



Altholzflüsse der Schweiz

Eine literaturbasierte Analyse

Patrick Fuchs, Leonhard Seidl und Heiko Thömen

Berner Fachhochschule
Institut für Baustoffe und biobasierte Materialien IBBM
Fachgruppe Werkstoffe und Ökobilanzierung

Version 1, 12. Juni 2025



Impressum

Berner Fachhochschule BFH

Architektur, Holz und Bau AHB
Solithurnstrasse 102, 2500 Biel

Autorenteam der Berner Fachhochschule BFH

Patrick Fuchs (M.Sc. Wood Technology) arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe «Werkstoffe und Ökobilanzierung» am Institut für Baustoffe und biobasierte Materialien IBBM, patrick.fuchs@bfh.ch

Leonhard Seidl (B.Sc. Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement) arbeitet als Forschungsassistent in der Fachgruppe «Werkstoffe und Ökobilanzierung» am Institut für Baustoffe und biobasierte Materialien IBBM

Prof. Dr. Heiko Thömen ist Professor für Holzwerkstofftechnologie. Er leitet die Fachgruppe Werkstoffe und Ökobilanzierung am Institut für Baustoffe und biobasierte Materialien IBBM, heiko.thoemen@bfh.ch

Innosuisse Flagship Think Earth – Regeneratives Bauen

Diese Studie wurde mit der Unterstützung von Innosuisse und den folgenden Projektpartnern durchgeführt: Brawand Zimmerei AG, ETH Zürich, OLWO AG, Pirmin Jung Schweiz AG, Schneider Umweltservice AG, Stadt Zürich Hochbauamt und Swiss Krono AG.

Vorschlag Zitierung

Fuchs P., L. Seidl, H. Thömen (2025). «Altholzflüsse der Schweiz: eine literaturbasierte Analyse». Projektbericht. Berner Fachhochschule, Institut für Baustoffe und biobasierte Materialien, Biel

Titelbild

Bildquelle: Patrick Fuchs, Berner Fachhochschule, Institut für Baustoffe und biobasierte Materialien

Abstract

Im Rahmen des Forschungsprojekts Think Earth wurden die Altholzflüsse der Schweiz untersucht. Insbesondere wurde dabei die jährliche Altholzmenge, die Sammel- und die Recyclingquote von Holz in der Schweiz bestimmt sowie die mengenmässige Aufteilung des Altholzes in Produktkategorien ergänzend erarbeitet. Die Modellierungen und Analysen basieren ausschliesslich auf Literaturangaben. Die jährlichen Altholzmengen wurden mit den Holzendverbräuchen von 1908 bis 2022 aus der Literatur und einer Exponentialfunktion modelliert. Für die Berechnung der Sammel- und Recyclingquote Holz wurden zusätzlich die Abfallstatistiken des Bundesamtes für Umwelt ausgewertet. Mit den Holzendverbrauch-Berichten der Berner Fachhochschule wurden die Altholzflüsse weiter in Produktkategorien aufgeteilt. Die vorliegende Studie kommt zum Schluss, dass in der Schweiz jährlich rund 1 Mio. t Altholz anfällt, 70 % davon gesammelt und 22 % recycelt werden. Die Aufteilung der Altholzmengen in Produktkategorien verdeutlicht die Vielfalt und die sich daraus ergebende Komplexität einer effizienten Verwertung.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Literatur	7
2.1 Holzendverbrauch	7
2.2 Holzprodukte-Lager	9
2.3 Altholz	10
2.4 Recyclingquote	12
3. Methodik	13
3.1 Grundlagen	13
3.2 Modellierung Holzprodukte-Lager	15
3.3 Berechnung der Recyclingquote	17
3.4 Aufteilung in Altholzsortimente	17
3.5 Sensitivitätsanalyse	19
3.6 Statistische Auswertung	20
4. Ergebnisse und Diskussion	21
4.1 Holzprodukte-Lager	21
4.2 Sensitivitätsanalyse Holzprodukte-Lager	24
4.3 Sammel- und Recyclingquote Holz	25
4.4 Altholzsortimente	28
5. Schlussfolgerung	32
6. Quellen	33
6.1 Literatur	33
6.2 Bildquellen der Fotocollage	34
7. Verzeichnisse	36
7.1 Abbildungsverzeichnis	36
7.2 Tabellenverzeichnis	37
7.3 Formelverzeichnis	37

1. Einleitung

Im Innosuisse-Flagship-Forschungsprojekt «Think Earth Teilprojekt 5» untersucht die Berner Fachhochschule (BFH) gemeinsam mit der ETH Zürich sowie mit Brawand Zimmerei AG, OLWO AG, Pirmin Jung Schweiz AG, Schneider Umweltservice AG, dem Hochbauamt der Stadt Zürich und Swiss Krono AG die Wiederverwendung und das Recycling von Altholz. Der Fokus der BFH liegt in diesem Projekt auf der Entwicklung von Vollholzprodukten aus Altholz, mit dem Ziel, Grundlagen zu schaffen für eine Steigerung der stofflichen Verwertung von Altholz in der Schweiz. Weitere Informationen zum Forschungsprojekt Think Earth können auf der Projektwebseite der BFH (www.bfh.ch/de/forschung/projekte) oder der ETH Zürich (www.thinkearth.ethz.ch) abgerufen werden.

In der Schweiz liegt die Recyclingquote von Holz deutlich niedriger als bei anderen Baustoffen wie Stahl oder Beton, wobei das stofflich verwertete Altholz fast ausschliesslich zur Herstellung von Spanplatten verwendet wird. Der überwiegende Teil des Altholzes wird hingegen nicht stofflich genutzt, sondern hauptsächlich verbrannt und thermisch verwertet.

Der Wunsch nach einer Erhöhung der Recyclingquote von Holz ist nicht neu, erfährt aber in den letzten Jahren im Zuge der steigenden Anstrengungen im Sinne des nachhaltigen Bauens neuen Vorschub. Zum einen besteht der Wunsch, Herstellenergie, CO₂-Emissionen und auch Kosten von Holzprodukten dadurch zu reduzieren, dass frühe Prozessschritte - z.B. die Trocknung - durch den Einsatz von (bereits getrocknetem) Altholz eingespart werden. Zum zweiten ergibt sich eine Dringlichkeit zur Wiederverwendung und zum Recycling von Altholz aus der prognostizierten Verknappung bzw. Veränderung des Rohstoffsortiments, ausgelöst durch den Waldumbau der letzten Jahrzehnte und zunehmend auch durch die Folgen des Klimawandels für die einheimischen Wälder, bei gleichzeitig wachsendem Marktbedarf am Rohstoff Holz. Und es besteht noch ein weiterer Beweggrund für eine Erhöhung der Recyclingquote: Seitens der Holzbranche selbst ist immer wieder die Sorge zu hören, dass man aufgrund der niedrigen Holz-Recyclingquote reglementarische Vorgaben nicht erfüllen kann und zudem in der öffentlichen Wahrnehmung ins Hintertreffen gegenüber anderen Baustoffen gerät.

Auch wenn grundsätzlich anerkannt wird, dass die Recyclingquote von Holz im Vergleich zu anderen Baustoffen niedrig ist, so variieren die genauen Werte für diesen Indikator doch erheblich. In den letzten Jahren wurden in der Schweiz mehrere Studien zur Ermittlung der Holz-Recyclingquote veröffentlicht. Die publizierten Holz-Recyclingquoten reichen von 8 % bis 30 %. Diese Arbeiten liefern wertvolle Beiträge zur Diskussion, unterscheiden sich jedoch teils deutlich in ihren methodischen Ansätzen. So basieren viele der bisherigen Schätzungen auf unterschiedlichen Berechnungsgrundlagen – etwa hinsichtlich der Frage, ob das jährlich gesammelte Altholz als 100 % betrachtet oder ob Exporte von Altholz von dieser Menge abzuziehen sind. Zudem variieren die Studien in der Tiefe der Analyse und beziehen sich meist auf ein spezifisches Jahr.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Erarbeitung einer fundierten Grundlage zu den jährlich anfallenden Altholzmengen sowie der Holz-Recyclingquote in der Schweiz. Eine einheitliche und fundierte Berechnungsgrundlage dieser Recyclingquote soll auch dem internationalen und zeitlichen Vergleich dienen. Für die Berechnung der Holz-Recyclingquote für die Schweiz werden u.a. die Abfallstatistiken vom BAFU herangezogen sowie die jährlich anfallenden Altholzmengen mit einem theoretischen Datenmodell berechnet. Nicht gemeldete Altholzflüsse werden in dieser Studie mittels Expertengesprächen mit den Projektpartnern qualitativ festgehalten. Zellstoff sowie daraus hergestellte Produkte wie Papier und Karton wurde in der vorliegenden Studie nicht mitbetrachtet. Der Fokus der vorliegenden Studie liegt vielmehr auf Produkten aus Massivholz oder Holzwerkstoffen.

Neben der jährlichen Altholzmenge sowie deren Sammel- und Recyclingquote, interessiert auch die Zusammensetzung dieses Flusses. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Studie ist es dementsprechend, den jährlichen Altholzfluss prozentual in die Holzproduktkategorien Hochbau, Möbel, Verpackung, Bauhilfsstoffe und Holzwaren aufzuteilen. Dies bildet eine wichtige Grundlage für das weitere Forschungsprojekt, um relevante Holzprodukte im Altholzfluss zu identifizieren und deren Mengen abschätzen zu können. Um die Zusammensetzung des Altholzes zu analysieren, werden die jährlichen Altholzmengen mit den Studien zum Holzendverbrauch der BFH kombiniert. Diese Holzendverbrauchsstudien geben detailliert Auskunft, welche Holzprodukte in welchen Mengen in der Schweiz jährlich verkauft wurden. Unter Berücksichtigung der mittleren Lebensdauern der Holzprodukte können schliesslich die heute anfallenden Holzprodukte im Altholzfluss abgeschätzt werden.

2. Literatur

2.1 Holzendverbrauch

Das Jahrbuch Wald und Holz wird jährlich vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) erstellt und veröffentlicht. Es bietet unter anderem umfassende Informationen über die verarbeiteten und in der Schweiz abgesetzten Holzmengen (Holzbilanz, BAFU 2023c). Der Holzendverbrauch wird in den Statistiken jeweils aufgeteilt in Energieholz, Papier und Karton, Produkte aus Massivholz und Holzwerkstoffen sowie andere Verwendung und Verluste. Für die vorliegende Studie ist vor allem die Kategorie Produkte aus Massivholz und Holzwerkstoffen interessant. Zwischen 2008 und 2022 wurden durchschnittlich jährlich 2.6 Mio. m³ Produkte aus Massivholz und Holzwerkstoffen in der Schweiz abgesetzt (rund 1.3 Mio. t atro). Der Holzabsatz in dieser Kategorie zeigt ab 2008 kleinere jährliche Schwankungen, ohne einen klaren Trend zum Anstieg oder zur Abnahme (Abbildung 1).

