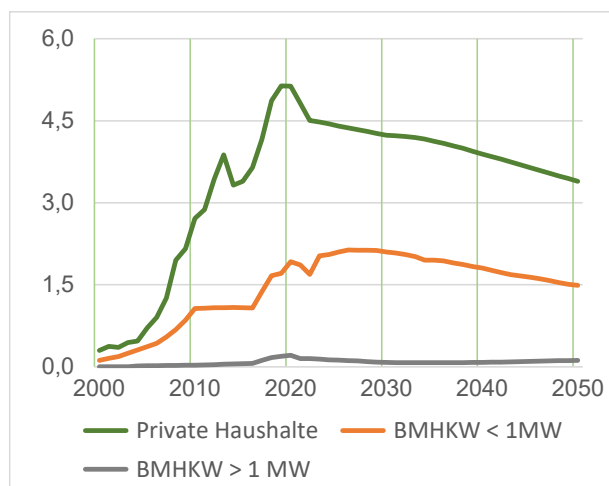
Für die weitere Entwicklung wurde der Anteil der Energieholzprodukte in den jeweiligen Einsatzbereichen konstant gehalten. Im Jahr 2020 wurden von den verwendeten 7,3 Mio. m³_{swe} 70,6 % in privaten Haushalten, 26,5 % in kommunalen und gewerblichen Kleinanlagen und 2,9% in Großanlagen verwendet. Die Verwendung folgt der Entwicklung der Bereich insgesamt. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird untersucht, welchen Einfluss eine Substitution von Rundholz und Restholz durch größere Anteile von Energieholzprodukten hat.

Abbildung 5-2: Szenario des Rohwareneinsatz zur Produktion von Energieholzprodukten in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau (2023a) und Henneberg et al. (2022)

5.2 Energieholzverwendung in privaten Haushalten

Definition

Statistisches Bundesamt

Als Privathaushalt gelten Personen, die zusammenwohnen und gemeinsam wirtschaften, die in der Regel ihren Lebensunterhalt gemeinsam finanzieren bzw. die Ausgaben für den Haushalt teilen.

Wohnungen sind nach außen abgeschlossene und in der Regel zusammenliegende Räume, die zum Wohnen und Schlafen genutzt werden können. Die tatsächliche Nutzung ist hierbei nicht ausschlaggebend. Die Wohnung kann aktuell auch unbewohnt sein oder nur als Freizeit- beziehungsweise Ferienwohnung dienen.

Vorgehensweise und Annahmen der Berechnungen

Ausgangspunkt der Berechnungen sind die heizungsaktiven bewohnten Wohneinheiten (2020 39,3 Mio. Haushalte).

Davon waren 2020 11,6 % Einzelfeuerungsanlagen (EZF) und 2,9 % Holz-Zentralheizungen (HZH). (Haushaltsstudie Thünen 2020)

Deren mittlerer jährliche Verbrauch (im Mittel der Erhebungen 2018 (RM) und 2020 (TI)) lag bei EZF bei 3,95 m³ und für HZH bei 9,00 m³ Energieholz.

Durch Effizienzgewinne und nachlassendem Kälteeinfluss (Wärmebedarf) wird der mittlere Verbrauch bei EZF auf 2,93 m³ und bei HZH auf 4,73 m³ pro Anlage sinken.

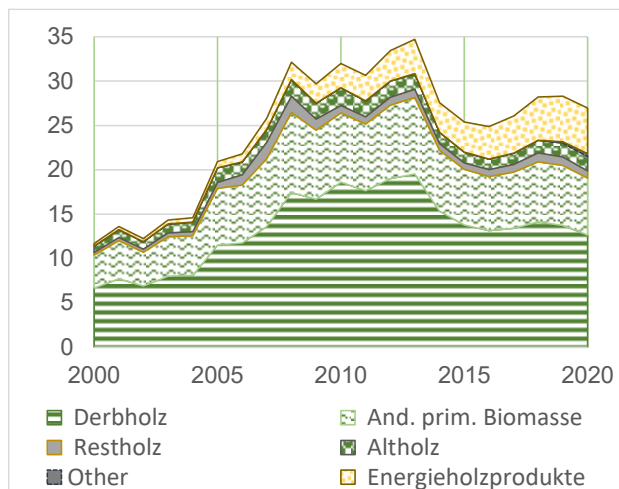
2050 werden noch 10,0 % der Haushalte eine EZF und 3,1 % eine HZH haben (Hennenberg et al. 2022).

Bisherige Entwicklung

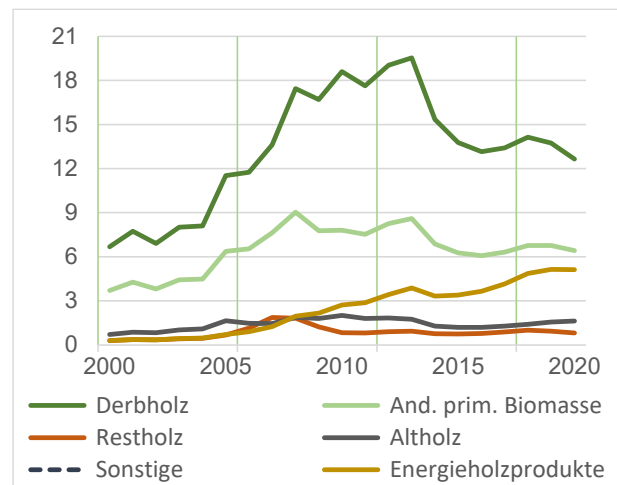
Bis Mitte der 90er Jahre stieg die jährliche Verwendung nur langsam (+0,9 %). Lediglich die Wiedervereinigung führte zu einem Niveausprung (+36,5 %) infolge einer Ausweitung der Grundgesamtheit der Haushalte. In dieser Phase dominierte die traditionelle Kaminholzverwendung. Ab dem Jahr 2000 bilden sich deutlich höhere Steigerungsraten heraus. Diese sind eine Folge der aufkommenden Fördermaßnahmen und stark steigenden Energiepreise. So führten die dramatischen Ölpreissteigerungen ab dem Jahr 2005 zu einer entsprechenden Belebung der Brennholzverwendung. Energie- und Holzmarkt verschmelzen in dieser Zeit miteinander. Zwischen 2009 und 2013 wächst die Verwendung langsamer und ist auch von kalten Wintern (z. B. 2010) geprägt. Im Anschluss folgt ein deutlicher Rückgang der Energieholznachfrage in Einzelfeuerungsanlagen. Im Umfeld kommt es zu einer stärkeren Regulierung der Emissionen, moderaten Energiepreisen und wärmeren Wintern (Mantau 2023).

Abbildung 5-3: Energieholzverwendung in privaten Haushalten in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Jochem/Morland/Glasenapp/Weimar (2023), Mantau (2023a)

Rohwareneinsatz

In privaten Haushalten wurde 2020 mit 12,7 Mio. m³_{swe} überwiegend Scheitholz eingesetzt, wobei 62,4 % auf Laub- und 37,6 % auf Nadelholz entfielen. Der Scheitholzanteil betrug 60,4 %, während die übrigen Sortimente 39,6 % ausmachten. Zu den anderen primären Biomassequellen zählen insbesondere Landschaftspflegeholz, das hauptsächlich aus Gartenholz besteht, sowie Waldrestholz, das Äste und Knüppel enthält. Insgesamt belief sich die Menge des Landschaftspflegeholzes auf 2,6 Mio. m³_{swe}, während die Menge des Waldrestholzes 2,5 Mio. m³_{swe} betrug. Hinzu kommt eine zusätzliche Menge von 1,3 Mio. m³_{swe} Rinde, die dem Scheitholz anhaftet. Rest- und Altholz weisen 2020 eine Gesamtmenge von 2,5 Mio. m³_{swe} auf.

Energieholzprodukte

Die Rohwarenzusammensetzung wurde im Zeitraum des Szenarios konstant gehalten.

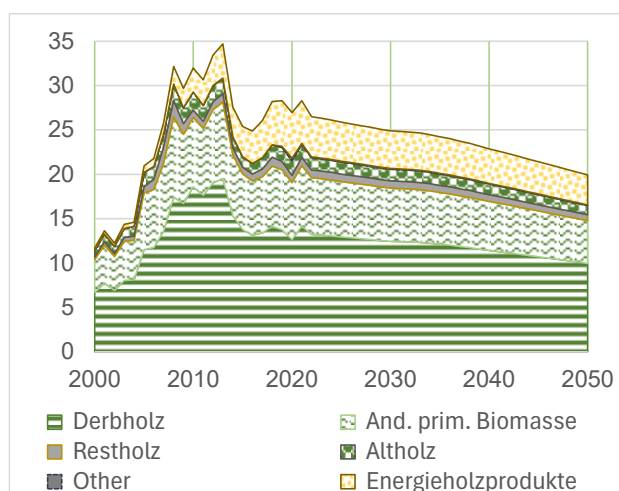
Zu den Energieholzprodukten zählen Pellets, Holzbriketts und andere Holzrohwaren, die einer Aufbereitung unterzogen werden, bevor sie energetisch genutzt werden. Im Falle von Holzhackschnitzeln ist eine Erhebung dieser Daten nicht durch die Produzenten, sondern durch die Verwender möglich. Dabei kann es sich um bereits geschnitzelte Resthölzer handeln oder um aufbereitete Hackschnitzel.

Energieholzprodukte sind rechentechnisch vergleichbar mit den Halbwaren der stofflichen Verwendung. Aus rechentechnischen Gründen wurde die Produktion von Energieholzprodukten zunächst in einem eigenen Segment erfasst und fortgeschrieben. Deren Rohwaren wurden schließlich der Energieholzverwendung zugerechnet. Die jeweiligen Energieholzverwender wurden folglich ohne Pellets berechnet.

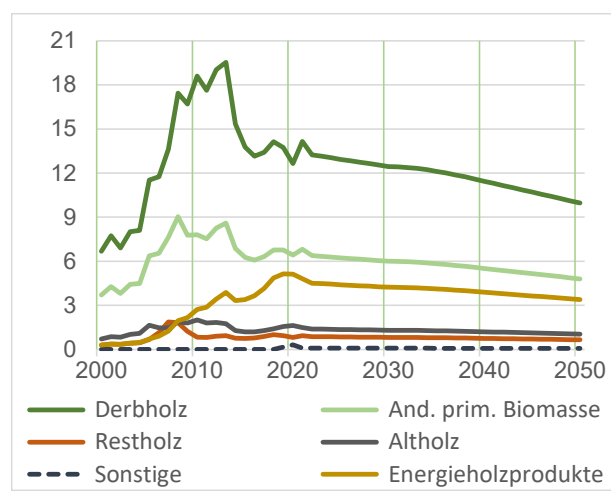
Die folgenden Darstellungen weisen die verwendeten Rohwaren und die Pellets als eigenen Brennstoff aus. Die Aufbereitung der Daten ist somit von der Fragestellung und der angestrebten Differenzierung abhängig. Im Folgenden wird die Gesamtsumme der Endverwender dargestellt. In die Summe der Energieholzverwendung insgesamt gehen nur die direkt eingesetzten Rohwaren ein und Pelletproduktion als eigenes Sortiment.

Abbildung 5-4: Szenario der Energieholzverwendung in privaten Haushalten in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Jochem/Morland/Glasenapp/Weimar (2023), Mantau (2023a), 023a), Henneberg et al. (2022)

Szenario

Der Trend setzt sich weiter fort. Die Annahmen der Szenarien führen bei Einzelfeuerungsanlagen zu einem Rückgang der Holzenergieverwendung, die in privaten Haushalten zwischen 2020 und 2050 in EZF von 18,1 Mio. m³_{swe} auf 13,5 Mio. m³_{swe} sinken.

Die Holzverwendung in Holzzentralheizungen steigt zunächst durch Anlagenausbau von 2020 bis 2030 von 8,9 Mio. m³_{swe} bis 2030 auf 10,3 Mio. m³_{swe} an. Danach führen Effizienzgewinne und sinkender

Kälteeinfluss bis 2050 zu einem Rückgang der Holzverwendung auf 6,7 Mio. m³_{swe}.

In der Summe führt es zu einem Rückgang der Energieholzverwendung in privaten Haushalten von 21,8 Mio. m³_{swe} im Jahr 2020 auf 16.5 Mio. m³_{swe} im Jahr 2050.

Energieholzprodukte

Zu den Energieholzprodukten zählen Pellets, Holzbriketts und andere Holzrohwaren, die einer Aufbereitung unterzogen werden, bevor sie energetisch genutzt werden. Im Falle von Holzhackschnitzeln ist eine Erhebung dieser Daten nicht durch die Produzenten, sondern durch die Verwender möglich. Dabei kann es sich um bereits geschnitzelte Resthölzer handeln oder um aufbereitete Hackschnitzel.

5.3 Energieholzverwendung in Großfeuerungsanlagen (FWL > 1 MW)

Definition

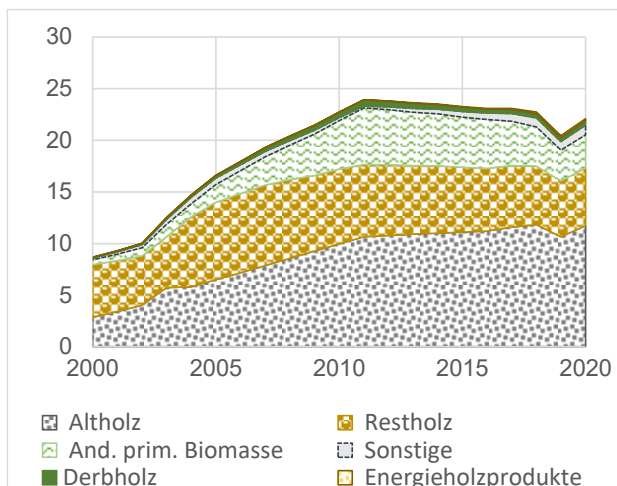
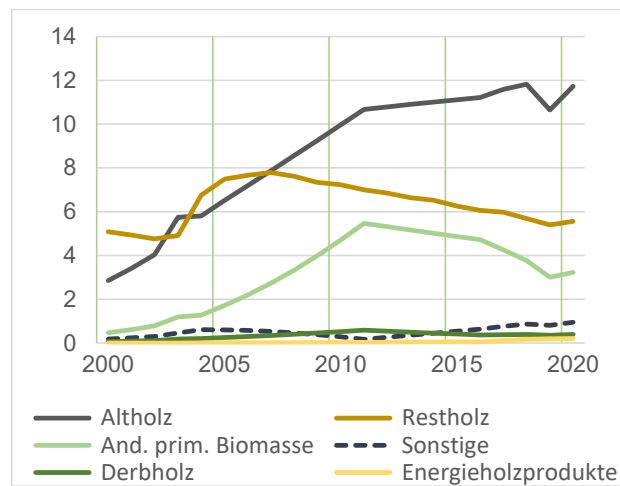
Erfassungsstruktur

Die Trennung zwischen den Biomassefeuerungsanlagen in Großfeuerungsanlagen (>1 MW FWL) und Kleinfeuerungsanlagen (<1 MW FWL) hat erhebungstechnische Gründe. Während die Anzahl der Großfeuerungsanlagen eine Erfassung aller Anlagen grundsätzlich ermöglicht (2020 409 Anlagen), ist dies bei ca. 45.000 Kleinfeuerungsanlagen/Heizungen ausgeschlossen und auch nicht erforderlich. Nähere Angaben zur Methodik ist der Studie Döring/Weimar/Mantau (2021) zu entnehmen.

Entwicklung

Einfluss des EEG

Zu Beginn des Entwicklungsverlaufs befanden sich Großfeuerungsanlagen vor allem in der Zellstoffindustrie und in der traditionellen Holzindustrie. Mit dem Stromeinspeisungsgesetz und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG, 25.02.2000) kam es zu einer Belebung der energetischen Holzverwendung. Der Brennstoffbedarf stieg ab 2003 deutlich an, und der Kapazitätsaufbau setzte sich bis zum Jahr 2011 fort. Die EEG-Förderung für eine neu errichtete Anlage wurde für 20 Jahre gewährt. Der moderate Rückgang ist möglicherweise dadurch zu erklären, dass früh erstellte Anlagen bereits aus der Förderung laufen oder bei älteren Anlagen sich Reparaturleistungen bis zum Ende der Förderleistung nicht mehr amortisieren und die Anlage stillgelegt wurde. Dafür spricht auch der Rückgang der Anlagenzahl (-18,8 %) zur Studie aus dem Jahr 2019. Das Erhebungsjahr 2019 stellte insofern eine Ausnahme dar, als es ein besonderes Trockenjahr war, in dem auch das eingesetzte Holz weniger Wassergehalt aufwies. Ein geringerer Wassergehalt bewirkt einen höheren Heizwert und reduziert so die benötigte Holzmenge bei gleicher Leistung. (Mantau 2024).

Abbildung 5-5: Energieholzverwendung in Biomasseheizkraftwerken > 1 MW in Mio. m³swe
Entwicklungen, kumuliert

Entwicklungen, vergleichend


Quelle: Döring/Weimar/Mantau (2021b), Mantau (2023a)

Kennziffern der Holzverwendung

Den größten Anteil an den Holzsortimenten hatte Altholz mit einer Verbrauchsmenge von 6,1 Mio. t (55,6 %). Die Sortimente Sägenebenprodukte (0,5 Mio. t) und sonstiges Industrierestholz (0,5 Mio. t) als Kuppelprodukte der Holzbe- und verarbeitenden Industrien hatten zusammen einen Anteil von 8,8 %. Eine relativ große Bedeutung kam auch dem Waldrestholz mit 1,0 Mio. t bzw. 8,8 % zu. Die Verbrauchsmengen von Landschaftspflegeholz und loser Rinde betrugen mit Anteilen von 10,5 % bzw. 5,5 % 1,2 Mio. t bzw. 0,6 Mio. t. Industrieholz (Waldderbholz) hatte mit 0,3 Mio. t einen Anteil von 2,7 %. Unter „Sonstiges“ (6,8 %) fielen nicht genauer definierbare Holzressourcen, wie z. B. Siebreiste oder Holzhackschnitzel unbestimmter Herkunft (Döring/Weimar/Mantau, 2020).