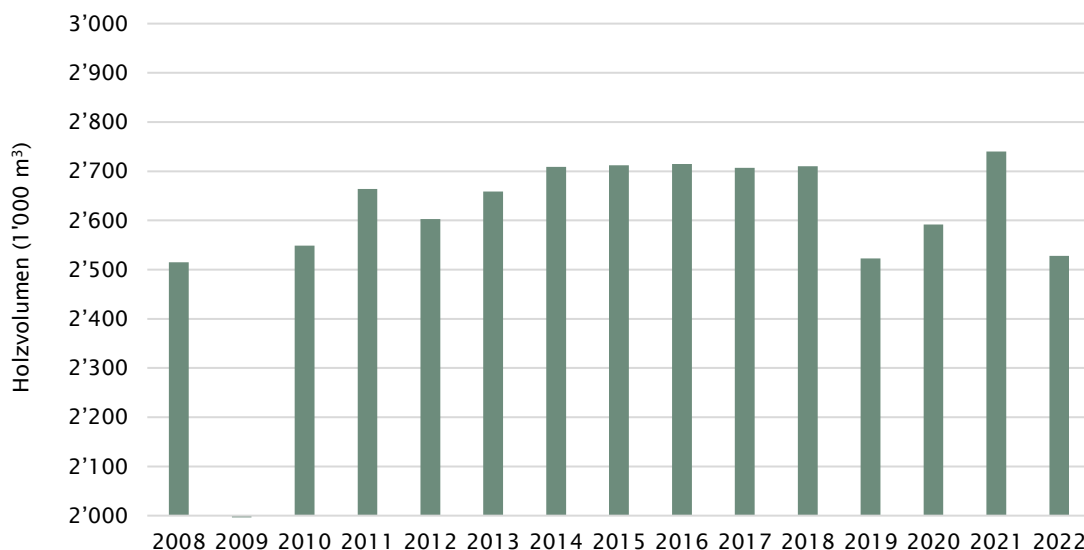


Abbildung 1: Endverbrauch an Produkten aus Massivholz und Holzwerkstoffen in der Schweiz von 2008 bis 2022 (Jahrbücher Wald und Holz, BAFU 2023c, 2009 fehlen die Daten).

Die Holzendverbrauch Studien der BFH (Neubauer-Letsch et al. 2018 und Winterberg et al. 2022) wurden im Auftrag des BAFU erstellt. Sie erheben die stofflich genutzten Holzmengen in den Produktkategorien Bauwesen, Möbel und Innenausbau, Holz im Aussenbereich, Verpackung und Holzwaren. Für die vorliegende Studie wurden die Jahre 2009, 2012, 2016, 2018 und 2020 ausgewertet und zusammengefasst. Durchschnittlich zeigt sich ein höherer Holzendverbrauch mit jährlich rund 3.1 Mio. m³ (rund 1.6 Mio. t atro) im Vergleich zum Holzendverbrauch aus den Jahrbüchern Wald und Holz vom BAFU. Die Differenz ist dabei der unterschiedlichen Erhebungsmethodik geschuldet. Die BFH-Endverbrauchsstudien basieren grösstenteils auf der Auswertung von Baubewilligungen, die Jahrbücher Wald und Holz vom BAFU auf den

Produktionszahlen der Holzverarbeitenden Betriebe in der Schweiz sowie den Statistiken über Einfuhren und Ausfuhren von Holzprodukten.

Obwohl einige Produktkategorien einen statistisch signifikanten Zuwachs haben (Treppen, Bauhilfsstoffe, Möbel, Holz im Aussenbereich und Holzwaren) ist beim gesamten Holzverbrauch gemäss BFH-Studien keine signifikante Veränderung zu beobachten (Tabelle 1).

Tabelle 1: Holzverbrauch in der Schweiz nach Produktkategorien für 2009 (Neubauer-Letsch et al. 2018), 2012, 2016, 2018 und 2020 (Winterberg et al. 2022)

(Mengen in 1'000 m ³)	2009	2012	2016	2018	2020
Konstruktionsholz Hochbau	741	892	891	890	795
Holzfaserdämmung	74	94	100	102	88
Türen	86	89	89	94	91
Fenster	70	79	103	108	80
Treppen	5	5	9	12	12
Bauhilfsstoffe	207	216	232	241	238
Infrastrukturbauten	63	55	78	78	73
Möbel	558	581	652	661	678
Innenausbau	186	223	259	282	243
Böden	119	131	104	108	102
Holz im Aussenbereich	72	74	92	119	125
Verpackung	425	454	450	457	439
Holzwaren	166	172	196	217	218
Total	2'770	3'065	3'254	3'370	3'180

Gemäss der Erhebung von Winterberg et al. (2022) sind 25 % des Holzverbrauchs im Jahr 2020 in der Schweiz Konstruktionsholz, 21 % Möbel und 14 % Verpackung. Ebenfalls einen relevanten Anteil hat der Innenausbau (8 %), Bauhilfsstoffe (7 %) und Holzwaren (7 %, Abbildung 2).

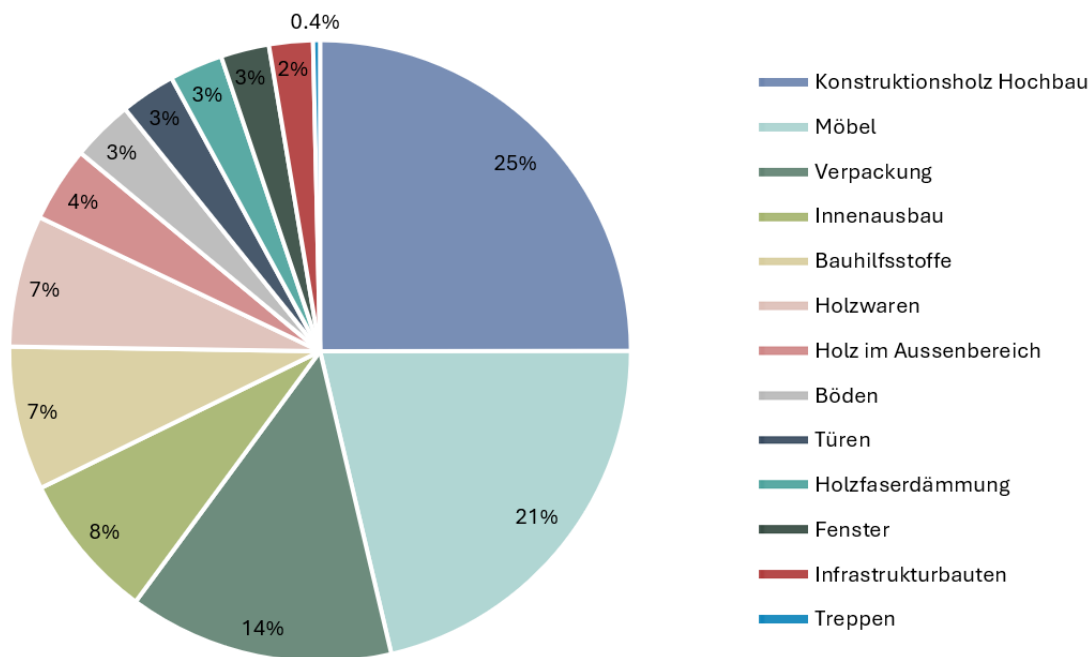


Abbildung 2: Prozentuale Aufteilung des Holzendverbrauchs 2020 in der Schweiz nach Produktkategorien (Winterberg et al. 2022).

2.2 Holzprodukte-Lager

In der Studie von Gauch et al. (2016) wurden die Lagermengen sowie deren Veränderung einzelner Baustoffe in Abhängigkeit der konjunkturellen Situation (Wachstum Bauwerk Schweiz und Veränderung Baustoffmix) in der Schweiz modelliert und zeitlich extrapoliert (Hoch- und Tiefbau). Die Studie geht von einer Lebensdauer der Holzprodukte im Hoch- und Tiefbau von 100 Jahren aus. Mit der Annahme einer linearen Lagerabnahme ergibt sich ein jährlicher Lagerabfluss von 1 % des Holzlagers in der Schweiz. Die Modellierung zeigt ein Holzlager in der Schweiz im Jahr 2015 von 37 Mio. t, einen Zuwachs von 520'000 t und einen Lagerabfluss von 370'000 t.

Guerra und Kast (2015) ermittelten die Abfallmengen aus dem Schweizer Hochbau für das Jahr 2015 und berechneten die zukünftigen Abfallmengen für die nächsten 10 Jahre. Die Berechnungen wurden anhand eines Datenbankmodelles durchgeführt, welches im Wesentlichen aus einem Immobilienbestand und den Hochbautätigkeiten in den Bereichen Neubau, Abbruch und Erneuerung besteht. Das Modell zeigt für 2015 eine Holzlagermenge im Schweizer Hochbau von 65 Mio. m³ (rund 33 Mio. t).

In der Studie von Savi und Klingler (2022) wird ein Stoffflussmodell für den Gebäudepark in der Schweiz erstellt, um die Einlagerung von Kohlenstoff im Holzbau für die nächsten 30 Jahre zu berechnen. Das Modell geht davon aus, dass die Baustoffmengen im Gebäudepark proportional mit dem Bevölkerungswachstum ansteigen. Als Ausgangslage wird das Materiallager gemäss Guerra und Kast (2015) und die Zusammensetzung der Baustoffe im Gebäudepark gemäss Gauch

et al. (2016) angenommen. Die Berechnungen zeigen ein Holzlager in Schweizer Hochbauten von rund 32 Mio. t im Jahr 2013 und 38 Mio. t im Jahr 2020. Das ergibt einen jährlichen Lagerzuwachs von rund 850'000 t. Der berechnete jährliche Lagerzuwachs in der Studie von Savi und Klingler (2022) ist demnach höher als der berechnete Lagerzuwachs von Gauch et al. (2016) mit 520'000 t.

2.3 Altholz

In der bereits erwähnten Studie von Guerra und Kast (2015) wurden auch die Altholzmengen aus dem Schweizer Hochbau für 2015 ermittelt. Total wurden rund 380'00 t Altholz aus den drei Kategorien Abbruch (rund 70'000 t), Neubau (rund 40'000 t) und Erneuerung (oder Sanierung, rund 270'000 t) errechnet. Die Altholzmengen umfassen ausschliesslich den Hochbau. Es wird davon ausgegangen, dass dies alle Holzprodukte in Gebäuden umfasst, welche Teil der Immobile sind und fest installiert sind (wie zum Beispiel Wände, Böden, Fenster, Türen, Treppen und Wandverkleidungen).

Altholz ist in der Schweiz, mit einigen Ausnahmen, meldepflichtig. Die Sammelstellen, Verarbeiter oder Händler von Altholz melden jährlich die angenommene, verarbeitete und weitergeleitete Menge den kantonalen Behörden. Diese leiten die Meldungen pro Kanton an das BAFU weiter, welches jährliche Statistiken über die Altholzmengen veröffentlicht. Abbildung 3 fasst die Daten aus der Statistik der anderen kontrollpflichtigen Abfälle (BAFU 2023b) und den Sonderabfallstatistiken zusammen (BAFU 2023d). Das total gemeldete Altholz (ohne Import) haben von 2008 bis 2022 von rund 690'000 t auf 880'000 t zugenommen. Der Anteil an thermisch verwertetem Altholz im Inland hat in dieser Zeit von 29 % (2008) auf 67 % (2022) zugenommen und der Anteil an thermisch verwertetem Altholz im Ausland von 20 % (2008) auf 5 % (2022) abgenommen. Der Anteil an stofflich verwertetem Altholz (Summe aus Inland und Ausland) hat sich im untersuchten Zeitraum kaum geändert und liegt im Mittel bei 37 %.

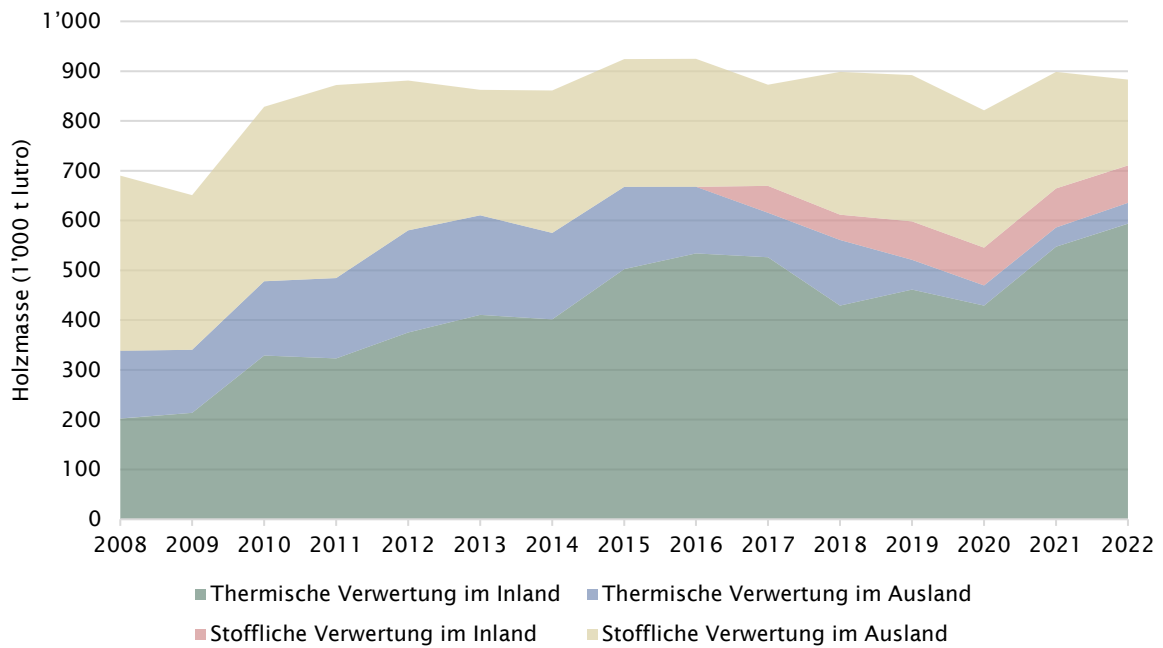


Abbildung 3: Gemeldete Altholzmengen in der Schweiz und ihre Verwertungswege von 2008 bis 2022 (ohne Import, BAFU 2023b und BAFU 2023d).

In der Studie von Klingler et al. (2019) werden Entsorgungswege von Baustoffen für Ökobilanzierungen in der Schweiz erarbeitet. Es wurden Experteninterviews, Controlling-Berichte über Bauabfälle der Stadt Zürich sowie Erhebungen der Aufbereitungsanlagen im Kanton Zürich miteinbezogen. Der Studie nach gehen Holz und Holzwerkstoffe aus dem Gebäudeabbruch zu 94 % direkt in eine Altholzaufbereitung und 6 % zuerst in eine Bausperrgutsortierung. Die grösste Menge aus der Bausperrgutsortierung geht danach ebenfalls in eine Altholzaufbereitung. Schlussendlich wird das Altholz aus Gebäuden zu 70.0 % verbrannt, zu 29.7 % stofflich verwertet und zu 0.3 % einer Deponie zugeführt (Abbildung 4).

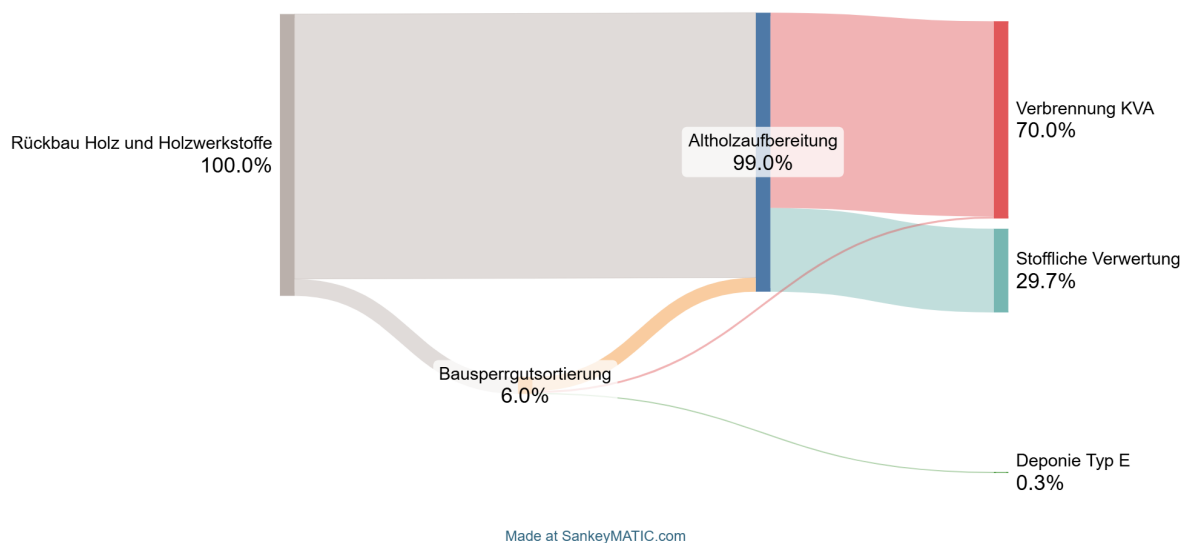


Abbildung 4: Altholzflüsse aus dem Gebäuderückbau gemäss Zahlen von Klingler et al. (2019).

2.4 Recyclingquote

Erni et al. (2017) führte in der Studie über das «Altholzpotalential in der Schweiz für eine energetische Nutzung» eine Vollerhebung des Altholzaufkommens bei 567 Betrieben durch, welche Altholz sammeln, transportieren oder entsorgen. Für 2014 wurde so ein Marktvolumen von Altholz in der Schweiz von 0.998 Mio. t ermittelt (32 % davon wurden geschätzt). Ebenfalls wurden die Verwertungswege im In- und Ausland analysiert. Die 0.998 Mio. t Altholz werden demnach zu 67 % energetisch im Inland, 2 % stofflich im Inland, 15 % energetisch im Ausland und 16 % stofflich im Ausland verwertet. Daraus resultiert eine Recyclingquote von 18 %. Die Importe von Altholz in die Schweiz wurden bei der Erhebung berücksichtigt, sind aber mit total 4'000 t zu vernachlässigen.

In der Studie von Malinverno et al. (2024) wurde eine Materialflussanalyse der gesamten Holzwertschöpfungskette in der Schweiz durchgeführt. Als Recyclingquote wird die stoffliche verwertete Altholzmenge in der Schweiz (0.14 Mio. m³) der gesammelten Altholzmenge in der Schweiz (1.76 Mio. m³) gegenübergestellt. Die Recyclingquote resultiert damit bei 7.9 %. Altholz, welches im Ausland stofflich verwertet wird, wird hier nicht in der Recyclingquote berücksichtigt.

Die bereits erwähnte Studie von Gauch et al. (2016) geht nach Angaben aus Expertengesprächen und der Studie von Guerra und Kast (2015) von einer Holz-Recyclingquote von 10 % aus. Eine weitere Untersuchung von Odermatt et al. (2022) kommt auf eine Recyclingquote von 30 %.

3. Methodik

3.1 Grundlagen

Abbildung 5 zeigt die Datengrundlage nach der Literaturrecherche für die Modellierung des Holzprodukte-Lagers sowie die Berechnung der Recyclingquote. Der jährliche Zufluss in das Holzprodukte-Lager ist durch diverse Bundesstatistiken für die Schweiz seit 1908 bis 2022 bekannt. Der jährliche Zufluss in das Holzprodukte-Lager ist zugleich der jährliche Holzendverbrauch. Damit sind alle Holzprodukte gemeint, welche von der Herstellung in den Gebrauch übergehen. Nicht im Holzendverbrauch inbegriffen sind Halbfabrikate.

In Abbildung 5 als unbekannt dargestellt ist der jährliche Zuwachs und Schwund des Holzprodukte-Lagers in der Schweiz sowie die jährliche Abflussmenge aus diesem Lager. Von der jährlich abfliessenden Altholzmenge sind nur die gesammelten und gemeldeten Mengen durch die Abfallstatistiken des BAFU bekannt. Unbekannt sind die nicht gesammelten Altholzmengen.

Ebenfalls in Abbildung 5 sind die Systemgrenzen für die Modellierung des Holzprodukte-Lagers in der Schweiz sowie für die Berechnung der Recyclingquote ersichtlich. Bei der Modellierung des Holzprodukte-Lagers wird der jährliche Zuwachs oder Schwund sowie der jährliche Abfluss modelliert. Die Grundlage dazu bilden die jährlichen Zuflüsse. In einem weiteren Schritt wird dann die Recyclingquote von Holz berechnet. Die jährlichen Abflüsse aus der vorhergehenden Modellierung bilden dabei 100 %. Zusammen mit den Abfallstatistiken vom BAFU, wo die gesammelte Altholzmenge in eine thermische und eine stoffliche Verwertung aufgeteilt ist, lässt sich die Holz-Recyclingquote für die Schweiz berechnen.