Mit-weiteren-Maßnahmen-Szenarien (MwMS) Szenario

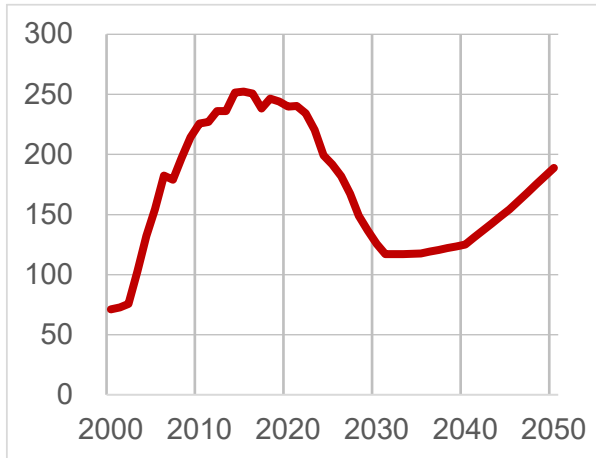
Für die Szenarien wird die Entwicklung des Wärmebedarfs (TJ) in den Mit-weiteren-Maßnahmen-Szenarien (MwMS) für feste Brennstoffe des Projektionsberichtes der Bundesregierung unterstellt (Umweltbundesamt 2023). Danach werden auslaufende Maßnahmen nicht fortgeführt. Sofern Fördermaßnahmen absehbar sind, werden sie in die Szenarien integriert. Für Großanlagen (BMFA über 1 MW) wird die Entwicklung der Energiewirtschaft im MwMS angenommen. Für die BMFA unter 1 MW die Entwicklung im MwMS für den GHD-Bereich (Gewerbe, Handel, Dienstleistung) unterstellt.

Szenario

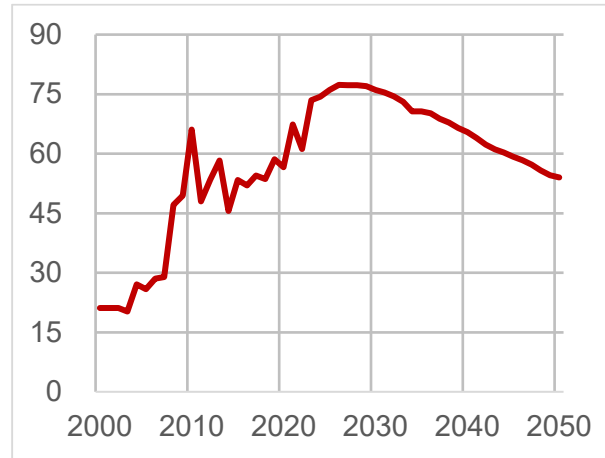
Nach den Annahmen des Mit-weiteren-Maßnahmen-Szenarios (MwMS) für die Biomassenachfrage kommt es bis etwa 2030 zu einem deutlichen Rückgang der Nachfrage. Anschließend geht die Nachfrage in eine Seitwärtsbewegung über, bevor ab 2040 wieder deutliche Zuwächse erwartet werden. Entsprechend wird die Nachfrage nach Holzenergie für den Bereich der Großfeuerungsanlagen angenommen. Die Rohwarenzusammensetzung bleibt bis 2050 konstant.

Abbildung 5-6: Entwicklung der Biomassenachfrage der Energieproduktion in Biomasseanlagen nach den Treibhausgas-Projektionsberichten 2024 in TJ

Energiewirtschaft



Gewerbe, Handel, Dienstleistung



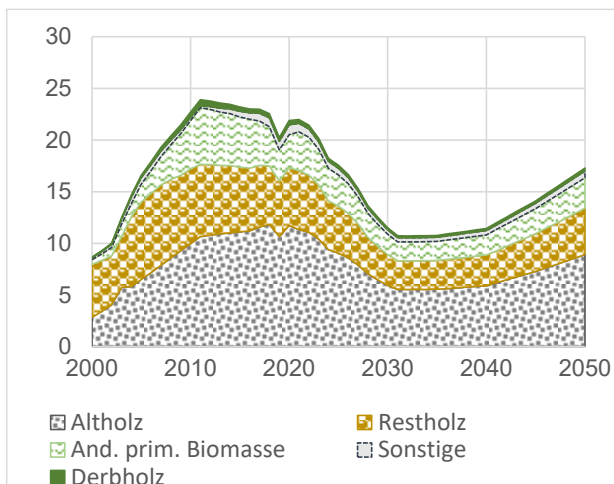
Quelle: Mantau (2023a) und Umweltbundesamt (2023)

Holzbedarf

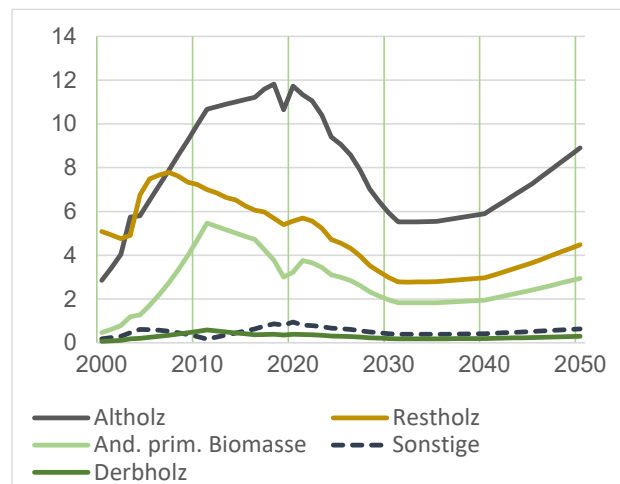
Großfeuerungsanlagen erreichen demnach zwischen 2010 und 2020 ein weitgehend stabiles Plateau von ca. 23 Mio. m³_{swe}. Bis zum Jahr 2030 ist ein starker Rückgang auf ein Niveau von ca. 11 Mio. m³_{swe} zu verzeichnen, der bis 2040 weitgehend konstant bleibt. In der Folge ist ein kontinuierlicher Anstieg auf 17 Mio. m³_{swe} zu verzeichnen.

Abbildung 5-7: Energieholzverwendung Biomasseheizkraftwerken > 1 MW in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Döring/Weimar/Mantau (2021b), Mantau (2023a), Umweltbundesamt (2023), Mantau (2025)

5.4 Energieholzverwendung in Kleinfeuerungsanlagen (FWL < 1 MW)

Definition

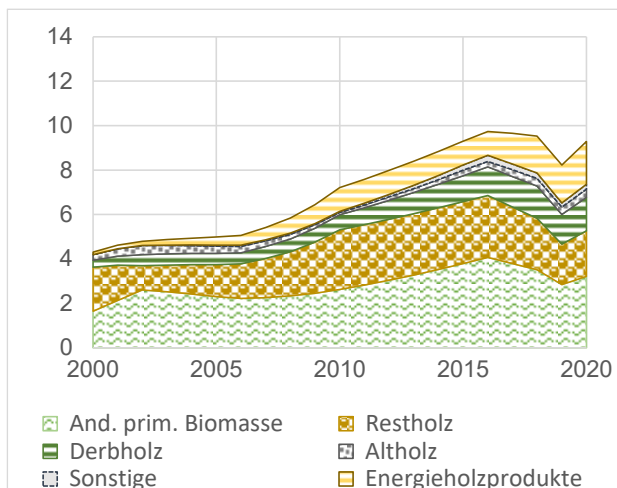
Der Begriff gewerblich umfasst alle wirtschaftlichen Tätigkeiten von privaten Betrieben (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie), nicht zu verwechseln mit dem Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Sektor). Der Begriff Kleinfeuerungsanlagen umfasst im Folgenden alle Feuerungsanlagen im Geltungsbereich der 1. BImSchV, in denen mindestens ein Brennstoff der Brennstoffgruppen 4, 5, 5a, 6 oder 7 nach §3 der 1. BImSchV eingesetzt wurde. Ausgeschlossen von der Betrachtung wurden Einzelfeuerungsanlagen sowie alle Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung (NWL) bis 15 Kilowatt (kW) bzw. einer Feuerungswärmeleistung (FWL) bis 17 kW. Es wurde angenommen, dass diese Feuerungsanlagen nahezu ausschließlich in privaten Haushalten Verwendung finden (Biomasseatlas 2020).

Entwicklung

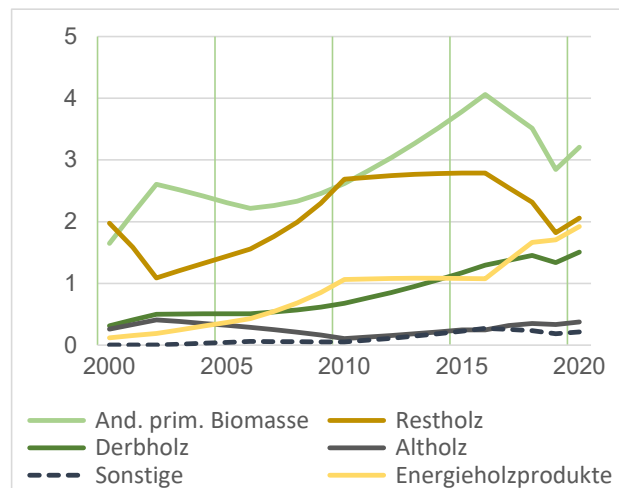
Kleinfeuerungsanlagen werden vor allem in Kommunen und gewerblichen Betrieben genutzt. Ursprünglich dürften sie vor allem in holzwirtschaftlichen Kleinbetrieben vorgekommen sein. Mit dem EEG tritt ab dem Jahr 2020 eine Veränderung ein. Kommunen sind auch Waldbesitzer, die wärmeerzeugende Anlagen mit Waldrestholz betreiben. Der Anteil des Industrierestholzes bleibt weitgehend konstant. Mit Einführung eines Bonus für nachwachsende Rohstoffe (NAWARO 2012) wächst der Anteil des Rundholzes. Energieholzprodukte gewinnen ab dem Jahr 2000 kontinuierlich an Bedeutung (Mantau 2023a).

Abbildung 5-8: Energieholzverwendung in Biomasseheizkraftwerken < 1 MW in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Döring/Weimar/Mantau (2021a), Mantau (2023a)

Kennziffern der Holzverwendung

Ein Vergleich zwischen der Zusammensetzung der Rohwaren in Großfeuerungsanlagen (Abbildung 5-5) und in Kleinfeuerungsanlagen (Abbildung 5-9) zeigt deutliche Unterschiede in der Verwendung der Rohwaren. Während bei Großfeuerungsanlagen im Jahr 2020 die energetische Verwendung von Altholz eine dominante Rolle spielt, kommt sie bei Kleinfeuerungsanlagen kaum vor. Demgegenüber haben

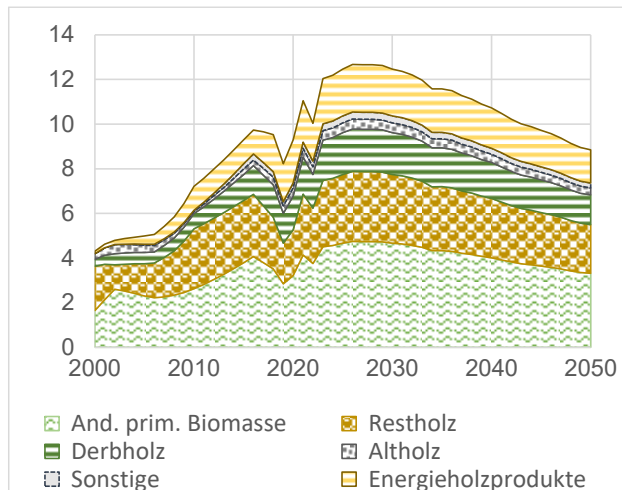
Waldrestholz (27,0 %), Derbholz (17,6 %), Sägenebenprodukte (15,0 %), und Pellets/Briketts (14,3 %) eine deutlich größere Bedeutung.

Szenario

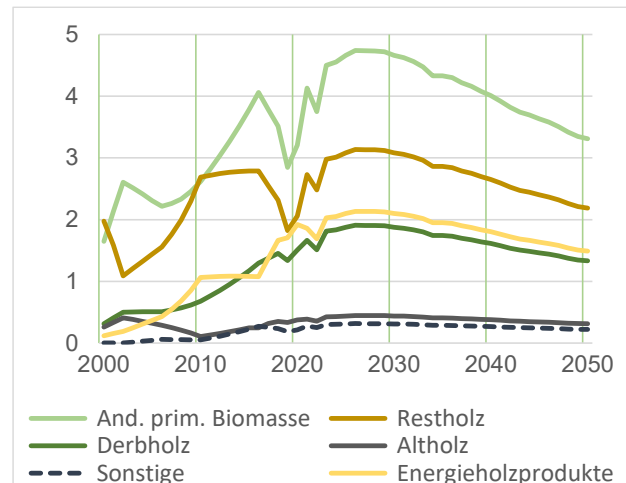
Wie bereits im Abschnitt zu Großfeuerungsanlagen erläutert, wird die Holzverwendung insgesamt an das Mit-weiteren-Maßnahmen-Szenarios (MwMS) für die Biomassenachfrage angelehnt. Die Rohwarenzusammensetzung wird als konstant angenommen.

Abbildung 5-9: Energieholzverwendung Biomasseheizkraftwerken < 1 MW in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Döring/Weimar/Mantau (2021a), Mantau (2023a), Umweltbundesamt (2023), Mantau (2025)

Holzbedarf

Kleinf Feuerungsanlagen erreichen zwischen 2023 und 2033 ihren größten Holzbedarf mit 12,5 Mio. m³_{swe} im Durchschnitt. Entsprechend des vorgegebenen Szenarios sinkt die Holzverwendung anschließend bis zum Jahr 2050 auf 8,9 Mio. m³_{swe}.

5.5 Sonstige Verwendungen von Energieholz

Definition

Allgemein

Die sonstigen Verwendungen von Energieholz fassen Energieholzverwendungen zusammen, die in den zuvor dargestellten Verwendungen nicht zugeordnet wurden. Derzeit fallen zwei Verwendungen darunter.

Definition

Bio Fuel

Im Rahmen der Förderung erneuerbarer Energien wurde der Einsatz erneuerbarer Rohstoffe für den Verkehrsbereich gefördert. Dafür werden vor allem Agrarpflanzen eingesetzt. Versuche mit Holz wurden in Deutschland von „Sun-Diesel“ in Choren unternommen. Inzwischen wurden die Versuche eingestellt. Derzeit sind keine Verbrauchsmengen in diesem Bereich bekannt. In den ersten Jahren des Aufbaus der Anlage in Choren waren fünf Betriebe mit einer Leistung von jeweils 500.000 Liter Biofuel im Gespräch. Das wäre eine zusätzliche Holzverwendung in Höhe von ca. 12,5 Mio. m³_{swe} gewesen. Das Beispiel zeigt, dass dieser Bereich durchaus Bedeutung erhalten kann und wird deshalb als offene Position beibehalten.

Definition

Sonstige Holzbriketts

Holzbriketts kamen bis zum Jahr 2018 in der Statistik nicht vor. Die einzige Quelle, die die Verwendung von Holzbriketts systematisch auswies, war das Rohstoffmonitoring in seinen Studien zur

Energieholzverwendung in privaten Haushalten (Mantau 2023a). Dabei handelte es sich aber stets nur um die Verwendung in privaten Haushalten. Die Haushaltsstudie zum Jahr 2018 wies 0,564 Mio. m³_{swe} für Holzbriketts aus und die Studie für 2020 0,690 Mio. m³_{swe}. Das entsprach nach Umrechnung 0,361 Mio. t_{lutro} Holzbriketts.

Mit der neuen Systematik der Produktionsstatistik berichtete das Statistische Bundesamt im Jahr 2020 erstmals über Holzbriketts zum Jahr 2019 (GP19-162915003; Briketts, Scheiten aus Sägespänen u. ä. zusammengepresst). Mit 0,841 Mio. t_{lutro} entsprach dies 1,605 Mio. m³_{swe}. Die größere Menge war den betrachteten Verwendern nicht zuzuordnen. Da ihr aber eine Holzverwendung entspricht, kann sie auch nicht vernachlässigt werden.

Eine Befragung bei ausgewählten Herstellern ergab einen Rohwareneinsatz von 79,5 % Sägenebenprodukte, 16,5 % sonstiges Industriorestholz und 4,0 % Waldholz. (Mantau 2023a).

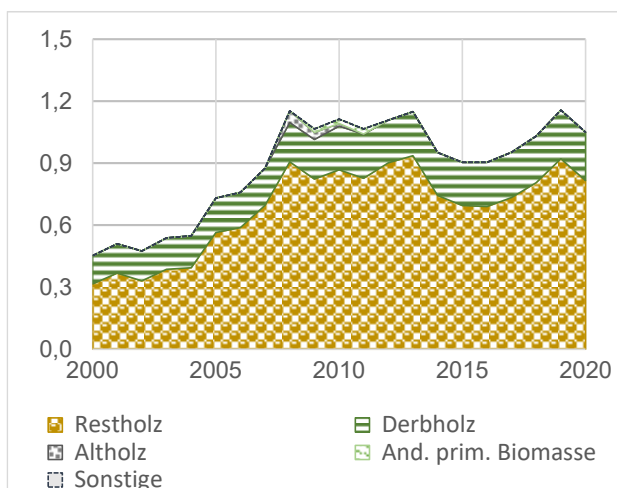
Entwicklung

Die Entwicklung wird vor allem von der simulierten Erfassungsdifferenz zwischen 2000 und 2018 bestimmt. Zwischen 2019 und 2020 folgt sie der berechneten Differenz und wird ab 2021 mit dem Wert von 2020 konstant fortgeschrieben.