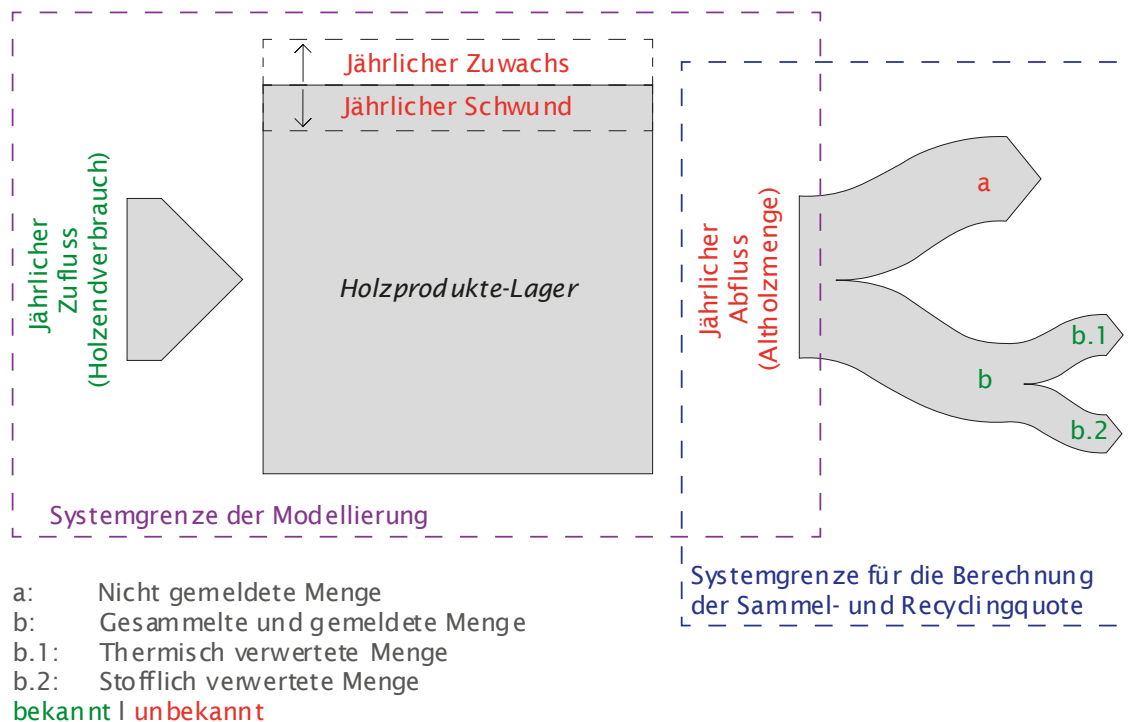


Abbildung 5: Datengrundlage sowie Systemgrenze für die Modellierung des Holzprodukte-Lagers sowie für die Berechnung der Sammel- und Recyclingquote.

Die nachfolgenden beiden Formeln (Formel 1 und Formel 2) fassen die Berechnungsgrundlage der Sammel- und Recyclingquote zusammen. Wie später im Unterkapitel zur Berechnung der Recyclingquote beschrieben, wird das Aussortieren von Fremdstoffen beim Spanplattenhersteller noch zusätzlich berücksichtigt – hier zur vereinfachten Darstellung nicht berücksichtigt. Die nicht gesammelte Altholzmenge ergibt sich über die Differenz aus der jährlichen Abflussmenge und der gesammelten Menge (Formel 3).

Formel 1: Berechnungsformel der Sammelquote.

$$\frac{b}{\text{jährlicher Abfluss}} = \text{Sammelquote}$$

Formel 2: Berechnungsformel der Recyclingquote.

$$\frac{b.2}{\text{jährlicher Abfluss}} = \text{Recyclingquote}$$

Formel 3: Berechnungsformel der nicht gesammelten Altholzmenge.

$$\text{jährlicher Abfluss} - b = a$$

3.2 Modellierung Holzprodukte-Lager

Um die jährlichen Altholzmengen zu berechnen, wurde ein Holzprodukte-Lager für die Schweiz von 1908 bis 2022 modelliert. Das Holzprodukte-Lager beinhaltet alle Holzprodukte, welche in der Schweiz abgesetzt und noch nicht entsorgt wurden (alle Holzprodukte in der Schweiz, welche ihr Lebensende noch nicht erreicht haben). Zwei Flüsse beeinflussen die Holzprodukte-Lagermenge: der jährliche Zufluss (Holzendverbrauch) und der jährliche Abfluss (Altholzmenge).

Die Modellierung des Holzprodukte-Lagers in der Schweiz erfolgte in 3 Schritten. Im 1. Schritt wurde der Zufluss an Holzprodukten von 1908 bis 2022 anhand von Literaturangaben zusammengestellt. Im 2. Schritt wurde anhand dieser Zuflüsse und einer exponentiellen Abnahme-Funktion die jährlichen Lagermengen berechnet. Im 3. und letzten Schritt wurden der jährliche Abfluss anhand der jährlichen Lagerveränderungen (Zuwachs oder Schwund) berechnet. Nachfolgend werden diese drei Schritte detailliert vorgestellt.

1. Schritt: Holzendverbrauch in der Schweiz von 1908 bis 2022

Die zusammengestellten Holzendverbräuche basieren auf den Bundesstudien zum Verbrauch an Schnittholz und Platten von 1958 bis 2022 in der Schweiz (BFL 1985, BUWAL 2004, BAFU 2013, BAFU 2018 und BAFU 2023a). Um den Verbrauch an Schnittholz und Platten von 1908 bis 1958 zu ergänzen, wurde der Nutzholzverbrauch von 1908 und 1930 aus einer älteren Studie beigezogen (Eidgenössisches Oberforstinspektorat 1975). Der Nutzholzverbrauch wurde in den zwei Jahren mit einer angenommenen Ausbeute von 60 % auf einen Verbrauch an Schnittholz umgerechnet (Ausbeute wurde anhand der Daten zum Nutzholz- und Schnittholzverbrauch aus den Studien 1958 bis 2022 angenommen).

Da die nun vorliegenden Verbrauchs-Mengen an Schnittholz und Platten (Halbfabrikate) noch nicht den gewünschten Endverbrauch darstellen, wurde eine Ausbeute von 70 % eingerechnet (Ausbeute ergibt sich aus dem Abgleich der in dieser Studie berechneten Holzendverbrauchs mit den publizierten Holzendverbräuchen aus den jüngsten BAFU-Studien). Daraus resultiert der Holzendverbrauch aus dem in der Schweiz abgesetzten Schnittholz und den Platten. Mit dem Holzendverbrauch sind alle Holzprodukte gemeint, welche von der Herstellung in den Gebrauch übergehen. Nicht im Holzendverbrauch inbegriffen sind Halbfabrikate.

Um die Ein- und Ausfuhren von Holzprodukten beim gesamten Holzendverbrauch in der Schweiz zu berücksichtigen, wurden die Ausfuhren vom bereits errechneten Holzendverbrauch abgezogen und die Einfuhren dazugezählt. Die Ein- und Ausfuhrmengen von Halbfabrikaten, Baumaterial, Packmaterial, Holzwaren, Möbel und vorgefertigte Holzgebäude wurden aus den Bundesstatistiken übernommen (BFL 1985, BUWAL 2004, BAFU 2013, BAFU 2018 und BAFU 2023a). Die Ein- und Ausfuhren von Möbel wurden den Endprodukten aus Platten verrechnet und die anderen Produkte den Endprodukten aus Schnittholz.

Die aus den Literaturangaben resultierenden Lücken in der Zeitreihe von 1908 bis 2022 wurden zwischen zwei bekannten Mengenangaben linear ergänzt und vor der ältesten Mengenangabe linear bis zu einem definierten Jahr auf die Menge 0 reduziert. Bei der linearen Datenergänzung vor der ältesten Mengenangabe geht es konkret um den Beginn der Inlandprodukten von Platten (Annahme 1950, Trend der ersten 20 verfügbaren Jahre) und den Beginn der Ein- und Ausfuhren (Annahme 1946, nach dem 2. Weltkrieg).

Der nun vorliegende Holzendverbrauch an Endprodukten aus Schnittholz und Platten in der Schweiz von 1908 bis 2022 wurde mit einer Holzdichte von 513 kg/m³ auf die trockene Holzmasse umgerechnet (Herleitung Dichte siehe Unterkapitel 3.4).

2. Schritt: Berechnung der jährlichen Lagermengen

Analog zur Berechnung der nationalen Treibhausgasinventare (IPCC 2014) wurde das Holzprodukte Lager für die Schweiz in der vorliegenden Studie modelliert. Die angewendeten Berechnungsformeln (Formel 4 und Formel 5) basiert dabei auf einer exponentiellen Abnahme der Lagermengen mit einer definierten Halbwertszeit für Endprodukte aus Schnittholz und Platten. Die Halbwertszeit bestimmt dabei die Verweildauer der Holzprodukte im Lager. Wie bei der Berechnungsgrundlage der nationalen Treibhausgasinventare (IPCC 2014) vorgeschlagen, wurde auch in dieser Studie die Halbwertszeit der Endprodukte aus Schnittholz mit 35 Jahren angenommen. Hingegen wurde bei den Endprodukten aus Platten eine etwas tiefere Halbwertszeit mit 15 Jahren in dieser Studie angenommen (25 Jahre bei IPCC 2014). Grund dafür ist die Annahme, dass aus Platten hauptsächlich Möbel hergestellt werden und diese eine durchschnittliche Lebensdauer von 5 bis 20 Jahren aufweisen (Saes et al. 2024). Bei den Endprodukten aus Schnittholz musste eine bestehende Lagermenge im Jahr 1908 als Grundlage für die Berechnungen definiert werden (Endprodukte aus Platten starten gemäss der zusammengestellten Holzendverbräuchen im ersten Schritt erst ab 1946). Diese wurde mit 18 Mio. t so angenommen, damit das Holzprodukte-Lager im Jahr 1908 unverändert bleibt (gemäss IPCC 2014).

Formel 4: Berechnungsformel der jährlichen Lagermengen (IPCC 2014).

$$C_{i+1} = e^{-k} \times C_i + \left[\frac{(1-e^{-k})}{k} \right] \times Inflow_i$$

Formel 5: Berechnungsformel der jährlichen Holzprodukte Lageränderung (IPCC 2014).

$$\Delta C_i = C_{i+1} - C_i$$

C_i	Holzprodukte-Lagermenge zu Beginn von Jahr i ; in t trockene Holz
k	ist die Zerfallskonstante, die von der Holzprodukte-Kategorie abhängt ($k = \ln(2)/HL$ wobei HL die Halbwertszeit der jeweiligen Holzprodukte-Kategorie in Jahren ist.)
$Inflow_i$	ist der Holzendverbrauch der jeweiligen Holzprodukte-Kategorie während Jahr i ; in t trockene Holz
ΔC_i	Lageränderung während Jahr i ; in t trockene Holz pro Jahr

3. Schritt: Berechnung der jährlichen Altholzmengen

Aus dem 2. Schritt gehen die jährlichen Holzprodukte-Lagerbestände sowie die -Lageränderungen für Endprodukte aus Schnittholz und Platten hervor. Die berechneten Werte für die jährlichen Lageränderungen sind positiv, wenn das Lager in diesem Jahr zugenommen und negativ, wenn das Lager abgenommen hat. Mit Formel 6 wird auf der Grundlage des jährlichen Holzendverbrauches und der Lageränderung die Altholzmenge für die zwei Produktkategorien (Endprodukte aus Schnittholz und Endprodukte aus Platten) berechnet.