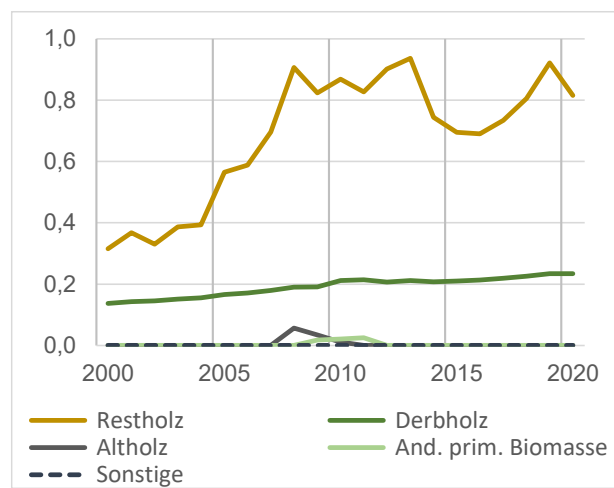
Die Darstellung der Entwicklung und des folgenden Szenarios beziehen sich auf den Rohwareneinsatz.

Abbildung 5-10: Energieholzverwendung in sonstigen Verwendungen in Mio. m³_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau 2023a

Kennziffern der Holzverwendung

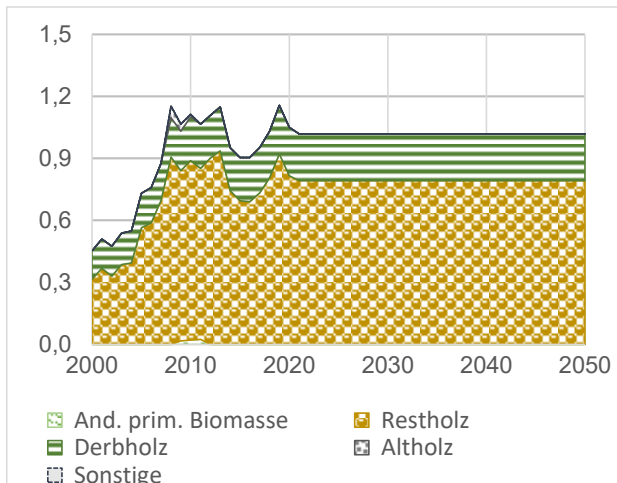
Eine Befragung bei ausgewählten Herstellern ergab einen Rohwareneinsatz von 79,5 % Sägenebenprodukte, 16,5 % sonstiges Industriorestholz und 4,0 % Waldholz. Nach den vorhandenen Angaben betrug er bei Sägenebenprodukten 1,8 %, bei sonstigem Industriorestholz 7,5 % und bei Waldholz 8,0 %. In der Summe aller Einzelangaben lag er bei 3,0 %. (Mantau 2024).

Szenario

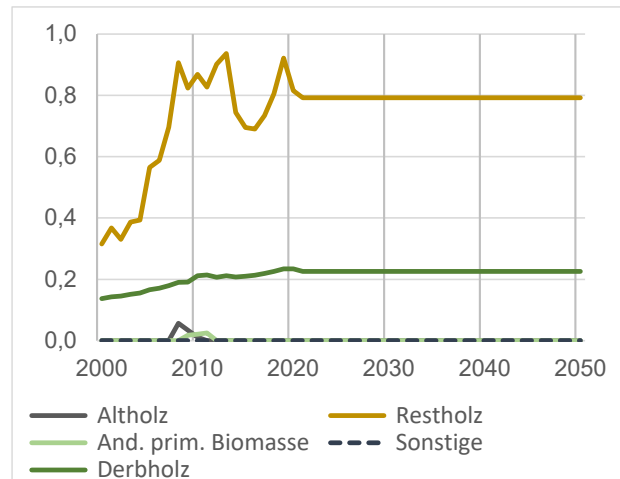
Spezielle Annahmen für den Zeitraum des Szenarios wurden nicht getroffen, da der größte Teil auf eine Erfassungsdifferenz fällt. Sie wurde mit den Werten des Jahres 2020 konstant fortgeschrieben.

Abbildung 5-11: Szenario der Energieholzverwendung in sonstigen Verwendungen in Mio. m³swe

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau 2023a, Mantau 2025

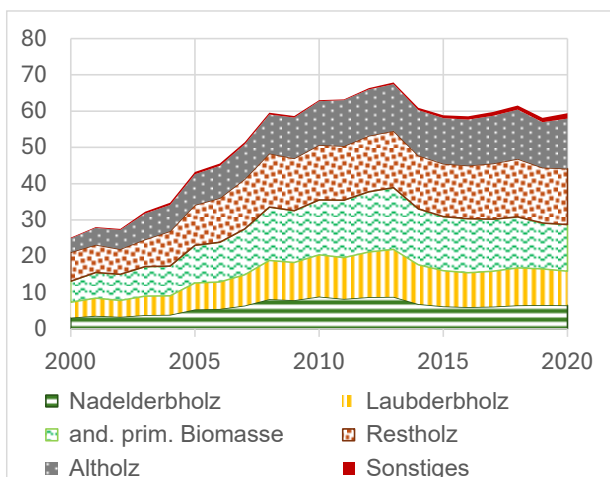
5.6 Energieholzverwendung insgesamt

Definition

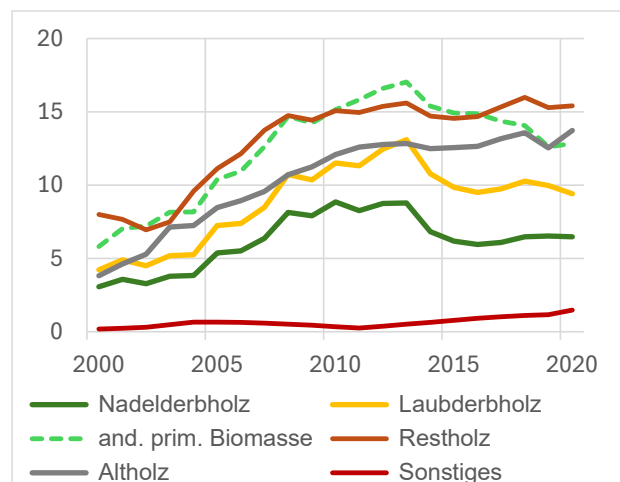
Die Energieholzverwendung ist mit den beschriebenen Segmenten vollständig erfasst. Die Summe der einzelnen Segmente entspricht somit der Energieholzverwendung insgesamt.

Abbildung 5-12: Energieholzverwendung insgesamt in Mio. m³swe

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau 2023a

Entwicklung

Die Energieholzverwendung erfuhr im ersten Jahrzehnt 2000 bis 2010 einen kraftvollen Aufschwung. Im folgenden Jahrzehnt stabilisierte sich die Energieholzverwendung auf dem erreichten Niveau. Auslaufende Fördermaßnahmen des EEG für Großanlagen

Kennziffern der Holzverwendung

und mildere Temperaturen führen in der Folge zu einer sinkenden Energieholznachfrage.

Im Jahr 2020 betrug der Anteil des Nadelrundholzes 10,9% des der des Laubrundholzes 15,9 % an der Energieholznutzung ermittelt. Der Derbholzanteil betrug damit insgesamt 26,8 %. Auf andere primäre Biomasse entfielen 21,9 %. Restholz wurde zu 26,0 % und Altholz zu 23,1 % eingesetzt. Die verbleibenden 2,5 % entfallen auf sonstige Rohwaren.

Szenario

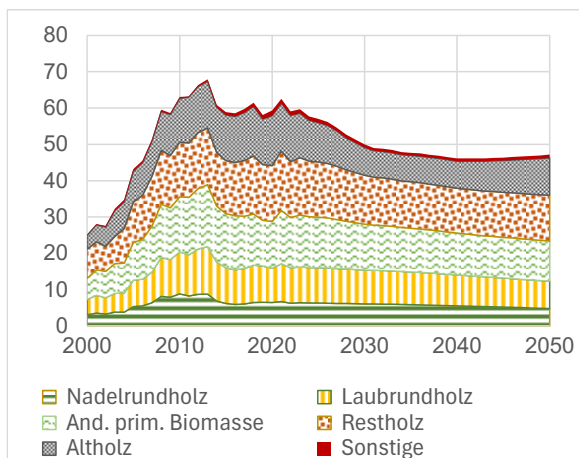
Auch wenn die Verwendung der Rohwaren im Szenario konstant bleibt, können sich die Anteile der Summe durch unterschiedliche Entwicklungen der Segmente verändern.

So fällt der Anteil des Altholzes mit dem Abbau der Kapazitäten von Großfeuerungsanlagen zunächst stark zurück. Trotz Anstiegs im späteren Verlauf liegt der Anteil im Jahr 2050 mit 21,8 % unter dem Anteil des Jahres 2020.

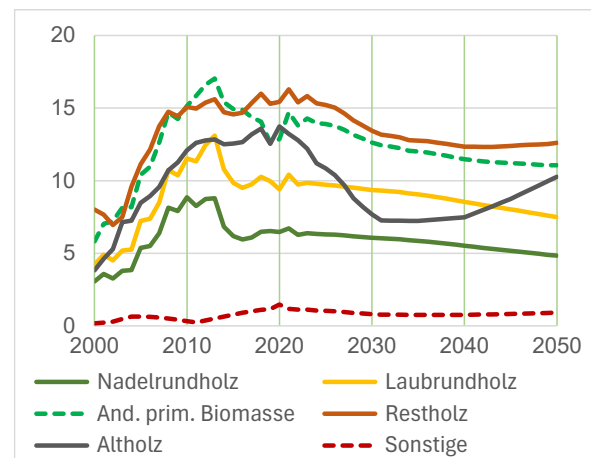
Die Energieholzverwendung sinkt um 12,2 Mio. m^3_{swe} von 59,4 Mio. m^3_{swe} auf 47,2 Mio. m^3_{swe} . Das entspricht einen Rückgang um ein Fünftel (20,5 %).

Abbildung 5-13: Szenario der Energieholzverwendung insgesamt in Mio. m^3_{swe}

Entwicklungen, kumuliert



Entwicklungen, vergleichend



Quelle: Mantau 2023a, Mantau 2025

5.7 Holzverwendung, insgesamt

Definition

Die Ermittlung des gesamten künftigen Holzeinsatzes geht von der erfassten stofflichen Holzverwendung in den Fertigwarenbereich aus. Zuzüglich der Summe der energetischen Holznutzung ergibt sich die bestimmte Holzmenge der Endnutzungen. Die noch nicht spezifizierten Bereiche oder anderer noch nicht bestimmter Phänomene im stofflichen Bereich ist die Differenz zwischen den vollständig erfassten Mengen im Halbfertigwarenbereich und den spezifizierten Mengen im Endwarenbereich.

Entwicklung

Sowohl die stoffliche als auch die energetische Holzverwendung erfuhren im Zeitraum von 2000 bis 2010 einen signifikanten Aufschwung. In der Zeitspanne des darauffolgenden Jahrzehnts bis zum Jahr 2020 kam es zur Stabilisierung beider Verwendungsbereiche. Die Szenarien werden unter Berücksichtigung der Datenverfügbarkeit in den Jahren 2000 bis 2023 initiiert.

Für die Nutzung der Energieholzverwendung in Biomasseheizkraftwerken wurden die „Mit-weiteren-Maßnahmen-Szenarien“ (MwMS) für feste Brennstoffe des Projektionsberichtes der Bundesregierung unterstellt (Umweltbundesamt 2023). Die Analyse der Daten lässt den Schluss zu, dass die Holzverwendung im Jahrzehnt von 2030 bis 2040 einen signifikanten Rückgang verzeichnen wird. Dieser wird voraussichtlich seinen Tiefpunkt in den 40er Jahren erreichen und im Anschluss daran einen moderaten Anstieg aufweisen.

Die Szenarien der stofflichen Holzverwendung wurden für die einzelnen Sektoren ausführlich dargestellt. Trotz zahlreicher Unterschiede in den einzelnen Sektoren verläuft die Holzverwendung insgesamt weitgehend stabil auf dem bisherigen Niveau. Der dargestellte Anstieg ist in erster Linie auf die Verwendung in den Bereichen Gebäudemodernisierung und Tiefbau zurückzuführen.

Daraus folgt in der Summe aller Holzverwendungen künftig eine weitgehend stabile Entwicklung bei etwa 120 Mio. m³_{swe}. Von einer weitgehend ausgeglichenen stofflichen und energetischen Holzverwendung nach dem Jahr 2010 zeichnet sich am aktuellen Rand bereits eine relative Bedeutungszunahme der stofflichen Holznutzung ab. Nach den Szenarien wird sich dies bis 2040 verstärken. Der Anteil der stofflichen Holzverwendung wird danach im Jahr 2050 bei 62,3 % liegen und die Holzenergienachfrage entsprechend 37,7 % erreichen.

Rohwarenanteile

Im Jahr 2050 entfallen 49,1 % des Holzrohwareneinsatzes auf Nadelderholz und 12,1 % auf Laubderholz. Diese Werte werden getrennt nach Stammholz (39,5 %) und sonstigem Derbholz (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 Schwarzlauge. 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.

Abbildung 5-14: Holzverwendung nach Hauptnutzungen in Mio. m³_{swe}

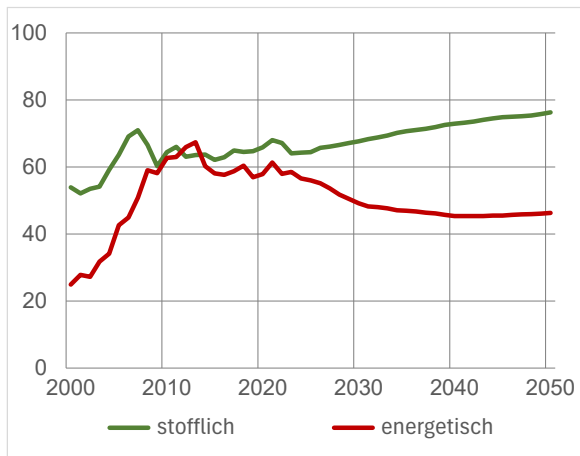
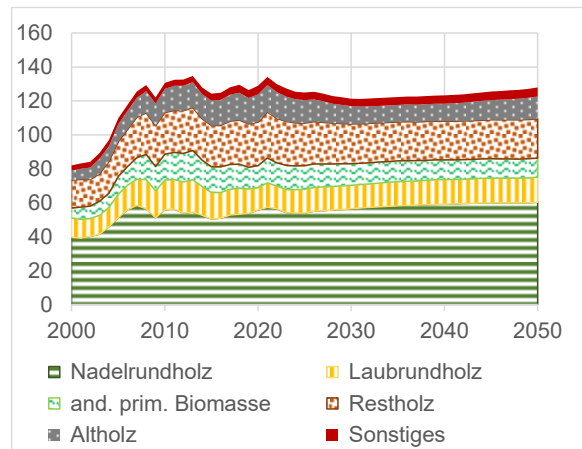


Abbildung 5-15: Holzverwendung nach Rohwarengruppen in Mio. m³_{swe}



Quelle: Mantau 2023a, Mantau 2025

Darstellung

Die Achsen der folgenden Grafiken wurden gleich dimensioniert. Dadurch lassen sie sich direkt vergleichen. Der Anstieg im Bereich des Nadelstammholzes ist eine Folge der erwarteten Zuwächse im Bereich der Gebäudemodernisierung und des Tiefbaus. Es sei darauf hingewiesen, dass die Wachstumsraten geringer angenommen wurden als in der Vergangenheit. Die Veränderungen im Bereich der sonstigen Rohwaren sind stark von der Energieholzverwendung geprägt.

Abbildung 5-16: Derbholzverwendung in Mio. m³_{swe} – Übergabe an Waldwachstumsmodellierung (FABio)

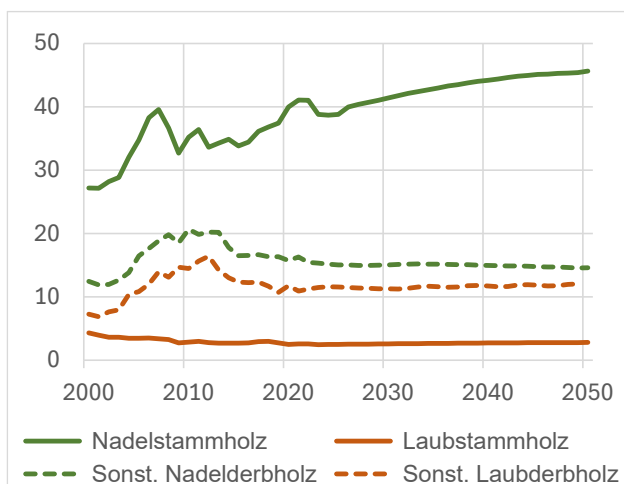
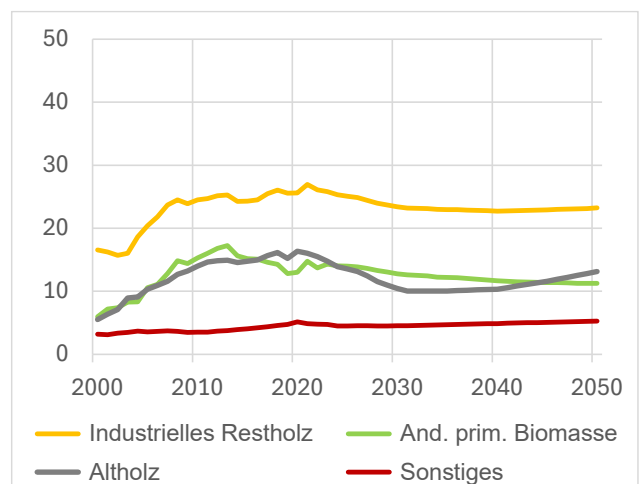


Abbildung 5-17: Sonstige Verwendung von Rohwaren Mio. m³_{swe}



Quelle: Mantau 2025

6. Sensitivitätsanalysen

6.1 Sensitivität der Holzbauquote

Holzbauszenario

Die Vorgehensweise und die Ergebnisse des Holzbauszenarios wurden bereits im Kapitel 4.1.5 dargestellt. Da das Holzbauszenario im Vergleich zum konjunkturellen Basisszenario als eine Variante der Sensitivitätsanalyse aufgefasst werden kann, werden an dieser Stelle die Ergebnisse wiederholt. Das Ziel besteht darin, die Sensitivität des Treibers Holzbauquote in den Kontext der übrigen Sensitivitäten zu setzen.

Unterschiede zwischen den Szenarien

Die nachfolgenden Tabellen (Tabelle 6-1, Tabelle 6-2) geben Auskunft über die Unterschiede zwischen dem konjunkturellen Basis- und dem Holzbauszenario für Halb- und Rohwaren wieder. Die erste Spalte gibt den Ausgangswert der verwendeten Holzwaren im Jahr 2020 an. Für die Jahre 2030, 2040 und 2050 wird der zusätzliche Holzeinsatz infolge der Erhöhung der Holzbauquote ausgewiesen. Die Spalte "50-20" veranschaulicht die prozentuale Veränderung zwischen dem Wert im Jahr 2020 und 2050. Die letzte Spalte veranschaulicht den prozentualen Unterschied zwischen den Szenarien im Jahr 2050.

Tabelle 6-1: Differenz der Halbwaren zwischen Holzbau- und Basisszenario in Mio. m³_{hwe}

Eingesetzte	2020	2030	2040	2050	50 - 20	Diff SZ
Holzhalbwaren	in Mio. m ³ _{hwe}			in %		
Nadelschnittholz	9,037	8,869	9,688	10,213	11,5	3,8
Laubschnittholz	1,154	1,126	1,240	1,305	11,6	1,8
Holzwerkstoffplatten	2,601	2,622	2,870	3,006	13,5	1,9
Dämmstoffplatten	2,508	2,479	2,730	2,881	12,9	5,8
Furnier / Sperrholz	0,739	0,798	0,888	0,965	23,4	0,7
Insgesamt	16,039	15,894	17,416	18,370	12,7	3,5

Tabelle 6-2: Differenz der Rohwaren zwischen Holzbau- und Basisszenario in Mio. m³_{swe}

Eingesetzte	2020	2030	2040	2050	50 - 20	Diff SZ
Holzhalbwaren	in Mio. m ³ _{hwe}			in %		
Stammholz	18,286	0,180	0,434	0,697	12,6	3,3
Sonstiges Derbholz	2,262	0,023	0,056	0,089	13,4	3,4
<i>Derbholz, Nadel</i>	17,742	0,192	0,462	0,741	12,3	3,7
<i>Derbholz, Laub</i>	2,806	0,012	0,028	0,045	14,9	1,4
Sonst. prim. Rohwaren	0,044	0,000	0,000	0,000	13,9	0,4
Industrierestholz	2,677	0,021	0,051	0,083	14,1	2,7
Recyceltes Altholz	0,325	0,001	0,002	0,004	10,5	1,1
Insgesamt	23,594	0,226	0,544	0,873	12,8	3,2

Quelle: Mantau 2025. „50-20“ = Veränderung 2050 gegenüber 2020;
Diff SZ = Anteil der höheren Holzbauverwendung an der Holzverwendung im Baubereich insgesamt im Jahr 2050

Geringe Sensitivität

Obwohl die Holzbauquote in allen Neubausegmenten von einem Ausgangswert in Höhe von 25 % durch Aufrundungen auf insgesamt

32 % erhöht wird, liegen die relativen Mengeneffekte in der Summe nur bei etwa einem Zehntel dieses Wertes. Im Bereich der Holzhalbwaren beträgt der Unterschied zwischen den Szenarien 3,5 % und im Bereich der Rohwaren 3,2 %. Der geringere Zuwachs der Rohwaren ist auf konjunkturelle und strukturelle Veränderungen zurückzuführen. So kann beispielsweise ein stärkeres Wachstum der Verwendung von Dämmstoffplatten mit geringer Dichte im Vergleich zu Stammholz zu einer Verringerung des Unterschieds bei den Rohwaren führen. Von größerem Interesse ist jedoch die Diskrepanz zwischen der relativen Veränderung der Holzbauquote (+32 %) und der zusätzlichen Verwendung von Holzrohwaren, die lediglich einen Zehntel dieses Wertes (3,2 %) beträgt. Wie lässt sich die Diskrepanz erklären?

Geringe Anteil des Holzbaus am Baubereich insgesamt

Die Veränderung der Holzbauquote bezieht sich nur auf den Neubau. Der Anteil des Neubaus an der Holzverwendung lag 2022 bei 33,9 % und sank bis 2050 weiter auf 29,2 %. Die Holzbauquote erhöht sich nur für Gebäude in Holzbauweise. Innerhalb des Neubaus entfällt der Zuwachs nur auf Gebäude mit überwiegender Holzbauweise, die im ungewichteten Mittel einen Anteil von 15,6 % haben. Etwa die Hälfte der Holzverwendung findet in den übrigen 84,4% Nicht-Holzgebäuden statt, die auch Dachsparren und Holzfußböden enthalten. Sie enthalten pro Gebäude deutlich weniger Holz. Das ihre Holzverwendung ebenso groß ist, liegt an der größeren Zahl der Gebäude. Deren Substitution reduziert den Effekt der höheren Holzbauquote der Gebäude in Holzbauweise um -17,5 %.

In der Modernisierung und im Tiefbau werden keine veränderten Holzanteilsquoten angenommen. Deren Veränderung liegt ausschließlich an der Veränderung der Entwicklung insgesamt. Sachlich spricht für diese Annahme, dass die Modernisierung stärker an die vorhandene Bausubstanz und Bauweisen gebunden ist.

Erwartungshaltung

Die Einschätzung vieler Marktbeobachter zum Holzbau bezieht sich auf die Anzahl genehmigter Gebäude. Die Bedeutung des Holzbaus wird dadurch überschätzt. Die Berechnungen basieren auf dem signifikant stärkeren Zusammenhang zwischen der Verwendung von Holz und den realisierten Objekten sowie deren entsprechenden Größen. Der fertiggestellte umbaute Raum steht damit in einem deutlich engeren Zusammenhang zur Holzverwendung als die Anzahl der genehmigten Gebäude.

Lineare Veränderung

Für die Quantifizierung der Effekte eines Szenarios ist die Art der Implementierung des Effekts von signifikanter Relevanz. In vorliegendem Fall setzt die Veränderung im Jahr 2024 und nicht 2020 ein, da die Daten bis 2023 aktualisiert wurden. Ab dem Jahr 2024 steigt die Holzbauquote bis 2050 linear an. Eine Festlegung des Zielwerts bereits ab dem Jahr 2024 wäre zwar theoretisch möglich gewesen, jedoch nicht realistisch. In der Konsequenz hätten die kumulierten Mengeneffekte entsprechend höhere Werte angenommen. Ein Szenario, in dem die Erhöhung der Holzbauquote auf halbem Wege (2037) erreicht würde, ist ebenfalls denkbar. In beiden Fällen entsprächen die Effekte den hier ausgewiesenen Effekten für das Jahr 2050. Lediglich die kumulierten Werte wären höher ausgefallen.

Vergleich zu weiteren Sensitivitäten

Die nachfolgenden Sensitivitätsberechnungen basieren auf dem Holzbauszenario. Sie wirken nicht nur auf den Holzbau, sondern auf den Baubereich insgesamt. Je nach untersuchter Sensitivität (z. B. geringerer Verschnitt) wirken sie zudem auf alle übrigen stofflichen Verwendungen. Die jeweiligen Wirkungsbereiche werden ausgewiesen.

6.2 Reduktion des Verschnitts

Definition

Der Begriff "Verschnitt" bezeichnet die bei der Holzverarbeitung anfallenden Reststoffe. Konkret sind dies die Weiterverarbeitung von Halbfabrikaten zu Fertigprodukten im Wertschöpfungsprozess. Der anfallende Verschnitt ist entsprechend der Rohwarenkategorie des sonstigen industriellen Restholzes zuzuordnen.

Vorgehensweise bei Reduktion des Verschnitts

Als Ausgangspunkt der Berechnungen dient der durchschnittliche Verschnittfaktor pro Bereich. Die Reduzierung beträgt 15,0 %. Die Reduktion des Verschnittfaktors um 15,0 % bewirkt eine Senkung des ursprünglichen Verschnittfaktors von 1,197 auf 1,167 bzw. von 19,7 % auf 16,7 %. In der Konsequenz führt dies zu einer Reduktion sowohl der eingesetzten Halbwaren als auch der anfallenden Reststoffe.

Die Anpassung erfolgt gemäß der folgenden Vorgehensweise. Der Verschnittfaktor bleibt bis zum Jahr 2025 konstant. In der Zeitspanne von 2026 bis 2035 erfolgt eine lineare Reduktion des Verschnittfaktors bis zum Erreichen des angestrebten Zielwerts.

Die Reduktion wirkt sich auf alle eingesetzten Halbwaren entsprechend ihrer Einsatzmenge aus. Da die Berechnungen pro Einsatzbereich erfolgen, ergeben sich jedoch Unterschiede entsprechend der Verschnittmengen, des Rohstoffmix und der Entwicklung der verschiedenen Einsatzbereiche.

Rückrechnung auf Rohwaren

Bei der Rückrechnung auf den Rohwareneinsatz lassen sich die Halbwaren nicht direkt auf die Rohwaren umlegen. Unter der Voraussetzung, dass Stammholz und anderes Derbholz separat ausgewiesen werden, lassen sich die Umrechnungsfaktoren spezifisch auf Stammholz anwenden (Nadelschnittholz 1,650 und Laubschnittholz 1,658). Bei allen übrigen Halbwaren besteht die Möglichkeit, dass verschiedene Rohwaren zum Einsatz gekommen sind. Für sonstiges Derbholz und Holzwerkstoffe wurde ein gewogenes Mittel errechnet, das mit den Mengenanteilen des Jahres 2020 gewichtet wurde. Für die Verpackung wurde ein Umrechnungsfaktor von 1,388 für alle übrigen Rohwaren ermittelt. Das bedeutet, dass der Einsatz von sonstigem Derbholz und Sägenebenprodukten für Holzverpackungen pro eingespartem Kubikmeter Halbwaren um 1,388 Kubikmeter eingesetzter Rohwaren reduziert wurde.

Ergebnisse - Lesebeispiel

Die folgende Tabelle 6-3 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen. Die erste Spalte weist die Bereiche aus, in denen die Verschnittreduktion zur Anwendung kam. Es folgt die Darstellung des bisherigen durchschnittlichen Verschnittfaktors in dem Bereich (z. B. Bau 21,1 %, bzw. Faktor 1,211). Bei einer Reduktion um 15% (Annahme 85% des Ursprungswertes) läge der Verschnittfaktor nur noch bei 1,179. Die Mengenwirkungen werden jeweils für den Durchschnitt der Jahre 2026 bis 2050 ausgewiesen. Das entspricht ohne Reduktion einem

Halbwareneinsatz in Höhe von 17,022 Mio. m^3_{hwe} . Es handelt sich dabei um Halbwarenequivalente (m^3_{hwe}), also Produktkubikmeter zuzüglich des Verschnitts. Durch die Reduktion des Verschnitts mussten nur noch 16,650 Mio. Kubikmeter Holzhalbwaren eingesetzt werden. Das waren im Durchschnitt der Jahre 2026 bis 2050 372.000 m^3_{hwe} pro Jahr weniger. In der Summe der Jahre 2026-2050 entsprach dies 9,280 Mio. m^3_{hwe} . In Bezug auf die Rohwaren wurden im Jahr 2025 im Durchschnitt 25,060 Mio. m^3_{swe} eingesetzt. Durch den geringeren Verschnitt bedurfte es nur noch 24,568 Mio. m^3_{swe} oder pro Jahr durchschnittlich 492.000 m^3 weniger.

Der Bereich "Sonstiges" wurde entsprechend den gewogenen Mengendurchschnitten der übrigen Bereiche simuliert. Die stofflichen Verwendungsbereiche Papier und neue biobasierte Produkte wurden bei der Simulation nicht berücksichtigt. Des Weiteren findet die energetische Holzverwendung in dieser Betrachtung keine Berücksichtigung, bzw. diese Bereiche bleiben unverändert.

Tabelle 6-3: Wirkungen einer Reduktion des Verschnitts um 15 %

	Verschnittfaktoren			Mengen in m^3_{hwe} Halbwaren				Mengen in m^3_{swe} Rohwaren			
Zeitraum 2026-2050	vorher	nachher	Faktor	vorher	nachher	Verschnitt	Verschnitt	vorher	nachher	Verschnitt	Verschnitt
Einheit	Faktor		Annahme	Mio. m^3_{hwe}				Mio. m^3_{swe}			
Wertangabe für	2025	2050		Mittelwert		Summe		Mittelwert		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

Ergebnisse - insgesamt

Eine Analyse der vorliegenden Daten ergibt, dass eine Reduktion des Verschnitts um 15 % zu einem geringeren Einsatz von Halbwaren in Höhe von 0,966 Mio. m^3_{hwe} führt. In Bezug auf den Rohwareneinsatz ergibt sich eine durchschnittliche jährliche Reduktion um 1,399 Mio. m^3_{swe} . Der Baubereich trägt mit 39,5 % zur Reduktion bei, der Möbelbereich mit 19,2 %, der Verpackungsbereich mit 7,7 % und die Schätzung für sonstige Halbwaren hat einen Anteil von 33,6 %.

Abbildung 6-1: Angenommene Entwicklung der Verschnittfaktoren stofflicher Verarbeitung von Holzhalbwaren

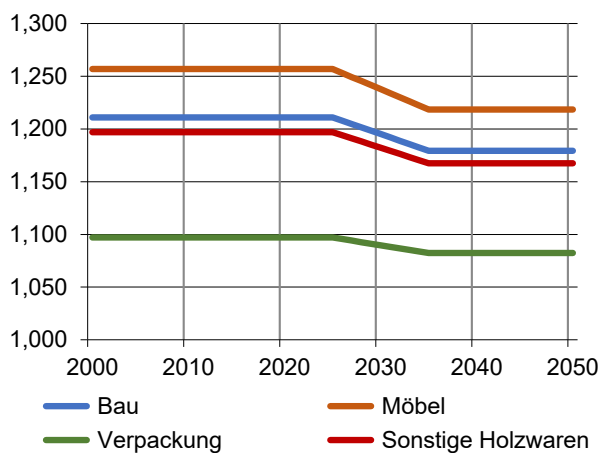
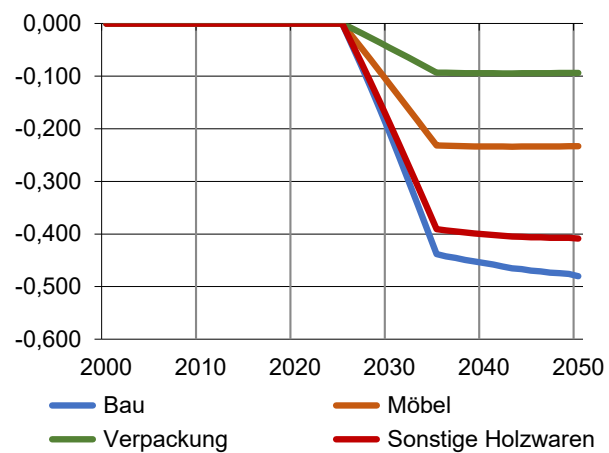


Abbildung 6-2: Entwicklung der jährlichen Materialeinsparung durch Änderung der Verschnittfaktoren in Mio. m³_{hwe}



Quelle: Mantau 2025

6.3 Erhöhung des Laubholzeinsatzes

Definitionen

Die Steigerung des Einsatzes von Laubholz vollzieht sich auf zwei Ebenen. Der Einsatz von Stammholz ist definiert als die Verarbeitung von Derbholz im Sägewerk. Der Einsatz von Stammholz in Form von Schnittholz erfolgt ohne weitere Verarbeitung in einem anderen Produkt. Modifikationen im Materialeinsatz können auf der Halbwarenebene simuliert werden und anschließend auf die Rohwarenebene rückgerechnet werden.

Sonstiges Derbholz findet hingegen keine direkte Verwendung, sondern wird in einem Holzwerkstoff verarbeitet. Diese Materialverschiebung wird demnach unmittelbar auf der Ebene der eingesetzten Rohwaren kalkuliert.

Umfang der Erhöhung des Laubholzanteils

Gemäß der Expertenmeinung in der Delfi-Studie ist es eine realistische Annahme, dass der Laubholzeinsatz vom derzeitigen Stand von 17,1 % auf 25,0 % ansteigt. Unterstellt man eine gerundete Steigerung um fünfzig Prozent, so würde sich der Zielwert auf 25,7 % belaufen.

Vorgehensweise

Sowohl beim Laubstammholz als auch bei sonstigen Laubderbholz wird der Anteil des Laubholzes in der Übergangsphase ausgehend vom Wert des Jahres 2025 bis zum Jahr 2035 linear so weit erhöht, dass er 2035 das 1,5fache des Ausgangswertes erreicht. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass sich der Laubholzanteil durch die Szenarien in dieser Zeitspanne verändert hat. Die in der Regel marginale Veränderung aufgrund der Rahmenbedingungen findet Berücksichtigung. Sinken beispielsweise im Szenario die Laubholzanteile im Möbelbereich um 0,01, so betrüge die Aufstockung des Szenarios nicht 1,50, sondern 1,49. Dies ist auch für die Vergleichbarkeit zwischen den Szenarien von Bedeutung.

Die Rückrechnung auf Rohwaren erfolgt entsprechend der Sensitivitätsanalyse des Verschnitts.

Null-Summen-Spiel

Die Substitution von Nadelholz durch Laubholz hat eine große Breitenwirkung und schließt auch die energetische Holzverwendung mit ein. Die Mengeneffekte gleichen sich vollständig aus. Demzufolge steht einem Zuwachs des verwendeten Laubholzes eine entsprechende Reduktion des Nadelholzes gegenüber.

Ergebnisse - Lesebeispiel

Die folgende Tabelle 6-4 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen. Die erste Spalte weist den Laubholzanteil des Jahres 2025 aus. Die zweite Spalte zeigt die Erhöhung des Laubholzanteils aus. Sofern der Laubholzanteil bereits sehr hoch ist (73,4%) wie z. B. im Möbelbereich würde das 1,5fache zu Anteilen über einhundert Prozent führen. Auch ist es in solchen Fällen eher unwahrscheinlich, dass noch große Zuwächse zu erwarten sind. Sofern der Laubholzanteil auf 75,0 % steigt, wird er auf diesem Wert konstant gehalten. Sofern der Anteil des Laubholzes geringer als fünf Prozent war und diese trotz des 1,5fachen nicht erreicht wurden, wurde das Szenario so eingestellt, dass fünf Prozent erreicht wurden.