Formel 6: Berechnung der jährlichen Altholzmengen.

$$Outflow_i = Inflow_i - \Delta C_i$$

$Outflow_i$ Jährliche Altholzmenge; in t atro pro Jahr

3.3 Berechnung der Recyclingquote

Die aus der Modellierung errechnete jährliche Abflussmenge (Altholzmenge) dient als Grundlage (100 %) für die Berechnung der Recyclingquote. Die berechneten Abflussmengen wurden den gemeldeten Altholzmengen gemäss der Statistik der anderen kontrollpflichtigen Abfälle (BAFU 2023b) und den Sonderabfallstatistiken gegenübergestellt (BAFU 2023d). Die Differenz zwischen der jährlich anfallenden Abflussmenge und der gesammelten und gemeldeten Menge wird als «nicht gemeldet» definiert.

Die gesammelten und gemeldeten Altholzmengen teilen sich gemäss den BAFU-Abfallstatistiken in eine thermische und eine stoffliche Verwertung auf. Bei der stofflichen Verwertung werden hauptsächlich Spanplatten aus dem Altholz hergestellt. Bei der Sortierung des zerkleinerten Altholzes beim Spanplattenhersteller werden rund 5 % Fremdstoffe aussortiert (mündliche Mitteilung Bühler 2024). Diese werden nicht in die Recyclingquote miteingerechnet, respektive abgezogen. In dieser Studie werden alle Altholzflüsse in Tonnen absolut trocken (atro) umgerechnet. Die Umrechnung von den Angaben in Tonnen lufttrocken (lutro) aus den Abfallstatistiken vom BAFU in atro, erfolgt mit einer Holzfeuchte von 17 % (Erfahrungswert Swiss Krono, mündliche Mitteilung Bühler 2024).

Die Recyclingquote ist in der vorliegenden Studie definiert als der Anteil an recyceltem Altholz im In- und Ausland an der gesamten anfallenden Abflussmenge (Altholzmenge) in der Schweiz. Altholz, welches importiert und in der Schweiz verwertet wird, wird in dieser Studie nicht betrachtet, da sie für die Analyse der in der Schweiz anfallenden Altholzmengen nicht relevant sind. Die Recyclingquote wurde als Durchschnitt über die letzten zehn erfassten Jahre berechnet und dargestellt (2013 bis 2022).

3.4 Aufteilung in Altholzsortimente

Der Altholzfluss wurde grob in Produktkategorien gemäss der Endverbrauch-Studien der BFH aufgeteilt (Neubauer-Letsch et al. 2018 und Winterberg et al. 2022). Dabei wurden die Endverbräuche aus den Jahren 2009, 2012, 2016, 2018 und 2020 von m³ in t atro umgerechnet.

Die Dichten wurden anhand der angenommenen Holz- oder Holzwerkstoffarten aus der Literatur oder von üblichen Industriestandards übernommen (Holzarten gemäss Kučera et al. 2014, Tabelle 2). Mit der Gewichtung der Holzendverbrauchsmengen in den Produktkategorien ergibt sich so eine durchschnittliche Dichte von 513 kg/m³ (atro).

Tabelle 2: Zugrunde liegende Dichten für die Umrechnung der Holzendverbräuche von m³ in t atro (Holzarten gemäss Kučera et al. 2014).

Holzart oder Holzwerkstoffart	Dichte (kg/m ³)
Fichte	470
Lärche	540
Eiche	650
Buche	680
Esche	670
Robinie	715
Holzwohle	20
Spanplatte	630
MDF	710
Holzfaserdämmung	70

Es wird angenommen, dass der Endverbrauch der Holzprodukte genauso gross ist wie die Menge an Altholz, wobei der Endverbrauch um die Lebensdauer der Holzprodukte zeitlich in die Vergangenheit versetzt ist. Liegt der Endverbrauch der Produktkategorien für das Referenzjahr 2022 durchschnittlich nach 2009, können die Mengen aus den Endverbrauch-Studien der BFH übernommen werden. Die definierten Holzprodukte Kategorien aus der Studie von Neubauer-Letsch et al. (2018) wurden dementsprechend in zwei Kategorien eingeteilt: Holzprodukte mit einer Lebensdauer < 13 Jahre und Holzprodukte mit einer Lebensdauer > 13 Jahre. Bei den Holzprodukten mit einer Lebensdauer von weniger als 13 Jahren, wurde weiter das Jahr des Endverbrauches abgeschätzt (2009, 2012, 2016, 2018 oder 2020). Die Differenz zu 2022 ergibt demnach die angenommene Lebensdauer dieser Produktkategorie (Tabelle 3).

Tabelle 3: Einteilung der Holzproduktkategorien von Neubauer-Letsch et al. (2018) in Holzprodukte mit einer Lebensdauer kleiner und grösser als 13 Jahren. (Angenommener Jahrgang des Holzendverbrauchs für das Referenzjahr 2022)

Holzprodukte mit Lebensdauer < 13 Jahre	Holzprodukte mit Lebensdauer > 13 Jahre
• Bauhilfsstoffe (2018) • Möbel (2009) • Verpackung (2018) • Holzwaren (2009)	• Konstruktionsholz • Innenausbau • Böden • Türen • Fenster • Holz im Aussenbereich • Treppen

Damit können die Altholzmengen für die Bauhilfsstoffe, Möbel, Verpackung und Holzwaren im Jahr 2022 errechnet werden. Die Holzprodukte mit einer Lebensdauer von mehr als 13 Jahren, werden in der Kategorie Hochbau zusammengefasst. Die Altholzmenge des Hochbaus im Jahr 2022 ergibt sich dann über die Differenz der Gesamtmenge an Altholz in der Schweiz (siehe 4.1 Modellierung Holzprodukte Lager) und den angenommenen Mengen für die Holzprodukte mit einer Lebensdauer kleiner als 13 Jahren.

Um zu verstehen, welche Holzprodukte in den fünf Altholzkategorien (Möbel, Hochbau, Verpackung, Bauhilfsstoffe und Holzwaren) zusammengefasst sind, wurde eine Fotocollage pro Kategorie erstellt. Die Bilder zeigen dabei die theoretischen Holzprodukte, welche 2022 im Altholzfluss landeten (Beispielprodukte gemäss Beschreibung der Produktkategorien von Neubauer-Letsch et al. 2018).

3.5 Sensitivitätsanalyse

Bei der Modellierung des Holzprodukte-Lagers (siehe Unterkapitel 3.1) wurde eine Sensitivitätsanalyse der angenommenen Halbwertszeit und des angenommenen Lagerbestandes bei den Endprodukten aus Schnittholz im Jahr 1908 durchgeführt. Die beiden Parameter wurden von einer Baseline aus, nach oben und unten korrigiert, um die Änderungen der Altholzmengen und des Holzlageranstieg zu diskutieren (Tabelle 4).

Tabelle 4: Untersuchte Parameter in der Sensitivitätsanalyse des modellierten Holzprodukte-Lagers in der Schweiz.

	Halbwertszeit Endprodukte aus Schnittholz (Jahre)	Halbwertszeit Endprodukte aus Platten (Jahre)	Lagerbestand 1908 Endprodukte aus Schnittholz (Mio. t atro)
Baseline	35	15	18
Tiefer als Baseline	30	10	10
Höher als Baseline	40	25	30

3.6 Statistische Auswertung

Für eine statistische Aussage bei einem vermuteten Trend einer Datenreihe wurde eine Regressionsanalyse in Excel durchgeführt. Bei einem p-Wert der x-Variable kleiner als 0.05, wurde der Trend als statistisch signifikant beschrieben. Bei einem p-Wert der x-Variable grösser als 0.05, wurde der Trend als nicht nachweisbar oder nicht signifikant beschrieben.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Holzprodukte-Lager

Die Modellierung des Holzprodukte-Lagers Schweiz basieren auf diversen Bundesstatistiken zum Verbrauch an Schnittholz und Platten in der Schweiz (Halbfabrikate) sowie Import und Export von Holzendprodukten. Die Abnahme des Lagerbestandes wurde mit einer exponentiellen Abnahmefunktion jeweils für die Jahre 1908 bis 2022 berechnet. Der Endverbrauch, Lagerbestand und die Abflussmengen (Altholzmengen) sind dabei durchgehend in Endprodukte aus Schnittholz und Endprodukte aus Platten aufgeteilt.

Bei der Modellierung zeigt sich ein steigender Verbrauch an Endprodukten aus Schnittholz von 364'000 t atro 1908 auf ein Maximum von 1'119'000 t atro 1990. Im Jahr 2022 wird ein Verbrauch von 889'000 t atro errechnet. Den Annahmen dieser Studie geschuldet, beginnt der Verbrauch an Endprodukten aus Platten 1946 mit 0 t atro und steigt auf ein Maximum von 505'000 t atro 2013. Im Jahr 2022 ergibt sich ein Verbrauch von 351'000 t atro.

Die berechneten Altholzmengen an Produkten aus Schnittholz und Platten folgen den Endverbrauch-Trends zeitlich verzögert. Die Altholzmengen an Produkten aus Schnittholz steigen von 357'000 t atro 1908 auf ein Maximum von 727'000 t atro 2022 an. Die Altholzmenge an Produkten aus Platten steigen von 0 t atro 1946 auf ein Maximum von 381'000 t atro 2022 an (Abbildung 6).