Im Rahmen der stofflichen Nutzung findet Laubholz in Form von Stammholz (Schnittholz) sowie in Form von sonstigem Derbholz in Holzwerkstoffen Verwendung. Die beiden Anteile können sehr unterschiedlich sein und wurden getrennt modelliert.

Im Jahr 2025 wurden im Baubereich 1,209 Mio. m^3_{hwe} Laubschnittholz eingesetzt. Durch die Erhöhung des Anteils von 11,3 % auf 16,0 % wurden 2050 0,509 Mio. m^3_{hwe} mehr eingesetzt. Dies entsprach 0,839 Mio. m^3_{swe} . In Holzwerkstoffen, die im Baubereich verwendet wurden, befanden sich 0,123 Mio. m^3_{swe} . Durch die Erhöhung von 5,1 % auf 7,2 % Anteil des sonstigen Laubderbholzes kommt es zu einem zusätzlichen Einsatz in Höhe von 61.000 m^3_{swe} . In der Zeitperiode 2026 bis 2050 summieren sich die höheren Laubholzmengen auf 20,962 Mio. m^3_{swe} Laubstammholz und 1,524 Mio. m^3 sonstiges Laubderbholz. Die Holzartenanteile von industriellen Resthölzern wurde nicht verändert.

Simulationseffekte insgesamt

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf Durchschnittswerte der Jahre 2026 bis 2050, die in der stofflichen Nutzung zu einer Substitution von Nadelholz durch Derbholz in Höhe von 1,428 Mio. m^3_{swe} führen. In der energetischen Holzverwendung kommt es zu einem Substitutionseffekt in Höhe von 1,751 Mio. m^3_{swe} . Insgesamt werden 3,179 Mio. m^3_{swe} Nadelholz durch Laubholz ersetzt.

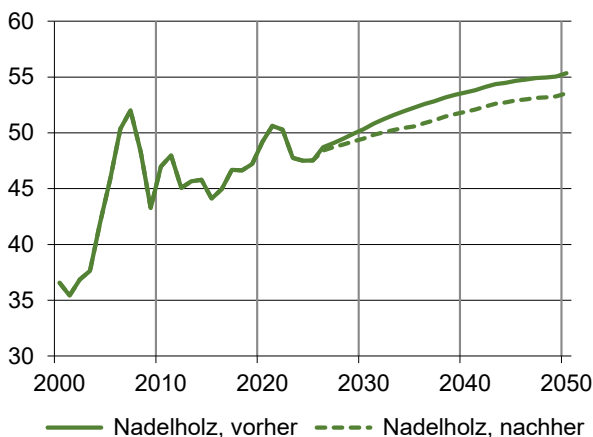
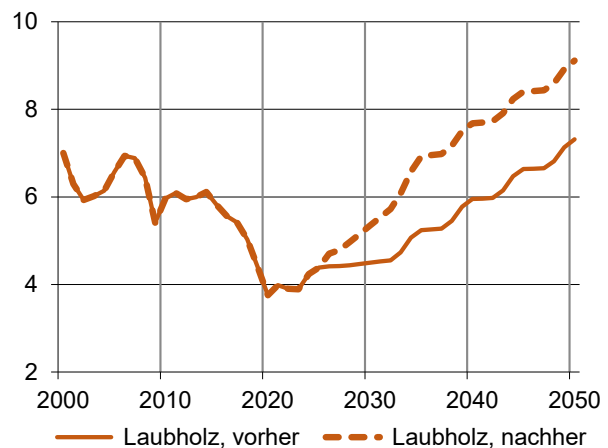
Ein kleiner Schritt für das Nadelholz – ein großer für das Laubholz

Die Abbildung 6-4 verdeutlichtet, dass die relativen Veränderungseffekte sehr unterschiedlich sind. Beim Nadelholz beträgt sie im Jahr 2050 6,2 % weniger und beim Laubholz 46,9 % mehr. Beim Nadelholz liegt die relative Veränderung in der stofflichen Holzverwendung im Jahr 2050 bei 3,2 % und in der energetischen Holzverwendung 3,0 %. Demgegenüber wird beim Laubholz im Jahr 2050 eine relative Veränderung in der stofflichen Holzverwendung von 24,6 % und in der energetischen Holzverwendung von 17,9 % beobachtet.

Tabelle 6-4: Wirkungen einer Erhöhung des Laubholzanteils um das 1,5fache

	Laubholz-Anteile			Mengen in m ³ hwe Halbwaren				Mengen in m ³ swe Rohwaren			
	vorher	nachher	Faktor	vorher	nachher	Differenz	Differenz	vorher	nachher	Differenz	Differenz
Zeitraum 2026-2050											
Einheit	Anteil	Anteil	Annahme	Mio. m ³ hwe				Mio. m ³ swe			
Wertangabe	2025	2035		Mittel		Summe		Mittel		Summe	
HBS (Stammholz HW)	11,31	15,99	1,50	1,209	1,718	0,509	12,704	2,900	3,739	0,839	20,962
HBS (sonst. Derbh. RW)	5,09	7,22	1,50					0,123	0,184	0,061	1,524
MBL (Stammholz HW*)	73,42	75,00	1,50	1,413	1,445	0,034	0,860	2,745	2,802	0,057	1,426
MBL (sonst. Derbh. RW)	18,84	28,26	1,50					0,236	0,366	0,130	3,270
VPK (Stammholz HW*)	0,89	1,25	1,50	0,045	0,063	0,018	0,462	0,499	0,530	0,031	0,767
VPK (sonst. Derbh. RW)	18,19	27,28	1,50					0,080	0,126	0,046	1,144
Papier	12,52	18,79	1,50					0,638	0,902	0,264	6,602
Summe, stofflich			1,50	2,667	3,226	0,561	14,026	7,221	8,649	1,428	35,695
Private Haushalte	62,40	75,00	1,50					7,230	8,606	1,376	34,417
Großfeuerungsanlagen	56,90	75,00	1,50					0,128	0,164	0,036	0,906
Kleinfeuerungsanlagen	56,90	75,00	1,50					0,940	1,203	0,263	6,581
Energieholzprod.	31,04	46,56	1,50					0,190	0,266	0,076	1,901
Summe, energet.				0,000	0,000	0,000	0,000	8,488	10,239	1,751	43,805
Summe, insges.	0,00	0,00	1,50	2,667	3,226	0,561	14,026	15,709	18,888	3,179	79,500

Quelle: Mantau 2025. HBS = Bau (Holzbauszenario); MBL = Möbel; VPK = Verpackung; HW = Einsatz als Halbware; RW = Einsatz als Rohware

Abbildung 6-3: Simulationseffekt des Nadelholzes als Folge einer Substitution durch Laubholz (+50 %) in Mio. m³swe

Abbildung 6-4: Simulationseffekt des Laubholzes als Folge einer Laubholzerhöhung (+50 %) in Mio. m³swe


Quelle: Mantau 2025

6.4 Altholz substituiert Derbholz

Definition

Unter Altholz wird entsprechend des Rohstoffmonitorings (Döring/Mantau, 2021), anfallendes Holz in Entsorgungsbetrieben verstanden. Im Möbelbereich konnten Mengen an Gebrauchtholz festgestellt werden, die in der Simulation behandelt werden wie Altholz.

Vorgehensweise

Es wird angenommen, dass die stofflichen Verwendungsbereiche, sofern Altholz zum Einsatz kommt, ihren Altholzeinsatz verdoppeln. Der erhöhte Einsatz von Altholz wird vom Derbholzeinsatz abgezogen. Der Abzug erfolgt entsprechend der relativen Anteile der Derbholzsortimente (Nadel- und Laubstammholz und sonstiges Nadel- und Laubderbholz) in den entsprechenden Verwendungsbereichen. Eine Substitution im Bereich der Holzenergieverwendung macht ökonomisch keinen Sinn und wird nicht in Betracht gezogen.

Im Rahmen der stofflichen Nutzung findet Altholz in Form von Holzwerkstoffen Verwendung. Bei der Möbelindustrie ist zudem Gebrauchtholz im Umfang von ca. 300.000 m³ berücksichtigt.

Ergebnisse - Lesebeispiel

Die folgende Tabelle 6-5 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen. Die erste Spalte weist den Altholzholzanteil des Jahres 2025 aus. Die zweite Spalte zeigt die Erhöhung des Altholzanteils an.

Im Jahr 2025 wird im Baubereich 0,343 Mio. m³_{swe} Altholz eingesetzt. Durch die Erhöhung des Anteils von 1,4 % auf 2,6 % wird im Mittel der Jahre 2026 bis 2050 0,257 Mio. m³_{swe} mehr Altholz und weniger Derbholz eingesetzt. In der Zeitperiode 2026 bis 2050 summieren sich die höheren Altholzmengen auf 6,427 Mio. m³_{swe} Altholz. Dem entspricht ein entsprechend geringerer Derbholzeinsatz.

Tabelle 6-5: Verdopplung der Verwendung von Altholz und deren Auswirkungen auf die Substitution von Derbholz

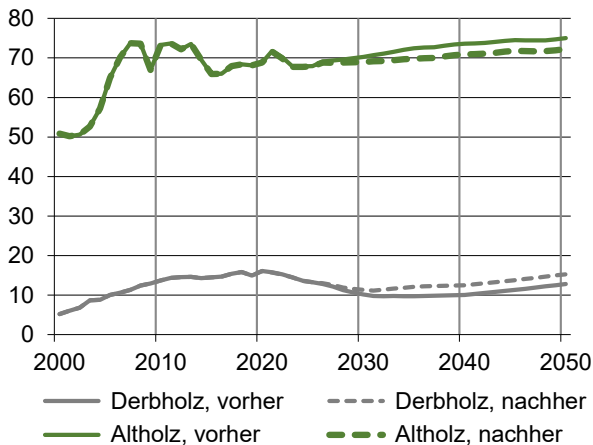
	Altholz-Anteile			Mengen in m ³ _{hwe} Halbwaren				Mengen in m ³ _{swe} Rohwaren			
	vorher	nachher	Faktor	vorher	nachher	Differenz	Differenz	vorher	nachher	Differenz	Differenz
Zeitraum 2026-2050	Anteil	Anteil		Mio. m ³ _{hwe}				Mio. m ³ _{swe}			
Wertangabe	2025	2035	Annahme	Mittel		Summe		Mittel		Summe	
HBS (Stammholz HW)	1,414	2,617	2,00					0,343	0,600	0,257	6,427
HBS (sonst. Derbh. RW)								21,781	21,524	-0,257	-6,427
MBL (Stammholz HW*)	17,41	34,688	2,00					1,738	3,159	1,421	35,520
MBL (sonst. Derbh. RW)								5,259	3,838	-1,421	-35,520
VPK (Stammholz HW*)	5,533	10,291	2,00					0,613	1,072	0,459	11,471
VPK (sonst. Derbh. RW)								9,644	9,185	-0,459	-11,471
Sonstiges (Altholz)	0,856	1,484	2,00					0,123	0,216	0,093	2,331
Sonstiges (Derbholz)								15,250	15,157	-0,093	-2,331
Summe, stofflich			1,50	0,000	0,000	0,000	0,000	54,752	54,751	0,000	0,000

Quelle: Mantau 2025. HBS = Bau (Holzbauszenario); MBL = Möbel; VPK = Verpackung.

Simulationseffekte

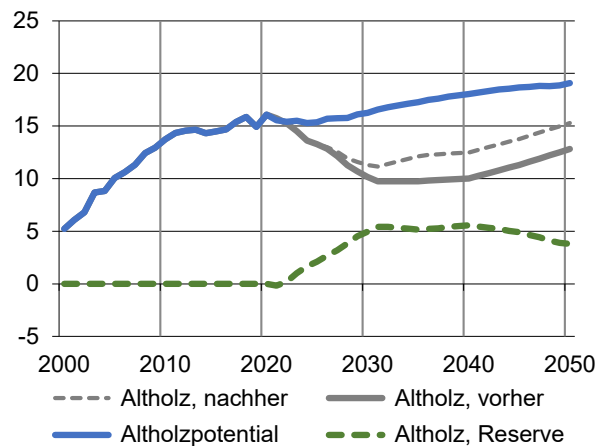
Die Angaben beziehen sich auf Durchschnittswerte der Jahre 2026 bis 2050. In der Zeit kam es zu einer durchschnittlichen, jährlichen Substitution von Derbholz durch Altholz in Höhe von 2,230 Mio. m^3_{swe} . In der Summe gleichen sich die Wirkungen aus.

Abbildung 6-5: Simulationseffekt der Verdopplung des Altholzeinsatzes in Mio. m^3_{swe}



Quelle: Mantau 2025

Abbildung 6-6: Altholzpotezial und Verwendung in Mio. m^3_{swe}



Quelle: Mantau 2025

Altholzmarkt

Die Simulation gestattet weitere Rückschlüsse auf den Altholzmarkt. Der signifikante Rückgang der Altholzverwendung ab dem Jahr 2020 ist auf die angenommene Entwicklung bei Großfeuerungsanlagen zurückzuführen (siehe Kapitel 5.3). Das Altholzaufkommen wird jedoch weniger von der Nachfrage gesteuert als vom Anfall infolge wirtschaftlicher Tätigkeit. Mittels einer Regression, die vom Modernisierungsvolumen sowie der Erwerbstätigkeit abhängig ist, wurde das Altholzpotezial geschätzt. Trotz einer Verdopplung des stofflichen Altholzeinsatzes verbleibt somit eine Restmenge an verfügbarem Altholz. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Menge von ca. 5 Mio. m^3_{swe} (2,3 Mio. t_{lutro}) überwiegend in Großfeuerungsanlagen eingesetzt wird. Diese Annahme wird durch das Deponierungsverbot gestützt, das eine alternative Nutzung zwingend erforderlich macht. Andererseits führt die gesteigerte stoffliche Nutzung zu einer verstärkten qualitativen Selektion, sodass die verbleibenden Mengen voraussichtlich der thermischen Verwertung zugeführt werden.

Konsequenzen des Altholzüberschusses

Der Altholzüberschuss steht somit im Gegensatz zu den angenommenen Szenarien, insbesondere der Großfeuerungsanlagen. Die Ursache ist in den Szenarien des Projektionsberichtes oder in der Gleichsetzung der Szenarien (Energiewirtschaft, Industrie) mit der Holzverwendung in Großfeuerungsanlagen zu sehen. In einer weiteren Berechnungsstufe könnten die Altholzreserven von 5 Mio. m^3_{swe} (2,3 Mio. t_{lutro}) einer höheren Verbrennung wieder zugeordnet werden. Es besteht grundsätzlich die Möglichkeit, sie zusätzlich in die Spanplatte

einfließen zu lassen, sofern die Verdopplung des stofflichen Altholzeinsatzes noch stofflich verwertbare Mengen übriglässt.

6.5 Anpassungsszenario - Kombination der Varianten

Anpassungsszenario

Im Rahmen eines Anpassungsszenarios erfolgt eine Zusammenführung der zuvor durchgeführten Simulationen. Es handelt sich somit um kumulierte Effekte der Reduktion des Verschnitts, der Substitution von Nadelholz durch Laubholz und der Verdopplung des Altholzanteils.

Gemäß der Befragten der Delfi-Studie ist bereits im Rahmen der Betrachtungsperiode mit einer Verknappung des Nadelholzes zu rechnen. Dies wird auch durch die Waldholzmodellierung im DIFENS-Projekt betätigt.

Sofern die Holzverwendung sich so entwickelt, wie in den dargestellten Märkten, wird um das Jahr 2040 mit einer deutlichen Nadelholzverknappung gerechnet. Diese kann durch die dargestellten Anpassungen um einige Jahre hinausgeschoben werden. Der tatsächliche Zeitpunkt hängt jedoch sehr stark von der Schadholzentwicklung ab.

Das bedeutet in der Konsequenz, dass die Szenarien so nicht stattfinden werden. Ab dem Jahr 2035 werden sich Versorgungsprobleme mit Nadelholz einstellen und dann zunehmend das Marktgeschehen beeinflussen.

Abbildung 6-7: Simulationseffekte des Anpassungsszenarios für Derbholz in Mio. m³_{swe}

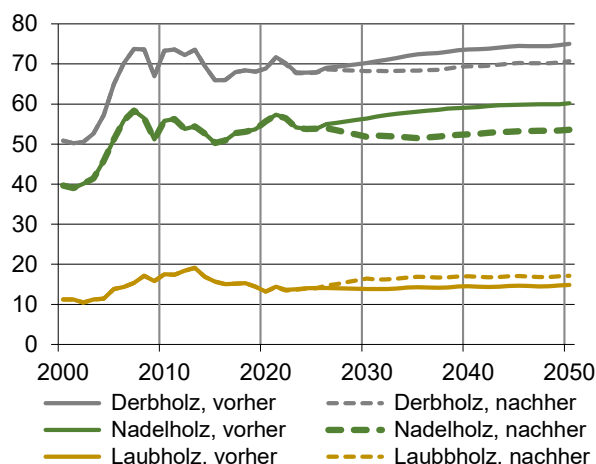
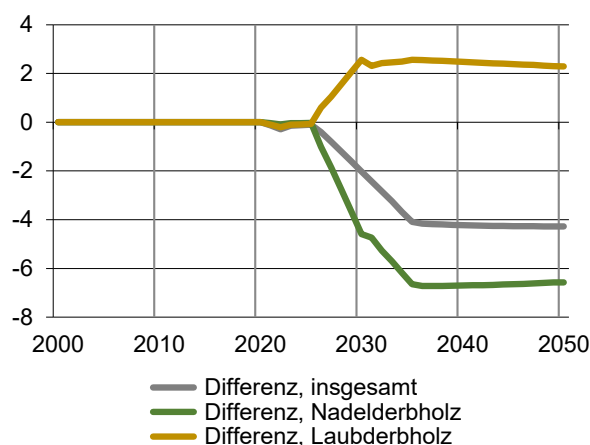


Abbildung 6-8: Simulationsunterschiede des Anpassungsszenarios für Derbholz in Mio. m³_{swe}



Quelle: Mantau 2025

Effekte des Anpassungsszenario

Die Tabelle 6-6 zeigt die Ergebnisse der Simulationen im Überblick. Die Simulationen wurden auf das Szenario mit erhöhter Holzbauquote angewendet. Zunächst stellt die Tabelle die vorgenommenen Simulationen dar. Es folgt der Effekt im jährlichen Durchschnitt der Jahre 2026 bis 2050 und der kumulierte Mengeneffekt aller Jahre.

Die Verschnittreduktion führt zu einer Rohwareneinsparung in Höhe von 1,4 Mio. m³_{swe} pro Jahr oder 35,0 Mio. m³ insgesamt.

Die Erhöhung des Laubholzanteils um ein Viertel substituiert entsprechend den Nadelholzanteil im jährlichen Mittel um 3,2 Mio. m³_{swe} und in der Summe um insgesamt 79,5 Mio. m³_{swe}. Davon entfallen etwa die Hälfte auf stoffliche und energetische Nutzung.

Verdoppelt man den Altholzanteil in der stofflichen Holzverwendung und substituiert dadurch Derbholz, entsprechend der verwendeten Derbholzanteile, so führt das zu einer Substitution im Mittel um 2,2 Mio. m³_{swe} oder in der Summe um 55,7 Mio. m³_{swe}.

Stellt man schließlich alle Simulationen gleichzeitig scharf - nennen wir es Anpassungsszenario - kommt es in der Summe zu einer Rohwareneinsparung in Höhe von -85,9 Mio. m³_{swe}, die sich aus einer Reduktion des Nadelholzeinsatzes in Höhe von -142,3 Mio. m³_{swe} und einer Erhöhung des Laubholzeinsatzes in Höhe von +56,4 Mio. m³_{swe} ergibt.

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 aber zusätzlich von der Entwicklung des Waldwachstums und der zu erwartenden Schadereignisse ab.

Tabelle 6-6: Simulationseffekte des Anpassungsszenarios nach Maßnahmen für Derbholz in Mio. m³_{swe}

Simulationsergebnisse Projektionszeitraum 2026-2050	Rohwaren in Mio. m ³ _{swe}	
	im Mittel / a	Summe 26-50
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	-3,4	-85,9
davon Nadelholz	-5,7	-142,3
davon Laubholz	+2,3	+56,4

*) entsprechend reduziert sich der Nadelholzeinsatz. **) entsprechend reduzieren sich proportional die Derbholzeinsätze.

Quelle: Mantau 2025

Ergebnisse sonstige Rohwaren

Die Ergebnisse der Simulationen zu sonstigen Rohwaren sind weitgehend begrenzt. Das liegt an den Zielsetzungen der Simulationen. Die Verschnittreduktion wirkt nur in der stofflichen Verwendung und betrifft andere primäre Rohwaren so gut wie nicht. Industrielles Restholz und Altholz wirken in der stofflichen Verwendung nur im Rahmen der begrenzten Einsatzmengen. Ferner wirkt sich die Simulation „Laubholz ersetzt Nadelholz“ nur auf Derbholz aus. Die Substitution „Altholz ersetzt Derbholz“ wirkt sich nur auf die Derbholzverwendung im stofflichen Bereich aus. Damit entspricht die Einstellung der gesetzten Zielsetzung.

6.6 Deutlicher Aufbau des Holzspeichers in der Produktnutzung

Zufluss

Ein interessanter Nebeneffekt der Berechnung des Holzkreislaufs ist der Saldo zwischen Holzhalbwaren (Inflow) und dem Anfall von Alt- und Gebrauchtholz (Outflow). Der Zufluss im Jahr 2020 wurde mit 44,0 Mio. m³_{swe} errechnet. Dieser setzt sich aus den eingesetzten Halbwaren Schnittholz (2020: 58,0 %), Holzwerkstoffe (2020: 41,3 %) und sonstige Holzhalbwaren (2020: 0,6 %) zusammen. Der Verschnitt hat keinen Speichereffekt. Er wurde dennoch in die Analyse integriert, um eine valide Vergleichbarkeit mit bereits existierenden Berechnungsverfahren zu gewährleisten.

Abfluss

Als Abfluss wird die anfallende Menge des Altholzes im Erfassungssystem und geringe Mengen an Gebrauchtholz (2020: -16,1 m³_{swe}) angenommen. Wäre das Erfassungssystem vollständig, entspräche dies dem realen 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 m³_{swe} beträgt. Die Fortschreibung erfolgte über eine regressive Schätzung anhand der Entwicklung der Modernisierungsaktivitäten im Baubereich und der Zahl der Erwerbstätigen.

Abb. 5: Holzrohwareneinsatz nach Hauptverwendungen und Rohwaren

Abbildung 6-9: Zufluss, Abfluss und Speichersaldo in Mio. m³_{swe}

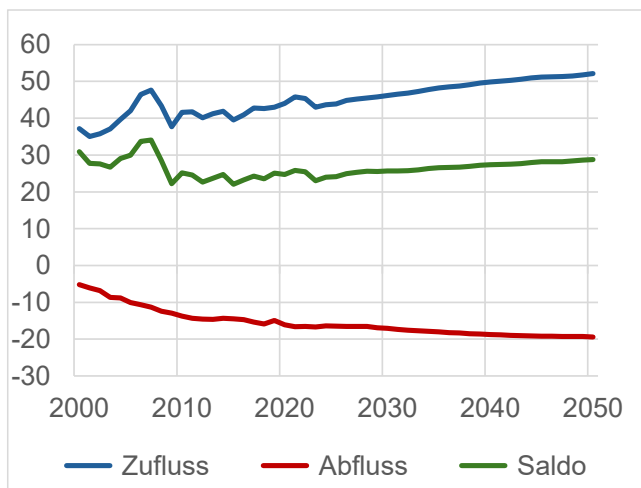
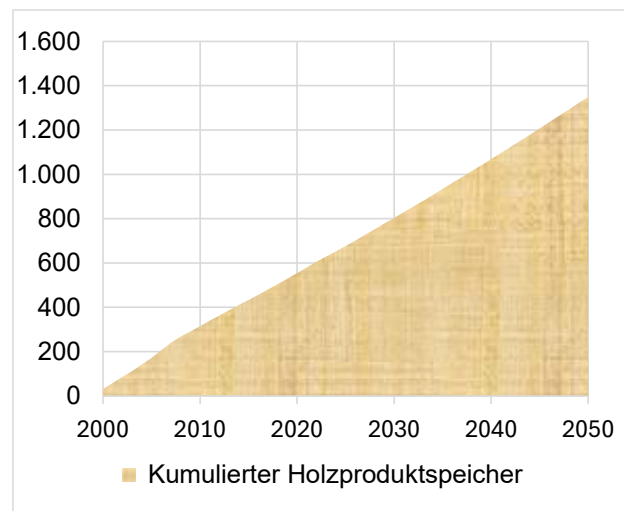


Abbildung 6-10: Kumulierter Holzspeicher in Mio. m³_{swe} zwischen 2000 und 2050



Quelle: Mantau 2025

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 deutlich anders verhalten haben sollte. Es sei an der Stelle auf das Kapitel 0 hingewiesen. Wenn es keinen positiven Holzspeicher gäbe, wie erklärt sich das mit einem

steigenden Wohnungsbestand? Warum ist beträgt die Abrissquote im Vergleich zu den Fertigstellungen von vor 65 Jahren nicht einmal fünf Prozent? Es ließe sich argumentieren, dass die Holzprodukte durch Modernisierungsmaßnahmen ersetzt wurden. Wenn das der Fall wäre, müsste es zu einem deutlichen Anstieg des Altholzes führen. Der Altholzanteil weist dafür keine Hinweise auf.

Beispiel: Was sich spontan annehmen lässt, entspricht oft nicht der Realität (Anschauung). Wird ein Dachstuhl saniert, so reißt man oft nicht das ganze Dach runter, sondern kontert neue Sparren auf die alten Sparren auf.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten Arbeiten von Mantau/Blanke (2016) in der Cascade-Study für die Europäische Kommission (DG GROW). Das legt den Schluss nahe, dass die Berechnung des Holzspeichers über angenommene Standzeiten den Holzspeicher unterschätzen. Empirische Kreislaufwirtschaftsmodelle kommen deutlich höheren Speicherwirkungen der Holzverwendung.

7. Ausblick

Methodischer Ansatz

In der aktuellen Version des TRAW-Modells wurde eine umfassende Ableitung der Rohwarennachfrage aus den Sektoren der Fertigwaren vorgenommen. Bisher erfolgte dies auf der Grundlage der Halbwarenverwendung.

Dadurch wird es möglich, Nachfrageveränderungen spezifisch nach Sektoren (Bau, Möbel, Verpackung, Papier usw.) abzuleiten. Die Durchführung ökonomischer Wirkungsanalysen in den Fertigwarenssektoren erfolgt unter Verwendung langfristig abzuleitender demografischer und ökonomischer Treiber.

Die Verwendung von Halb- und Rohwaren wird aus der Kombination von ökonomischen Analysen und technologischen Einsatzkennziffern konsistent abgeleitet.

Die Modellstruktur ermöglicht die differenzierte Ableitung von Wirkungen in einem Werkstoffkreislauf auf sämtlichen Stufen der Wertschöpfungskette.

Mit Studien zum Holzeinsatz in den Fertigwarenssektoren wird die Methode der Holzrohstoffbilanzierung zu einer vollständigen Kreislaufwirtschaftsanalyse weiterentwickelt.

Die Produktstruktur ist so konzipiert, dass eine Verbindung mit der amtlichen Produktions- und Außenhandelsstatistik möglich ist. Die Fortschreibung des Modells wird durch diese Vorgehensweise sichergestellt. Es eröffnet zudem Möglichkeiten der Übertragung auf andere Länder.

Fachliche Aussagekraft

Die vielfältigen Auswirkungen unterschiedlicher Veränderungen im Holzkreislauf können auf nachvollziehbare und praxisorientierte Weise abgeleitet werden.

Substitutionsprozesse und technologische Veränderungen können quantifiziert werden. Die Auswirkungen dieser Prozesse sind auf sämtlichen Wertschöpfungsstufen und für sämtliche Waren nachvollziehbar.

An allen Schnittstellen des Wertschöpfungsprozesses lassen sich über Holzrohstoffbilanzen die materiellen Zusammenhänge für jeden Produktbereich transparent darstellen.

Der Kreislauf wird geschlossen, indem der vermehrte Einsatz von Altholz und dessen Auswirkungen quantifizierbar werden.

Weiterentwicklung

Der Holzmarkt zeichnet sich durch eine ausgesprochen differenzierte Produktstruktur aus, die von Spielzeug bis hin zu Särgen reicht. Im Rahmen des FNR-Projektes "Lignum Quo Vadis (LQV; FKZ 2223HV004X)" sollen die noch offenen Produktbereiche auf ihren Holzeinsatz hin analysiert werden.

Die einzelnen Teilbereiche des Modells können noch weiter interaktiv vernetzt werden. Es bestehen jedoch Zielkonflikte zwischen der programmtechnischen, mathematischen Automatisierung und der Integration von praxisnahem Marktwissen.

In Deutschland ist die Erhebung von technischen Verwendungskennziffern im Vergleich zu anderen Ländern weiter fortgeschritten. Nichtsdestotrotz stellt sie eine permanente Herausforderung dar.

Die Übertragung des Modells auf andere Länder ist aufgrund der Verwendung identischer Kennziffern in der internationalen Statistik als annäherungsweise möglich zu erachten.

In den Analysen wurden die Bereiche Außenhandel und Altpapier berücksichtigt. In Anbetracht der Komplexität der Sachverhalte wurde in der vorliegenden Darstellung des Berichts der Fokus auf den Rohwareneinsatz gelegt. Die vorliegende Untersuchung zielte primär auf die Ableitung der Waldholzentnahme aus den Endwarenssektoren ab. Für eine transparente Analyse der Kreislaufwirtschaft könnten die Bereiche Außenhandel und Altpapier bei der Überarbeitung stärker herausgearbeitet werden.

8. Anhang

8.1 Glossar

Ausbeute	Der Begriff "Ausbeute" bezeichnet die bei der Holzbearbeitung anfallenden Reststoffe, d.h. die Weiterverarbeitung von Rohwaren zu Halbwaren im Wertschöpfungsprozess. Die anfallenden Reststoffe werden der Rohwarenkategorie Sägenebenprodukte oder, wenn sie außerhalb der Sägeindustrie anfallen, dem sonstigen industriellen Restholzes zugerechnet, in das auch der Verschnitt einfließt.
Baufertigstellung	Siehe Fertigstellung, Genehmigung
Baugenehmigung	
Bauteil	Im Rahmen des Berichts werden die verbauten Holzwaren nach Bauteilen abgegrenzt. Die Abgrenzung der Bauteile wird entsprechend der im Baubereich üblichen Gewerke vorgenommen. Ein Gewerk umfasst im Allgemeinen die Arbeiten, die einem in sich geschlossenen Bauleistungsbereich zuzuordnen sind. Es werden folgende Bauteile unterschieden: • Außenwand • Geneigtes Dach • Flachdach • Fassade • Innenwand • Geschossdecke • Boden • Fenster • Sonnenschutz • Innentüren • Außentüren • Treppen • Dämmung • Baustelleneinrichtung • Außenbereich
Baustoff - überwiegend verwendeter Baustoff	Der Holzhausbau ergibt sich aus der Statistik nach dem überwiegend verwendeten Baustoff. Dabei unterscheidet man zwischen: • Stahl • Stahlbeton • Ziegel • Kalksandstein • Porenbeton • Leichtbeton/Bims • Holz • Sonstiger Baustoff Überwiegend verwendeter Baustoff ist derjenige Baustoff, der bei der Erstellung der tragenden Konstruktion des Gebäudes überwiegend Verwendung findet.

Bauweise	Im Baubereich versteht man unter Bauweise die Art und Weise, in der ein Bauwerk errichtet ist. Dabei kann nach verschiedenen Aspekten unterschieden werden: • Baustoff: Holzbauweise, Mauerwerksbauweise, Kombinierte Bauweise • Baukonstruktion: Leichtbauweise, Massivbauweise • Montage der Bauteile: Fertigteilbauweise, Großtafelbauweise, Raumzellenbauweise Tragwerk: Skelettbauweise, Schottenbauweise
Baustatistik	Für das Verständnis der Darstellungen sind somit folgende statistischen Gliederungsmerkmale auseinander zu halten: • Bauweise • Art der Konstruktion • Überwiegend verwendeter Baustoff
Bruttowertschöpfung	Das Bruttoinlandsprodukt wird aus dem wirtschaftlichen Umsatz der verschiedenen Wirtschaftsbereiche errechnet. Zieht man vom wirtschaftlichen Umsatz einer Branche die Waren und Dienste ab, die sie von anderen Branchen bezieht (Vorleistungen), so gelangt man zur Bruttowertschöpfung einer Branche. Diese ist im Fall der Bauwirtschaft deutlich geringer als das Bauvolumen, in welchem alle übrigen Leistungen mit einbezogen sind.
Eigenheim	Eigenheime (Ein- und Zweifamilienhäuser) sind freistehende oder gereihte Wohngebäude mit einer oder zwei Wohnungen, wobei untergeordnete Einliegerwohnungen zulässig sind.
Fertigstellung	Wenn ein Gebäude baubehördlich abgenommen ist, fließen die statistischen Angaben aus der Genehmigungsstatistik unverändert in die Fertigstellungsstatistik.
Fertigteilbau	Errichtung eines Bauwerkes mit vorgefertigten Bauteilen (Fertigteilen). Ein Bauwerk gilt im Hochbau als Fertigteilbau, wenn überwiegend geschosshohe oder raumbreite Fertigteile, z. B. großformatige Wandtafeln für Außen- oder Innenwände, verwendet werden. Hierbei ist es notwendig, dass der überwiegende Teil der tragenden Konstruktion aus Fertigteilen besteht. Die meist konventionell errichteten Fundamente oder Kellergeschosse sind für die Beurteilung zu berücksichtigen.
Gebäude	Als Gebäude gelten gemäß der Systematik der Bauwerke selbständig benutzbare, überdachte Bauwerke, die auf Dauer errichtet sind und von Menschen betreten werden können. Sie dienen dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen. Hierbei kommt es auf die Umschließung durch Wände nicht an. Gebäude in diesem Sinne sind auch selbständig benutzbare, unterirdische Bauwerke. Unterkünfte, wie z.B. Baracken, Gartenlauben, Behelfsheime und dgl., die nur für begrenzte Dauer errichtet oder von geringem Wohnwert sind, werden - ebenso wie behelfsmäßige Nichtwohnbauten und freistehende selbständige Konstruktionen - nicht erfasst.