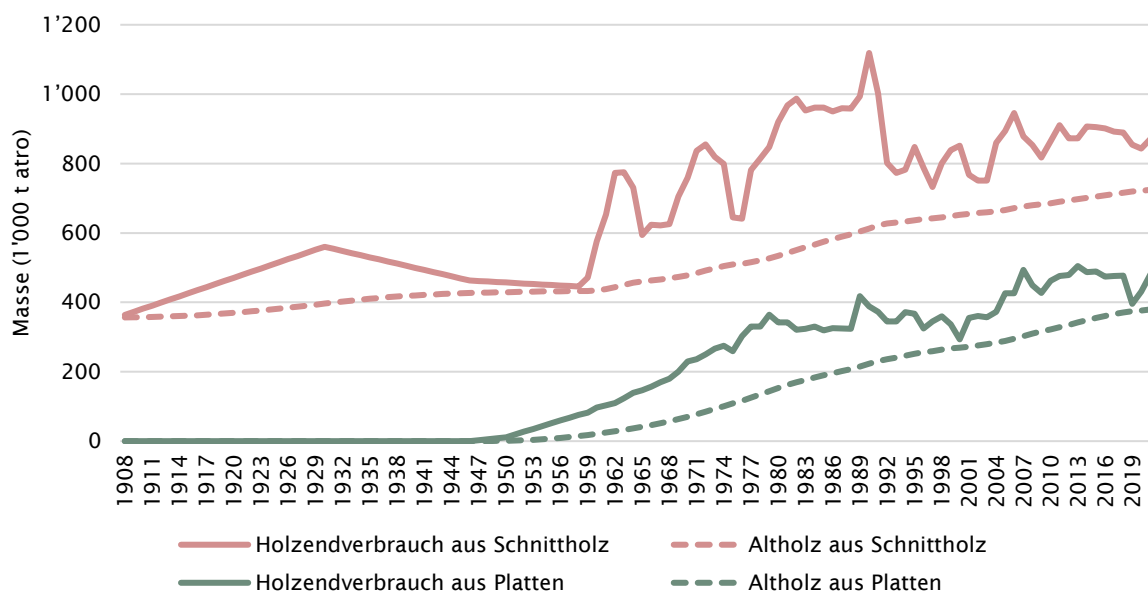


Abbildung 6: Berechnete Zuflüsse (Holzendverbrauch) und Abflüsse (Altholz) von Produkten aus Schnittholz und Platten im Holzprodukte-Lager Schweiz von 1908 bis 2022.

Betrachtet man den Verbrauch an Endprodukten aus Schnittholz und den Verbrauch an Endprodukten aus Platten der letzten 20 Jahre (2003 bis 2022) ist kein Trend erkennbar. Der Endverbrauch stagniert mit 874'000 t atro bei den Endprodukten aus Schnittholz und mit 447'000 t atro bei den Endprodukten aus Platten. Dies ergibt einen gesamten durchschnittlichen Endverbrauch der letzten 20 Jahre von rund 1.3 Mio. t atro.

Im Gegensatz dazu, zeigt sich eine statistisch signifikante Zunahme der jährlichen Altholzmengen über die letzten 20 Jahre (2003 bis 2022). Die errechnete gesamte Altholzmenge 2014 ist in der vorliegenden Studie (1.05 Mio. t atro) etwa gleich hoch, wie die erhobene Altholzmenge 2014 von Erni et al. (2017, 0.998 Mio. t).

Der Anstieg der gemeldeten Altholzmengen ist auch in den BAFU-Abfallstatistiken erkennbar. Hier steigen die Altholzmengen von 690'000 t atro 2008 auf 880'000 t atro 2022 (Anstieg von durchschnittlich 13'600 t atro pro Jahr). Im gleichen Zeitraum steigen die Altholzmengen aus der vorliegenden Studie von 990'000 t atro auf 1'109'000 t atro an (Anstieg von 8'500 t atro pro Jahr). Die Differenz zwischen den um etwa 25 % höheren Altholzmengen aus der vorliegenden Studie und den Altholzmengen aus den BAFU-Statistiken, werden als «nicht gemeldetes Altholz» bezeichnet.

Die zeitlich verzögerte Altholzmenge im Vergleich zum Endverbrauch ist in Abbildung 6 ersichtlich. Die Verzögerung ist umso grösser, je grösser die Halbwertszeit bei der Berechnung der Lagermengen angenommen wurde. Deshalb nähert sich die Altholzmenge der Endverbrauchsmenge bei den Endprodukten aus Platten nach einem stagnierenden Endverbrauch schneller an, als dies bei den Endprodukten aus Schnittholz zu erkennen ist (Halbwertszeit Endprodukte aus Schnittholz: 35 Jahre, Endprodukte aus Platten: 15 Jahre).

Aus der Abbildung 6 lässt sich die Entwicklung des Holzprodukte-Lagers ableiten. Sind Endverbrauch und Altholzmenge in einem Jahr gleich gross, stagniert die Lagermenge. Solange die Endverbrauchsmenge höher als die Altholzmengen ist, steigt die Lagermenge an. Aus der Abbildung 6 lässt sich demnach ableiten, dass die Lagermenge an Endprodukten aus Schnittholz in den letzten 10 Jahren deutlich zunimmt, die Lagermenge an Endprodukten aus Platten jedoch gegen Ende des Betrachtungszeitraums allmählich zum Stagnieren kommt.

Die Modellierung in der vorliegenden Studie lässt sich nicht mit der Modellierung des Kohlenstofflagers sowie der -veränderung in Holzhalbfabrikaten aus dem Schweizer Treibhausgasinventar vergleichen (BAFU 2024). Dieses Inventar modelliert auf der Stufe der Halbfabrikate, die vorliegende Studie auf der Stufe der Endprodukte. Zudem berücksichtigt das Schweizer Treibhausgasinventar nur Halbfabrikate, welche mit Holz aus der Schweiz und in der Schweiz hergestellt wurden. Die vorliegende Studie berücksichtigt alle Holzendprodukte, welche in der Schweiz abgesetzt wurden, unabhängig von der Holzherkunft und des Produktionsstandortes.

Abbildung 7 zeigt die berechneten Lagermengen von 1908 bis 2022 für Endprodukte aus Schnittholz und Platten. Dabei ist ersichtlich, dass die gesamte Lagermenge von Holzendprodukten in der Schweiz ab 1960 (rund 22 Mio. t atro) bis 1995 (rund 37 Mio. t atro) stark ansteigt und ab dann bis 2022 abflacht (rund 45 Mio. t atro). Im Jahr 1946 bestand das Holzprodukte-Lager zu 100 %, 1992 noch zu 86 % und 2022 zu 82 % aus Endprodukten aus Schnittholz (restliche Prozentsätze sind Endprodukte aus Platten). Das Holzprodukte-Lager wird demnach bis heute zur grossen Mehrheit von Endprodukten aus Schnittholz dominiert.

Betrachtet man die letzten 10 Jahre (2013 bis 2022, für die Berechnung der Recyclingquote relevant), so sind durchschnittlich 1.34 Mio. t atro Holz pro Jahr in das Holzprodukte-Lager Schweiz geflossen, 1.08 Mio. t atro an Altholz ist über diese Periode ausgeschieden. Die Lagermenge hat dabei um 0.26 Mio. t atro pro Jahr zugenommen.

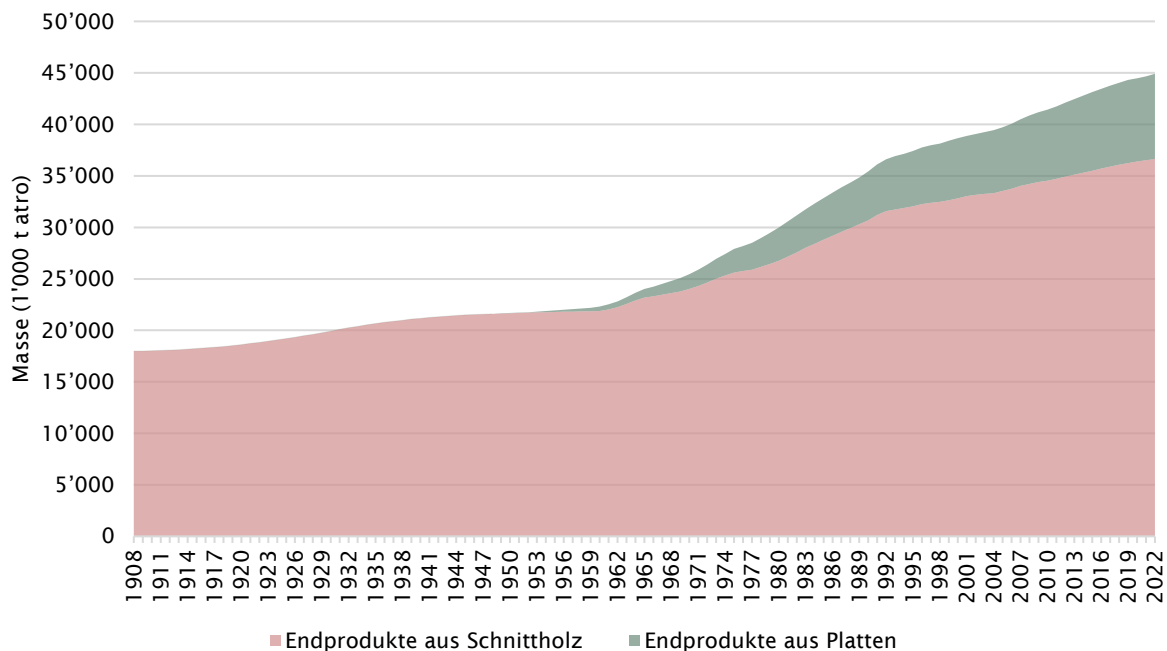


Abbildung 7: Berechnete Lagermenge für Holzendprodukte aus Schnittholz und Platten in der Schweiz von 1908 bis 2022.

Die vorliegende Studie kommt für 2015 mit rund 43 Mio. t atro auf ein grösseres Holzprodukte-Lager als die Studie von Gauch et al. (2016) mit 37 Mio. t atro. Da sich die Studie von Gauch et al. (2016) ausschliesslich auf die Holzlagermenge im Hoch- und Tiefbau beschränkt und die vorliegende Studie alle abgesetzten Holzprodukte in der Schweiz betrachtet, ist eine Differenz nachvollziehbar. Beim Lagerzuwachs sowie der Abflussmenge (Altholzmenge) zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede. In der Studie von Gauch et al. werden für 2015 520'000 t Lagerzuwachs und 370'000 t Altholz modelliert, in der vorliegenden Studie zeigt sich im gleichen Jahr ein Lagerzuwachs von rund 330'000 t atro und eine Altholzmenge von 1.06 Mio. t atro. Insbesondere die Altholzmenge ist in der vorliegenden Studie deutlich höher. Die angenommenen

Halbwertszeiten in der vorliegenden Studie (35 Jahre und 15 Jahre) gegenüber der angenommenen Lebensdauer von Holzprodukten in der Studie von Gauch et al. (2016, 100 Jahre) sind zum Grossteil für diesen Unterschied verantwortlich.

Ebenfalls wie Gauch et al. (2016, 520'000 t Lagerzuwachs pro Jahr) kommt die Studie von Savi und Klingler (2022) zu einem höheren Holzlagerzuwachs pro Jahr mit 850'000 t (zwischen 2013 und 2020). Der Anstieg des Holzlagers wurde bei der Studie von Savi und Klingler (2022) proportional zum Anstieg der Bevölkerungszahl in der Schweiz modelliert.