	Als einzelnen Gebäude gilt jedes freistehende oder bei zusammenhängender Bebauung (z. B. Doppel- und Reihenhäuser) jedes Gebäude, das durch eine vom Dach bis zum Keller reichende Brandmauer von anderen Gebäuden getrennt ist. Ist keine Brandmauer vorhanden, gelten die zusammenhängenden Gebäudeeinheiten als einzelne Gebäude, wenn sie ein eigenes Erschließungssystem (eigener Zugang und eigenes Treppenhaus) besitzen und für sich benutzbar sind.
Genehmigungen	Genehmigungen werden für Neubauten und genehmigungspflichtige Modernisierungsmaßnahmen erteilt. Sie sind Grundlage der Bautätigkeitsstatistik, weil dabei Merkmale wie Wohnungen, umbauter Raum etc. erfasst werden.
Hochbau	Errichtung von Bauwerken, deren Hauptteile über dem Erdboden liegen. Die Errichtung der Bauwerke umfasst auch die dazugehörigen Fundierungsarbeiten. Der Hochbau umfasst den Wohnungsbau, den gewerblichen und industriellen Hochbau, den landwirtschaftlichen Hochbau, den Hochbau für Organisationen ohne Erwerbszweck, für Gebietskörperschaften, Sozialversicherung sowie für Bundesbahn und Bundespost.
Holzbauweise	Errichtung eines Bauwerks mit Holz als überwiegend verwendetem Baustoff (siehe „überwiegend verwendeter Baustoff“).
Holzhausbau	Das Kernelement der Definition des Holzhausbaus ist, dass die tragende Konstruktion überwiegend aus dem Baustoff Holz erstellt ist. Die meisten Holzhäuser sind Fertigteilbauten in Skelettbauweise. Ebenso sind Holzhäuser als Fertigteilbauten in massiver Bauweise (z.B. Gebäude mit tragenden mehrschichtigen Holzverbundtafeln) denkbar. Diese Gruppe hat in den letzten Jahren zunehmend Marktanteile gewonnen (Holz100-Haus). Schließlich gibt aber auch Holzhäuser in konventioneller Bauweise, die sowohl Skelettbau (z.B. Fachwerk) als auch Massivbauten (z.B. Blockbau) sein können.
Holzware	Im Baubereich werden Holzwaren als Fertigwaren (z.B. Fenster, Türen, Parkett) und als Halbwaren (z.B. Dielen, Bohlen, Spanplatten) verwendet. Rohwaren werden durch Rückrechnung bestimmt.
Industrielle Betriebsgebäude	Die Industriellen Betriebsgebäude gehören zur Gruppe der Nichtwohngebäude. Dazu gehören folgende Gebäudearten: • Fabrik- und Werkstattgebäude • Handels- und Lagergebäude (Markt- und Messehallen, Einzelhandelsgebäude, Warenlagergebäude) • Verkehrsgebäude (Garagengebäude, Bahnhofshallen, Flugzeughallen, Fernsehürme)
Inlandsprodukt Brutto-, Netto-	Der Produktionswert einer Volkswirtschaft (Wirtschaftlicher Umsatz) abzüglich aller Vorleistungen und Abschreibungen

Konventioneller Bau	Errichtung eines Bauwerkes mit nicht vorgefertigten Bauteilen (siehe „Fertigteilbau“).
Konventionelle Holzbauweise	Errichtung eines Bauwerkes mit nicht vorgefertigten Bauteilen (siehe „Fertigteilbau“) und Holz als überwiegend verwendetem Baustoff (siehe „überwiegend verwendeter Baustoff“).
Konstruktion	Nach Art der Konstruktion unterscheidet man zwischen Skelettbauten (Tafelbau, Holzrahmenbau) und Massivbauten. Beide Konstruktionsarten können sowohl als Fertigteilbau wie auch als Massivbau verwendet werden. Bauvorhaben in gemischter Bauweise werden der überwiegend verwendeten Konstruktionsart zugerechnet.
Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	Zum Landwirtschaftlichen Bau zählt die Errichtung von Hochbauten, die überwiegend landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen, Gärtnerei- oder Fischereizwecken dienen. Zum landwirtschaftlichen Hochbau zählen z.B. Scheunen, Silos, Ställe und Garagen für Traktoren, Wohnhäuser nur dann, wenn die Nutzfläche überwiegt, falls Wohn- und Nutzfläche in einem Gebäude gleichzeitig auftreten.
Leistungsverzeichnis	Ein Leistungsverzeichnis ist Bestandteil einer Leistungsbeschreibung und beschreibt in Form von Teilleistungen eine im Rahmen eines Auftrages zu erbringende Gesamtleistung.
Massivbauweise	Bezeichnet im Baubereich eine Form des Tragwerks, bei der raumabschließende Elemente wie Wände und Decken auch die statisch tragende Funktion erfüllen. Massivbauweise steht dabei als Gegenbegriff zur Skelettbauweise (siehe „Skelettbauweise“). Der Begriff der Massivbauweise wird verschiedentlich als Gegenbegriff zum Fertigteilbau verwendet. Praktisch wird der überwiegende Teil der Gebäude in konventioneller Bauweise zwar massiv gebaut, aber korrekt ist diese Verwendung des Begriffes nicht. Eine aktuelle Betrachtung des Holzbaus zeigt, dass massive Holzhäuser in Fertigbauweise stark im Kommen sind.
Mehrfamilienhäuser	Freistehende oder eingebaute Wohngebäude mit drei oder mehr Wohnungen. Mehrfamiliengebäude erstrecken sich regelmäßig über mehrere Geschosse (z.B. Wohnblocks, Hochhäuser).
Modernisierung	Modernisierungen sind bauliche Veränderungen durch Umbau, Ausbau, Erweiterungen oder Wiederherstellungen an bestehenden Gebäuden. Erfasst werden in der Statistik der Bautätigkeit die genehmigungspflichtigen Modernisierungsmaßnahmen.
Nichtwohngebäude	Gebäude, die überwiegend für Nichtwohnzwecke bestimmt sind (gemessen an der Gesamtnutzfläche). Zu den Nichtwohngebäuden zählen z. B. Anstaltsgebäude, Büro- und Verwaltungsgebäude, landwirtschaftliche Betriebsgebäude und nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude, wie Fabrikgebäude, Hotels und dergleichen.
Sozialprodukt Brutto-, Netto-	Inlandsprodukt abzüglich aller Erwerbs- und Vermögenseinkommen, die an das Ausland geflossen sind und zuzüglich aller

	Einkommen aus der übrigen Welt. Brutto bzw. netto beziehen sich auf die Berechnungen mit und ohne Abschreibungen.
Vorleistungen	Vorleistungen stellen den Wert aller Güter dar, die inländische Wirtschaftseinheiten von anderen (in- und ausländischen) Wirtschaftseinheiten bezogen und innerhalb der Rechnungsperiode im Zuge der Produktion verbraucht haben.
Verschnitt	Der Begriff "Verschnitt" bezeichnet die bei der Holzverarbeitung anfallenden Reststoffe, d.h. die Weiterverarbeitung von Halbwaren zu Fertigwaren im Wertschöpfungsprozess. Der anfallende Verschnitt wird der Rohwarenkategorie des „sonstigen industriellen Restholzes“ zugerechnet.
Wirtschaftlicher Umsatz	Zum wirtschaftlichen Umsatz gehören alle Verkäufe von Waren und Dienstleistungen aus eigener Produktion sowie von Handelsware an andere in- und ausländische Wirtschaftseinheiten.
Wohnähnliche Betriebsgebäude	Gebäude mit wohnähnlichem Charakter. - Anstaltsgebäude (Krankenhäuser, Heime, Kasernen, Strafanstalten, Ferienheime) - Büro- und Verwaltungsgebäude (Amts-, Büro-, Bank-, Gerichts- und Regierungsgebäude) - Hotels und Gaststätten - Sonstige Nichtwohngebäude (Schulgebäude, Kindertagesstätten, Museen, Theater, Bibliotheken, Kirchen, medizinische Institute, Sportgebäude, Freizeit- und Gemeinschaftshäuser)
Festmeteräquivalent (m^3_{swe})	Das Festmeteräquivalent enthält zusätzlich zum Halbwarenäquivalent, die Reststoffe, die bei der Verarbeitung von Rohwaren zu Halbwaren anfallen (Ausbeute + Reststoffe).
Halbwarenäquivalent (m^3_{hwe})	Das Halbwarenäquivalent enthält zusätzlich zum Produktäquivalent den anfallenden Verschnitt. M.a.W. die Holzmenge, die in den Produktionsprozess eingegangen ist
Produktäquivalent (m^3_{pwe})	Das Produktäquivalent beschreibt die Menge des eingesetzten Holzes im Endprodukt, die Menge Holz, die sich im Produkt befindet. Das Produktäquivalent beschreibt demnach die Menge des eingesetzten Holzes im Endprodukt über das durch Rückrechnung auf den Rohwareneinsatz (m^3_{swe} , Festmeteräquivalent, solid wood equivalent) geschlossen werden kann.

8.2 Abkürzungsverzeichnis

BAS	Base case scenario (see HBS)
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BG	Betriebsgebäude
BIMSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BWS	Bruttowertschöpfung
DIFENs	Projekt Acronym: D ealing with I mpacts on F orests under Changing E nd-Use Demand, Climate Change, N atural Disturbances and Policy Goals (FNR-FKZ: 2220WK32A4)
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EGH	Eigenheime (Gebäude mit 1+2 Wohnungen)
EFA	Einzelfeuerungsanlage
EFSOS	European Forest Sector Outlook Study
EPAL	European Pallet Association
FABio	Forestry and Agriculture Biomass Model (Öko-Institute)
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
FWL	Feuerwärmeleistung
FKZ	Förderkennzeichen
GENESIS	Gemeinsames Neues Statistisches Informations-System (destatis)
GFTM	Global Forest Trade Model
GHD	Sektoren des Gewerbes, Handel und der Dienstleistungen
GHG	Greenhouse gas
HBS	Holzbauszenario (BAS und höherer Marktanteil des Holzbaus)
HDF	High Density Fibrebord
HWE	Halbwarenäquivalent
IBG	Industrielle Betriebsgebäude

IfW	Institut für Weltwirtschaft, Kiel
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
INFRO	Informationssysteme für Rohstoffe (Information Systems for Resources)
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz, Circular Economy Act
LBG	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude
LDF	Low Density Fibrebord
LDF/ULDF	Dämmstoffplatten (Insulation boards)
LQV	Projekt Acronym: Wood utilisation indicators for analysing the bioeconomy and circular economy along the entire value-added chain" (FKZ: 2223HV004X, Lignum Quo Vadis)
MDF	Medium Density Fibrebord
MDF/HDF	Faserplatten (Fibrebord)
MFH	Mehrfamilienhäuser (Gebäude mit 3 und mehr Wohnungen)
MwMS	Mit-weiteren-Maßnahmen-Szenario
NACE	Statistical Classification of Economic Activities in the European Community Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne
NAWARO	Nachwachsende Rohstoffe
NAFSOS	North American Forest Sector Outlook Study
NWL	Nennwertleistung
OSB	Oriented strand boards
PWE	Produktäquivalent (Fertigwarenäquivalent)
RM	Rohstoffmonitoring
SSP	Shared Socioeconomic Pathways
SWE	Festmeteräquivalent (Rohwarenäquivalent)
TI	Thünen Insitut
TiMBA	Timber market Model for policy-Based Analysis
TRAW	Total Resource Assessment of Wood (Kreislaufwirtschaftsmodell)
UNECE	Wirtschaftskommission für Europa United Nations Economic Commission for Europe

ULDF	Ultra Low Density Fibrebord
USDA	United States Department of Agriculture
WBG	Wohnähnliche Betriebsgebäude
WE	Wohneinheit

8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Beispiel einer Holzfertigwarenbilanz für den Möbelmarkt	17
Tabelle 2-2: Schätzparameter zur Entwicklung des Eigenheimbaus	22
Tabelle 3-1: Einflussfaktoren der Bevölkerungs-entwicklung und Annahmen der Szenarien	25
Tabelle 4-1: Holzeinsatz nach Baubereichen in $m^3(pwe)$ Holzwaren	46
Tabelle 4-2: Verschnittfaktoren eingesetzter Bauprodukte und Anteile der eingesetzten Halbwaren in Prozent	46
Tabelle 4-3: Herleitung eines Entwicklungsszenario der Holzbauquote am fertiggestellten umbauten Raum und absolute prozentuale Veränderung	50
Tabelle 4-4: Ergebnisse des Holzbauszenarios für Holzhalbwaren in Mio. m^3_{hwe}	53
Tabelle 4-5: Ergebnisse des Holzbauszenarios für Rohwaren	54
Tabelle 4-6: Hochgerechneter Holzeinsatz nach Möbelgruppen	55
Tabelle 4-7: Holzanteile der Möbelgruppen und Anteile der Sortimente	57
Tabelle 4-8: Szenario der Holzverwendung im Möbelbereich nach Holzrohwaren in Mio. m^3_{swe}	59
Tabelle 4-9: Holzeinsatz in Verpackungsprodukten m^3_{pwe} / Stck	59
Tabelle 4-10: Szenario der Holzverwendung im Verpackungsbereich nach Holzrohwaren in Mio. m^3_{swe}	62
Tabelle 4-11: Szenario der Holzverwendung im Papiersektor nach Holzrohwaren in Mio. m^3_{swe}	68
Tabelle 4-12: Holzrohwareneinsatz für die stoffliche Holzverwendung in Mio. m^3_{swe} (ohne Sonstige)	75
Tabelle 6-1: Differenz der Halbwaren zwischen Holzbau- und Basisszenario in Mio. m^3_{hwe}	90
Tabelle 6-2: Differenz der Rohwaren zwischen Holzbau- und Basisszenario in Mio. m^3_{swe}	90
Tabelle 6-3: Wirkungen einer Reduktion des Verschnitts um 15 %	93
Tabelle 6-4: Wirkungen einer Erhöhung des Laubholzanteils um das 1,5fache	96
Tabelle 6-5: Verdopplung der Verwendung von Altholz und deren Auswirkungen auf die Substitution von Derbholz	97
Tabelle 6-6: Simulationseffekte des Anpassungsszenarios nach Maßnahmen für Derbholz in Mio. m^3_{swe}	100

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Einordnung in das DIFENS-Projekt	6
Abbildung 2-1: Produktstruktur des TRAW-Modells	17
Abbildung 2-2: Struktur des TRAW-Modells (Rechenschritte)	19
Abbildung 2-3: Reale Entwicklungen (2015=100) des Bruttoinlandsproduktes (BIP) und der Bruttowertschöpfung in Mrd. Euro	20

Abbildung 2-4: Reale Entwicklungen (2015=100) der Dienstleistungen *), des produzierenden Gewerbes mit Bau und sonstiger Sektoren **)	20
Abbildung 2-5: Indexentwicklung der Bruttowertschöpfung, der Dienstleistungen und des Produzierenden Gewerbes (1970 = 100)	21
Abbildung 2-6: Indexentwicklung des Produzierenden Gewerbes und des Baugewerbes, sowie der Produktion von Schnittholz und Holzwerkstoffen (2000 = 100)	21
Abbildung 2-7: Vergleich der bisherigen Entwicklung, 5-J-MAV und Szenario	22
Abbildung 3-1: Bevölkerungsentwicklung und Varianten der Vorausberechnung	25
Abbildung 3-2: Vergleich der Variante 02 nach 15. Bevölkerungsvorausschätzung und Zensusanpassung in Mio. Personen	25
Abbildung 3-3: Entwicklung der Bevölkerung ausgewählter Varianten in Mio. Personen nach Zensus Anpassung	25
Abbildung 3-4: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland (in Mio.) nach Altersgruppen (15. Bevölkerungsvorausschätzung)	26
Abbildung 3-5: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland (in Mio.) nach Altersgruppen nach Zensus-Anpassung	26
Abbildung 3-6: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland (in Mio.) nach Altersgruppen (15. Bevölkerungsvorausschätzung) für den Zeitraum des Szenarios	26
Abbildung 3-7: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland (in Mio.) nach Altersgruppen (15. Bevölkerungsvorausschätzung) für den Zeitraum des Szenarios nach Zensus-Anpassung	26
Abbildung 3-8: Haushaltsentwicklung in Deutschland nach Haushaltsgrößen (Zensus Anpassung) in Millionen Haushalte	28
Abbildung 3-9: Wohnverhalten nach Haushalts-größe in Prozent der jeweiligen Gruppen	28
Abbildung 3-10: Außenwanderung in Mio. Personen	29
Abbildung 3-11: Natürliche Wanderungs-bewegungen in Mio. Personen	29
Abbildung 3-12: Vergleich zwischen Bevölkerung und Erwerbstätigkeit in Mio. Personen	30
Abbildung 3-13: Erwerbspersonen, Erwerbstätige und Nicht-Erwerbspersonen in Mio. Personen	30
Abbildung 3-14: Bevölkerung und Erwerbstätige in Mio. Personen nach Zensusanpassung	31
Abbildung 3-15: Indikator der Erwerbstätigkeit (21-65) und Nichterwerbspersonen in Mio. Personen nach Zensusanpassung	31
Abbildung 3-16: BIP-Szenario nach SSP-IIASA und gleitender 5-Jahres-Durchschnitt (Hochrechnungsfaktor)	32
Abbildung 3-17: BIP-Szenario nach SSP-IIASA und gleitender 5-Jahres-Durchschnitt (in Mrd. Euro)	32
Abbildung 3-18: Entwicklung volkswirtschaftlicher Sektoren (Anteile am BIP in %)	33
Abbildung 3-19: Entwicklung volkswirt-schaftlicher Sektoren in Mrd. Euro (real)	33
Abbildung 3-20: Entwicklung des Wohnungsbestandes in Mio. Wohnungen	35
Abbildung 3-21: Anzahl der fertig gestellten und abgerissenen Wohnungen (Abgang)	35
Abbildung 3-22: Wohnungsabgang in Anzahl Wohnungen	35
Abbildung 3-23: Abgangsquote (Anzahl Abgang / Bestand)	35
Abbildung 3-24: Anzahl fertiggestellter Wohnungen seit 1950	36
Abbildung 3-25: Fertigstellungen um 65 Jahre versetzt	36
Abbildung 4-1: Entwicklung der Neubautätigkeit nach Gebäudearten in Mio. m³ umbauten Raum	41
Abbildung 4-2: Entwicklungen der Modernisierung und im Tiefbau in Mrd. Euro reales Bauvolumen (Basis 2015=100)	41

Abbildung 4-3: Entwicklung der Holzbauquoten in Prozent des fertiggestellten umbauten Raumes	42
Abbildung 4-4: Entwicklung der Bauquoten anderer Baustoffe in Prozent des fertiggestellten umbauten Raumes	42
Abbildung 4-5: Entwicklung der Holzbauquoten von Eigenheimen verschiedener Merkmale	43
Abbildung 4-6 Entwicklung der Holzbauquoten von Mehrfamilienhäusern verschiedener Merkmale	43
Abbildung 4-7: Entwicklung der Quoten anderer Baustoffe von Eigenheimen verschiedener Merkmale	43
Abbildung 4-8: Entwicklung der Quoten anderer Baustoffe von Mehrfamilienhäusern verschiedener Merkmale	43
Abbildung 4-9: Entwicklung der Neubautätigkeit nach Gebäudearten in Mio. m ³ umbauten Raum (1990-2050)	45
Abbildung 4-10: Entwicklungen in der Modernisierung und im Tiefbau in Mrd. Euro reales Bauvolumen (2015=100)	45
Abbildung 4-11: Holzeinsatz nach Baubereichen in m ³ (pwe) Holz	46
Abbildung 4-12: Holzeinsatz nach Bausegmenten in Mio. m ³ _{pwe}	47
Abbildung 4-13: Holzeinsatz im Neubau nach Gebäudegruppen in Mio. m ³ _{pwe}	47
Abbildung 4-14: Holzeinsatz im Neubau nach Gebäudegruppen in Mio. m ³ _{pwe} ohne Eigenheimbau	47
Abbildung 4-15: Holzeinsatz im Neubau nach Holzbauweise und Bauweise anderer Baustoffe in Mio. m ³ _{pwe}	47
Abbildung 4-16: Holzeinsatz im Baubereich insgesamt und ohne Sonstige in Mio. m ³ _{swe}	49
Abbildung 4-17: Holzeinsatz im Baubereich nach Rohwarengruppen in Mio. m ³ _{swe} (kumuliert)	49
Abbildung 4-18: Holzeinsatz im Baubereich nach Rundholzarten in Mio. m ³ _{swe}	49
Abbildung 4-19: Veränderung der Quoten der Bauweisen in % des umbauten Raumes im Holzbauszenario	51
Abbildung 4-20 Holzbauquote in % des umbauten Raumes und Fortschreibung im Holzbauszenario	51
Abbildung 4-21: Zusätzlicher Holzeinsatz in % des Holzeinsatzes im Neubau insgesamt	52
Abbildung 4-22: Holzeinsatz mit und ohne erhöhter Holzbauquote in Mio. m ³ _{pwe}	52
Abbildung 4-23: Holzeinsatz im Baubereich nach Halbwarengruppen in Mio. m ³ _{hwe}	53
Abbildung 4-24: Holzverwareneinsatz nach Rohwarengruppen in Mio. m ³ _{swe}	54
Abbildung 4-25: Derbholzeinsatz im Holzbauszenario nach Rundholzarten in Mio. m ³ _{swe}	54
Abbildung 4-26: Entwicklung ausgewählter Möbelsortimente nach Anzahl (in Mio. Stück)	56
Abbildung 4-27: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Halbwarengruppen in Mio. kg	58
Abbildung 4-28: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Holzrohwaren in Mio. m ³ _{swe}	58
Abbildung 4-29: Entwicklung der Produkte des Verpackungsmarktes in Mio. Stck.	60
Abbildung 4-30: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Halbwarengruppen in Mio. m ³ _{hwe}	61
Abbildung 4-31: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Rohwarengruppen in Mio. m ³ _{swe}	62
Abbildung 4-32: Entwicklung der Produkte des Papiermarktes in Mio. Tonnen	63
Abbildung 4-33: Entwicklung und Szenarien der Produkte des Papiermarktes in Mio. Tonnen	65
Abbildung 4-34: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Halbwarengruppen in Mio. t	67

Abbildung 4-35: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Halbwarengruppen in Mio. t	67
Abbildung 4-36: Entwicklung der Holzverwendung nach eingesetzten Rohwaren in Mio. m ³ _{swe} (ohne Altpapier)	68
Abbildung 4-37: Szenario der Kapazität und Holzverwendung für chemische Stoffe auf Basis Holz	70
Abbildung 4-38: Entwicklung der nicht spezifizierten sonstigen Holzverwendungen nach eingesetzten Rohwarengruppen in Mio. m ³ _{swe} (ohne Altpapier)	72
Abbildung 4-39: Entwicklung und Fortschreibung der nicht spezifizierten sonstigen Holzverwendungen nach eingesetzten Rohwarengruppen in Mio. m ³ _{swe} (ohne Altpapier)	73
Abbildung 4-40: Holzverwendung für die stoffliche Holzhalbwarenproduktion in Mio. m ³ _{swe}	74
Abbildung 4-41: Holzrohwareneinsatz für die stoffliche Holzverwendung in Mio. m ³ _{swe}	75
Abbildung 5-1: Rohwareneinsatz zur Produktion von Energieholzprodukten in Mio. m ³ _{swe}	76
Abbildung 5-2: Szenario des Rohwareneinsatz zur Produktion von Energieholzprodukten in Mio. m ³ _{swe}	77
Abbildung 5-3: Energieholzverwendung in privaten Haushalten in Mio. m ³ _{swe}	78
Abbildung 5-4: Szenario der Energieholzverwendung in privaten Haushalten in Mio. m ³ _{swe}	79
Abbildung 5-5: Energieholzverwendung in Biomasseheizkraftwerken > 1 MW in Mio. m ³ _{swe}	81
Abbildung 5-6: Entwicklung der Biomassenachfrage der Energieproduktion in Biomasseanlagen nach den Treibhausgas-Projektionsberichten 2024 in TJ	82
Abbildung 5-7: Energieholzverwendung Biomasseheizkraftwerken > 1 MW in Mio. m ³ _{swe}	82
Abbildung 5-8: Energieholzverwendung in Biomasseheizkraftwerken < 1 MW in Mio. m ³ _{swe}	83
Abbildung 5-9: Energieholzverwendung Biomasseheizkraftwerken < 1 MW in Mio. m ³ _{swe}	84
Abbildung 5-10: Energieholzverwendung in sonstigen Verwendungen in Mio. m ³ _{swe}	85
Abbildung 5-11: Szenario der Energieholzverwendung in sonstigen Verwendungen in Mio. m ³ _{swe}	86
Abbildung 5-12: Energieholzverwendung insgesamt in Mio. m ³ _{swe}	86
Abbildung 5-13: Szenario der Energieholzverwendung insgesamt in Mio. m ³ _{swe}	87
Abbildung 5-14: Holzverwendung nach Hauptnutzungen in Mio. m ³ _{swe}	89
Abbildung 5-15: Holzverwendung nach Rohwarengruppen in Mio. m ³ _{swe}	89
Abbildung 5-16: Derbholzverwendung in Mio. m ³ _{swe} – Übergabe an Waldwachstums-modellierung (FABio)	89
Abbildung 5-17: Sonstige Verwendung von Rohwaren Mio. m ³ _{swe}	89
Abbildung 6-1: Angenommene Entwicklung der Verschnittfaktoren stofflicher Verarbeitung von Holzhalbwaren	94
Abbildung 6-2: Entwicklung der jährlichen Materialeinsparung durch Änderung der Verschnittfaktoren in Mio. m ³ _{hwe}	94
Abbildung 6-3: Simulationseffekt des Nadelholzes als Folge einer Substitution durch Laubholz (+50 %) in Mio. m ³ _{swe}	96
Abbildung 6-4: Simulationseffekt des Laubholzes als Folge einer Laubholzerhöhung (+50 %) in Mio. m ³ _{swe}	96
Abbildung 6-5: Simulationseffekt der Verdopplung des Altholzeinsatzes in Mio. m ³ _{swe}	98
Abbildung 6-6: Altholzpotenzial und Verwendung in Mio. m ³ _{swe}	98
Abbildung 6-7: Simulationseffekte des Anpassungsszenarios für Derbholz in Mio. m ³ _{swe}	99
Abbildung 6-8: Simulationsunterschiede des Anpassungsszenarios für Derbholz in Mio. m ³ _{swe}	99

Abbildung 6-9: Zufluss, Abfluss und Speichersaldo in Mio. m ³ _{swe}	101
Abbildung 6-10: Kumulierter Holzspeicher in Mio. m ³ _{swe} zwischen 2000 und 2050	101

8.4 Quellennachweis

Literatur

Bahr C, Lennerts K (2010): Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen, BBSR. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2009/LebensNutzungsdauer/Endbericht.pdf;jsessionid=A347FF95D4C5F70E79A59E3FEAC13790.live21323?__blob=publicationFile&v=1

BBSR (2017): https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Nutzungsdauer_Bauteile/BNB_Nutzungsdauern_von_Bauteilen_2017-02-24.pdf

Gornig, M.; Michelsen, C.; Révész, H. (2023): Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe: Berechnungen für das Jahr 2022. Hg. BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hg.), (2023): BBSR-Online-Publikation 53/2023, Bonn. Online verfügbar unter https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/1Wertschoepfung/2008/StrukturdatenBaugewerbe/Downloads/DL_Structurdaten_Endbericht2021.pdf;jsessionid=A59103DDA94D5F4004C1646EA22FFBC0.live21323?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 06.06.2025.

Gornig M, Pagenhardt L (2023): Bauboom geht zu Ende – politischer Strategiewechsel erforderlich. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung Berlin. DIW Wochenbericht Nr. 1+2/2023

Döring, P.; Mantau, U. (2021): Altholz im Entsorgungsmarkt. Aufkommen und Verwertung 2020. Hamburg. Rohstoffmonitoring Holz. Informationssysteme für Rohstoffe. Hamburg. Online verfügbar unter <http://info.eu/img/pdf/rohstoffmonitoring/R%202021%2005%20Altholz.pdf>, zuletzt geprüft am 06.06.2025.

Döring, P.; Glasenapp, S.; Mantau, U. (2020): Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2018, Marktvolumen und verwendete Holzsortimente, Rohstoffmonitoring Holz. Informationssysteme für Rohstoffe. Hamburg. Online verfügbar unter http://www.info.eu/downloads/studien/HH_2018_Teilbericht.pdf, zuletzt geprüft am 06.06.2025.

Döring, P.; Weimar, H.; Mantau, U. (2021a): Die energetische Nutzung von Holz in Biomassefeuerungsanlagen unter 1 MW in Nicht Haushalten im Jahr 2019. Informationssysteme für Rohstoffe. Hamburg. Online verfügbar unter http://www.info.eu/downloads/studien_neu_2022/S08%20Kleinfeuerungsanlagen%202019.pdf, zuletzt geprüft am 06.06.2025.

Döring, P.; Weimar, H.; Mantau, U. (2021b): Einsatz von Holz in Biomasse-Großfeuerungsanlagen 2019. Informationssysteme für Rohstoffe. Hamburg. Online verfügbar unter http://info.eu/downloads/studien_neu_2022/S07%20Grossfeuerungsanlagen%202019.pdf, zuletzt geprüft am 06.06.2025.

European Forest Sector Outlook Study (EFSOS). UNECE. Geneva (2011): <http://www.unece.org/efsos2.html>

Heinze Marktforschung (2023): Mittelfristprognose 2023-2028. und langfristige Perspektiven der Bauwirtschaft. Celle 2023.

Hennenberg, K.; Böttcher, H.; Braungardt, S.; Köhler, B.; Reise, J.; Köppen, S.; Bischoff, M.; Fehrenbach, H.; Pehnt, M.; Werle, M.; Mantau, U. (2022): Aktuelle Nutzung und Förderung der Holzenergie - Teilbericht zu den Projekten BioSINK und BioWISE (Climate Change, 12/2022). Öko-Institut; ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg; Informationssysteme für Rohstoffe. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter

- https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_12-2022_aktuelle_nutzung_und_foerderung_der_holzenergie.pdf, zuletzt geprüft am 29.03.2022.
- IfW (2023): Boysen-Hogrefe J. Gern K.-J. Groll D. Hoffmann T. Jannsen N. Kooths S. Reents J. Sonnenberg N. Stamer V. Stolzenburg U. (2023): Mittelfristprojektion im Herbst 2023: Wachstum im Sinkflug, Expansionsspielräume nicht allzu hoch. Kieler Konjunkturberichte, Nr. 108 (2023|Q3)
- Jochem, D.; Morland, C.; Glasenapp, S.; Weimar, H. (2023): Energetischer Holzverbrauch der privaten Haushalte, Abschlussbericht (Texte, 15/2023). Umweltbundesamt. Online verfügbar unter https://www.fnr.de/fileadmin/heizenmitholz/HH_2018_Teilbericht.pdf, zuletzt geprüft am 29.09.2023.
- FNR-Mediathek (2025): Holz in der Kreislaufwirtschaft. Online verfügbar unter <https://holz.fnr.de/kreislaufwirtschaft/holz-in-der-kreislaufwirtschaft>
- Heinze-Marktforschung (2012): Interne Auswertung verschiedener Studien zum Modernisierungsmarkt im Wohnungsbau (2001, 2004, 2007, 2011) und im Nichtwohnbau (2012). www.baudatenon23line.
- Knauf, M. (2024): Potenziale neuer Produkte in der holzbasierten Bioökonomie in Deutschland. Vortrag im Rahmen des DIFENS-Projektes vom 09.07.2024
- Knauf, M. (2025): Unsichere Zeiten. Delphi Studie zur Entwicklung der deutschen Forst- und Holzwirtschaft bis 2040. Studie im Rahmen des Waldklimafondsprojekts DIFENS. Ergebnisbericht, Juli 2024, Bielefeld. https://delphi-holz.de/wp-content/uploads/2024/07/Delphi_Ergebnisbericht.pdf
- Konsemöller, F. (2016): Verpackungsindustrie - Holzmengen und Anteile in Verpackungsprodukten, Bachelorarbeit im Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft (Mantau, U.) des Zentrums Holzwirtschaft der Universität Hamburg
- Mantau, U. (2025): Holzverwendung im Fertigwarenssektor und ihre Wirkung auf den Halb- und Rohwarenssektor. Szenarien der stofflichen und energetischen Holzverwendung. Das TRAW-Modell (Total Resource Assessment of Wood, Kreislaufwirtschaftsmodell Holz). Teilbericht des DIFENS-Projektes. FNR FKZ 2220WK32B4. 120 Seiten. Online verfügbar unter www.infro.eu
- Mantau, U. (2023a): Holzrohstoffbilanzierung, Kreislaufwirtschaft und Kaskadennutzung – 20 Jahre Rohstoffmonitoring Holz, Gulzow, FNR, FKZ: 22015918. Online verfügbar unter https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2024/Mediathek/FNR_Brosch_Rohstoffmonitoring_Holz_2024.pdf
- Mantau, U. (2023b): Wood Resource Balances – Circular Economy and Cascading, 20 years of Wood Resource Monitoring, Gulzow, FNR, FKZ: 22015918. <https://mediathek.fnr.de/wood-resource-balances-circular-economy-and-cascading.html>
- Mantau U., Hiller, D., Giesecking L., Blanke C. (2022): Holzverwendung im Möbelbereich – Verwendung von Massivholz und Holzwerkstoffen nach Möbelgruppen. FNR FKZ 22015918. Celle 2022 (www.infro.eu)
- Mantau U, Blanke C, Döring P (2018): Strukturbericht zum Holzeinsatz im Baubereich - Verwendung der Holzprodukte nach Baubereichen und Bauteilen. Teilbericht des WKF-Projektes KlimaBau. Hamburg. 77 S. (www.infro.eu)
- Mantau U., Blanke, C. (2016): Status of cascading use in the EU. In: Vis M., U. Mantau, B. Allen (Eds.) (2016) Study on the optimised cascading use of wood. No 394/PP/ENT/RCH/14/7689. Final report. Brussels 2016. 337 pages. Online verfügbar unter: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/04c3a181-4e3d-11e6-89bd-01aa75ed71a1>, zuletzt geprüft am 06.06.2025
- Mantau, U. et al. 2010: EUwood - Real potential for changes in growth and use of EU forests. Final report. Hamburg/Germany, June 2010. 160 p.
- North American Forest Sector Outlook Study 2006-2030. UNECE. Geneva 2012 https://www.srs.fs.fed.us/pubs/ja/2012/ja_2012_prestemon_004.pdf

Peters, M. J. (2015): Konjunkturelle Entwicklung und Holzverwendung in der Verpackungsbranche, Bachelorarbeit im Arbeitsbereich Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft (Mantau, U.) des Zentrums Holzwirtschaft der Universität Hamburg

UBA - Umweltbundesamt (Hg.) (2023): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2021, Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2023. Online verfügbar unter https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envy8fz9q/DE_EU-NIR_2023_DE.pdf, zuletzt geprüft am 23.03.2023.

UBA - Umweltbundesamt (2022): Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, Emissionsübersichten in Sektoren. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>, zuletzt geprüft am 09.11.2022.

Nachweis verwendeter Datenquellen

Biomasseatlas (2020): www.biomasseatlas.de (Zugriff am 11.09.2020)

Die Papierindustrie - Leistungsbericht PAPIER (2024): VDP-Leistungsbericht (2024): Diverse Jahrgänge zwischen 2000 und 2024, Bonn

Eurostat (2008-2024): NACE Rev. 2 (Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne). Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/nace>

FAOSTAT-Forestry database (2024): <https://www.fao.org/forestry-fao/statistics/84922/en/>

IIASA SSP (2018): Database (Shared Socioeconomic Pathways) 2018 Release, (Version 2.0, December 2018) - Version 2.0 (<https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb>).

Statistisches Bundesamt (2024): <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/aktuell-zensusergebnisse.html>; Zugriff 23.07.2023

Statistisches Bundesamt (2024a): Außenwanderungssaldo. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft/Umwelt/Bevoelkerung/Wanderungen/_inhalt.html?templateQueryString=wanderungsbewegung

Statistisches Bundesamt (2024b): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung Statistisches Bundesamt GENESIS 81000-0011)

Statistisches Bundesamt (2023a): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Fachserie 18 Reihe 1.4. GENESIS 81000. Wiesbaden 2023 September.

Statistisches Bundesamt (2023b): WAS und NAS – Tabellen. Baufertigstellungen nach Gebäudeart und überwiegend verwendetem Baustoff. Diverse Jahrgänge bis 2022. Wiesbaden 2023.

Statistisches Bundesamt (2022a): 15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung – Deutschland. Berichtszeitraum 2021-2070. EVAS-Nummer 12421. Wiesbaden 2022.

Statistisches Bundesamt (2022b): Bautätigkeit und Wohnungen. FS.5 R.1

Statistisches Bundesamt (2020a): Entwicklung der Privathaushalte bis 2040. Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung 2020. Wiesbaden 2020.

Statistisches Bundesamt (2020b): Erwerbspersonenvorausberechnung 2020. Wiesbaden 2020.

Statistisches Bundesamt (2019): Ergebnisse der 14. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. <https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2019/Bevoelkerung/pressebroschuere-bevoelkerung.html>