4.2 Sensitivitätsanalyse Holzprodukte-Lager

Bei der Sensitivitätsanalyse (siehe auch Abbildung 8) zeigte sich, dass eine kürzere Halbwertszeit (30 Jahre für Endprodukte aus Schnittholz und 10 Jahre für Endprodukte aus Platten, Baseline: 35 Jahre und 15 Jahre) zu einer grösseren Altholzmenge, (1.15 Mio. t atro, Durchschnitt 2013 bis 2022) jedoch zu einem kleineren Lageranstieg (0.19 Mio. t atro) führt. Umgekehrt führt eine längere Halbwertszeit (40 Jahre für Endprodukte aus Schnittholz und 25 Jahre für Endprodukte aus Platten) zu einer kleineren Altholzmenge (0.98 Mio. t atro) und einem grösseren Lageranstieg (0.36 Mio. t atro). Ein kleiner Unterschied wird bei der Sensitivitätsanalyse des angenommenen Lagerbestandes im Jahr 1908 der Endprodukte aus Schnittholz festgestellt. Ein tieferer Lagerbestand (10 Mio. t atro, Baseline: 18 Mio. t atro) führt zu leicht tieferen Altholzmengen (1.06 Mio. t atro) und leicht höherem Lageranstieg (0.28 Mio. t atro). Ein höherer Lagerbestand (30 Mio. t atro) führt zu leicht höheren Altholzmengen (1.11 Mio. t atro) und leicht tieferem Lageranstieg (0.23 Mio. t atro).

Demnach reagieren die jährliche Altholzmenge und die jährliche Holzlageranstieg entgegengesetzt. Steigt die jährliche Altholzmenge an, sinkt der jährliche Holzlageranstieg – und umgekehrt (Abbildung 8).

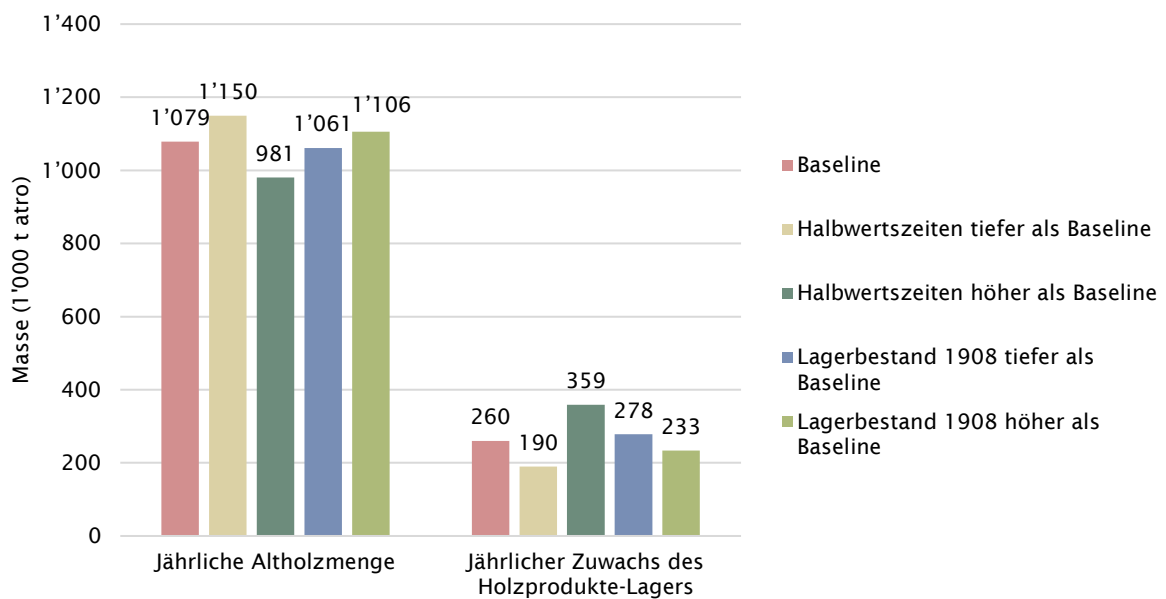


Abbildung 8: Sensitivitätsanalyse der jährlichen Altholzmengen und des jährlichen Zuwachses des Holzprodukte-Lagers (Durschnitt 2013 bis 2022).

4.3 Sammel- und Recyclingquote Holz

Für die Analyse der Recyclingquote wurden die errechneten Altholzmengen in der Schweiz von 2008 bis 2022 in vier Kategorien aufgeteilt: nicht gemeldet, thermische Verwertung, aussortierte Fremdstoffe bei der stofflichen Verwertung und Recycling (Abbildung 9). Als Recyclingquote wird in dieser Studie der Anteil «Recycling» an der jährlichen Altholzmenge in der Schweiz verstanden. Die Recyclingquote schwankt in diesem Zeitraum von 18 % bis 31 % ohne signifikanten Trend.

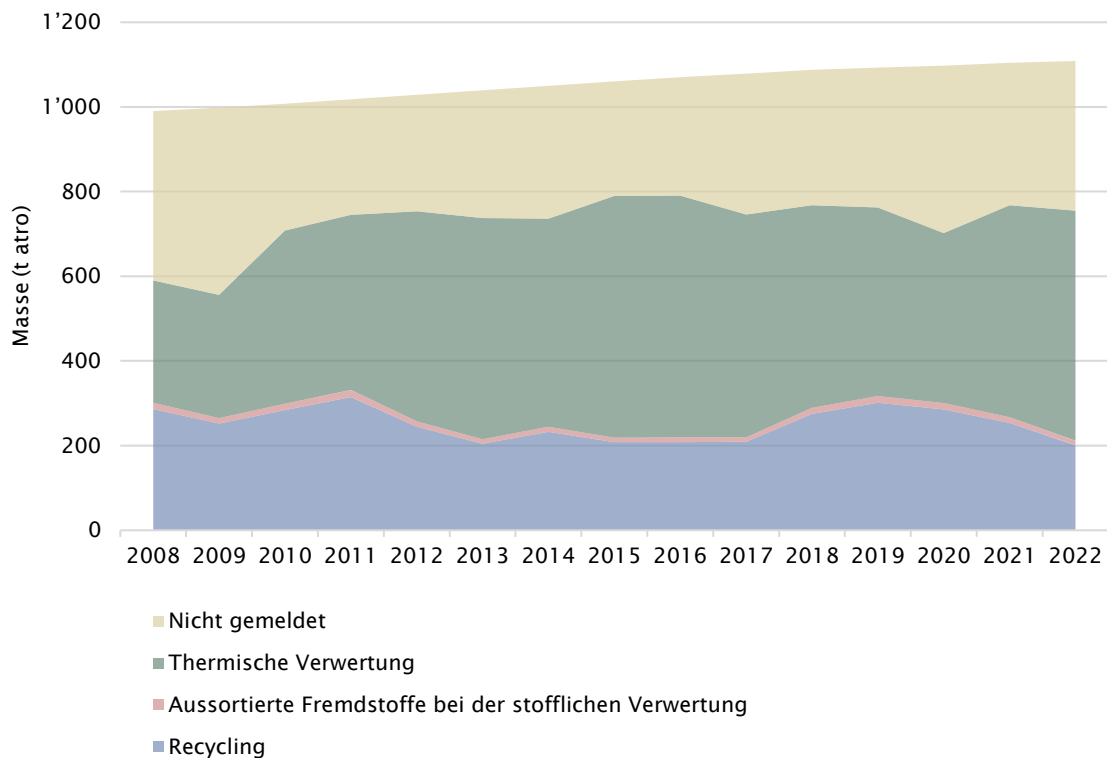


Abbildung 9: Verwertung der berechneten Altholzmengen in der Schweiz von 2008 bis 2022.

Für die Berechnung und Kommunikation einer Recyclingquote für Holz, wurde in dieser Studie der Durchschnittswert der letzten 10 Jahre (2013 bis 2022) angenommen. Abbildung 10 fasst die Altholzflüsse in diesem Zeitraum für die Schweiz zusammen. Damit ergibt sich eine Sammelquote für Holz von 70 % und eine Recyclingquote für Holz von 22 %.

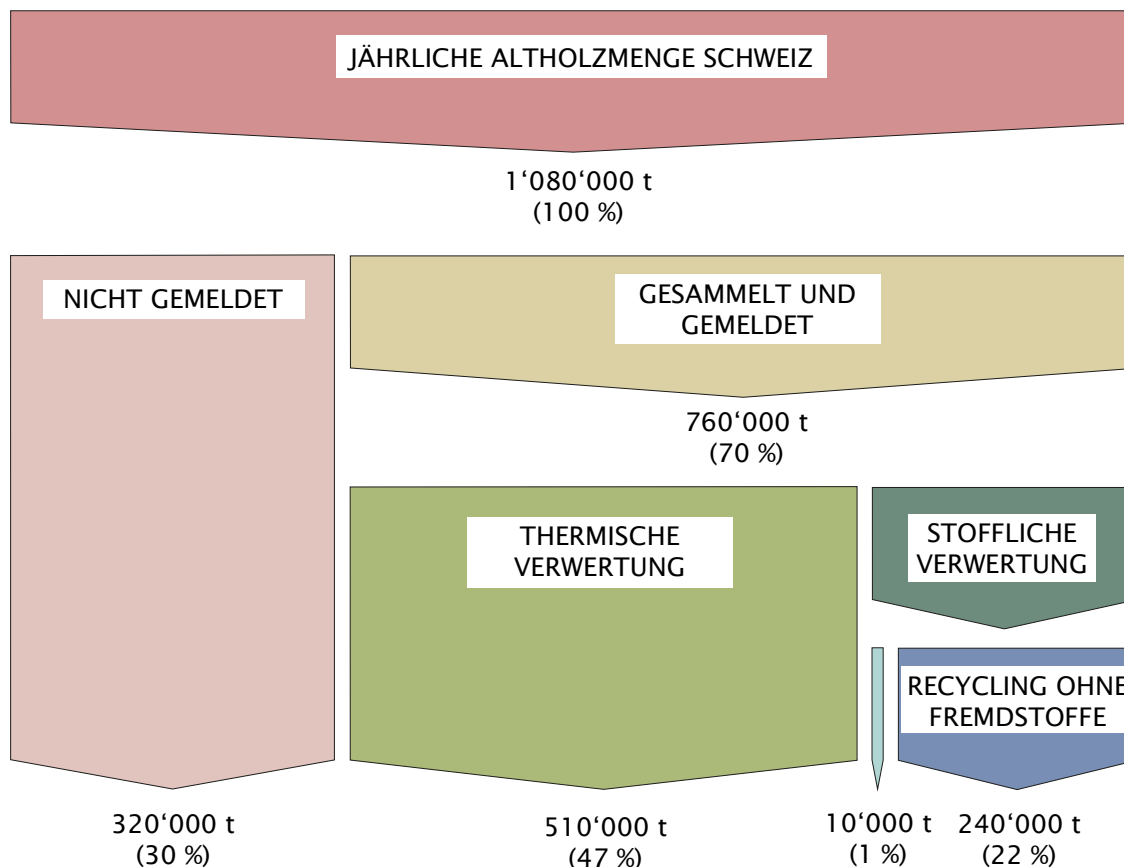


Abbildung 10: Übersicht über die Altholzflüsse in der Schweiz (Mittelwert von 2013 bis 2022, Mengen in t atro)

Gemäss den BAFU-Abfallstatistiken (BAFU 2023b und BAFU 2023d) findet die thermische Verwertung mehrheitlich in der Schweiz (82 %) und die stoffliche Verwertung mehrheitlich im Ausland statt (86 %, Durchschnittswerte 2013 bis 2022).

Im Vergleich zu den bereits publizierten Recyclingquoten für Holz von Malinverno et al. (2024) mit 7.9 % und von Gauch et al. (2016) mit 10 % liegt die in der vorliegenden Studie errechnete Recyclingquote mit 22 % deutlich höher. Auf eine vergleichbare Recyclingquote kommt die Vollerhebung von Erni et al. (2017) mit 18 %. Eine deutlich höhere Recyclingquote mit 30 % wird von Odermatt et al. (2022) angegeben.

Aus den Expertengesprächen im Forschungsprojekt Think Earth mit Projektpartnern und externen Fachpersonen zeigten sich mögliche Altholzflüsse, welche in der Schweiz nicht gemeldet werden. Die folgende unvollständige Auflistung zeigt einige Möglichkeiten:

- Sperrmüll, welcher direkt in einer Kehrrichtverbrennungsanlage entsorgt wird
- Export von Altholz mit einer Grünen-Liste (nicht meldepflichtig)
- Biologischer Abbau von Holzprodukten im Aussenbereich
- Private Verbrennungen von Altholz

4.4 Altholzsortimente

Da die Modellierung des Holzprodukte-Lagers in Endprodukte aus Schnittholz und Platten aufgeteilt wurde, können auch die berechneten Altholzmengen in diese Kategorien unterteilt werden. 2013 bis 2022 bestanden demnach rund 2/3 der Altholzmengen aus Schnittholz und 1/3 aus Platten (66 % respektive 34 %).

Die berechnete durchschnittliche Altholzmenge wurde zusätzlich anhand der Holzendverbrauchsstudien der BFH (Neubauer-Letsch et al. 2018 und Winterberg et al. 2022) in Produktkategorien aufgeteilt. Die Aufteilung gibt Auskunft über die theoretisch anfallenden Altholzsortimente. Die berechneten rund 1.08 Mio. t atro Altholz teilen sich demnach auf in 33 % Möbel (Wohnmöbel, Küchen- und Badmöbel, Büro-, Schul- und Ladenmöbel, und Gartenmöbel), 30 % Hochbau (Konstruktionsholz, Innenausbau, Böden, Türen, Fenster, Holz im Aussenbereich und Treppen), 20 % Verpackung (Einwegpaletten, Kisten, EUR-Paletten, Kabeltrommeln, Palettenrahmen und -deckel), 10 % Bauhilfsstoffe (Schalungssysteme, Schalungsbretter, Baukanthölzer, Gerüstbretter und Absperrbretter) und 7 % Holzwaren (Haushalts- und Dekorationsartikel, Abbildung 11).

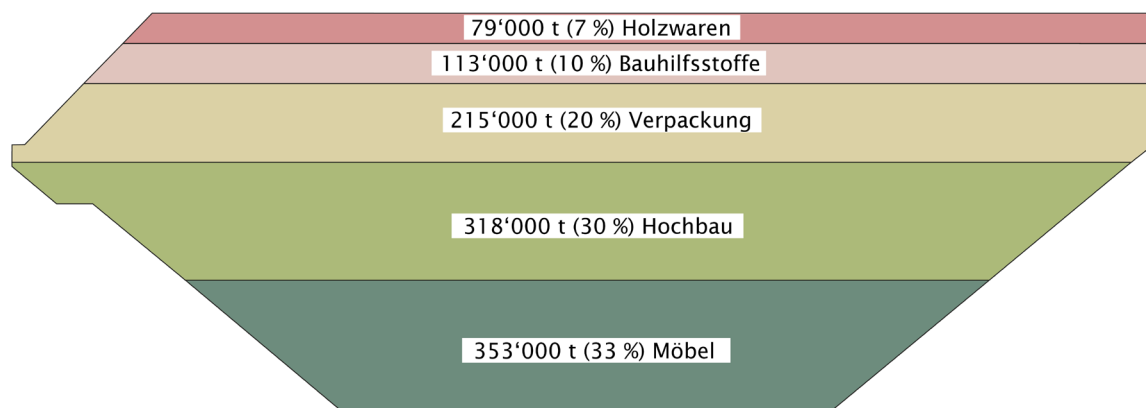


Abbildung 11: Theoretische Zusammensetzung des Altholzes in der Schweiz im Jahr 2022 (Mengen in t atro).

Für die fünf Produktkategorien (Möbel, Hochbau, Verpackung, Bauhilfsstoffe und Holzwaren) wurde eine Fotocollage beispielhaft zusammengestellt. Die nachfolgenden Abbildung 12 bis Abbildung 16 zeigen mögliche Produkte, welche 2022 Teil des Altholzflusses der Schweiz waren. Die Bilder wurden so ausgewählt, dass möglichst alle Produktgruppen vertreten sind. Die Fotocollagen haben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Diese Übersicht zeigt die theoretisch grosse Vielfalt an Holzprodukten in Altholzflüssen und verdeutlicht die Komplexität im Hinblick auf die Wiederverwendung und das Recycling dieser Produkte.



Abbildung 12: Beispielbilder für die Altholzkategorie Möbel (Quellenangaben im Kapitel 6.2).

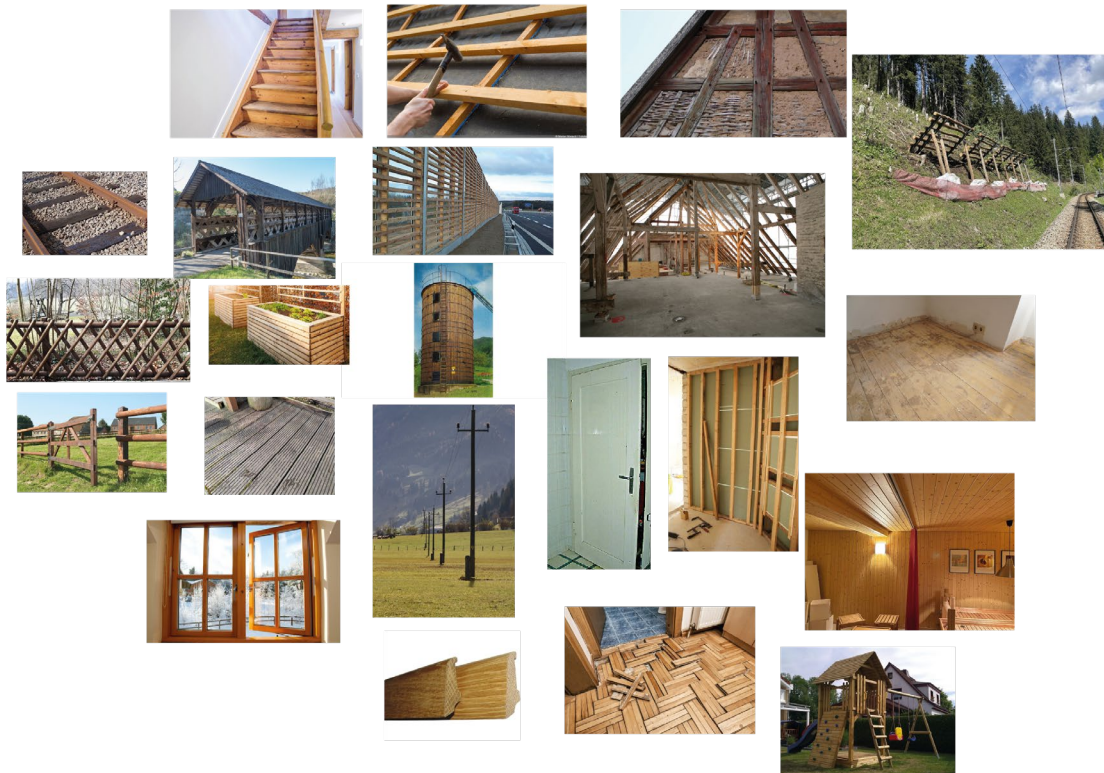


Abbildung 13: Beispielbilder für die Altholzkategorie Hochbau (Quellenangaben im Kapitel 6.2).



Abbildung 14: Beispielbilder für die Altholzkategorie Verpackung (Quellenangaben im Kapitel 6.2).



Abbildung 15: Beispielbilder für die Altholzkategorie Bauhilfsstoffe (Quellenangaben im Kapitel 6.2).



Abbildung 16: Beispielbilder für die Altholzkategorie Holzwaren (Quellenangaben im Kapitel 6.2).

5. Schlussfolgerung

Die berechneten Altholzmengen für die Schweiz lagen zwischen 2013 und 2022 mit durchschnittlich 1'080'000 t atro unter der jährlich abgesetzten Menge an Holzprodukten (1'340'000 t atro). Das Holzprodukte-Lager in der Schweiz verzeichnete in diesem Zeitraum ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 260'000 t atro. Rund 70 % des Altholzes wird in der Schweiz gesammelt und gemeldet; das übrige Altholz wird nicht erfasst. Altholz wird in der Schweiz zu 22 % recycelt, wobei 86 % der stofflichen Verwertung im Ausland erfolgt. Die vorliegende Studie weist auf eine höhere Recyclingquote von Altholz in der Schweiz hin als die meisten bisher durchgeführten Untersuchungen. Laut den Modellierungen setzt sich das Altholz zu etwa einem Drittel aus Endprodukten aus Platten und zu zwei Dritteln aus Endprodukten aus Schnittholz zusammen. Ergänzend konnten mithilfe von Literaturangaben das Altholz in folgende theoretische Produktkategorien aufgeteilt werden: 33 % Möbel, 30 % Hochbau, 20 % Verpackung, 10 % Bauhilfsstoffe und 7 % Holzwaren. Die Aufschlüsselung aller Produktgruppen im Altholzfluss der Schweiz unterstreicht dessen Vielfalt und die damit verbundene Komplexität einer etwaigen Altholzaufbereitung und -verwertung.

6. Quellen

6.1 Literatur

- BAFU** (2013). «Jahrbuch Wald und Holz 2013». Bundesamt für Umwelt, Umwelt-zustand Nr. 1332: 180 S., Bern
- BAFU** (2018). «Jahrbuch Wald und Holz 2018». Bundesamt für Umwelt, Umwelt-zustand Nr. 1830: 106 S., Bern
- BAFU** (2023a). «Jahrbuch Wald und Holz 2023». Bundesamt für Umwelt, Umwelt-zustand 108 S., Bern
- BAFU** (2023b). «Statistik andere kontrollpflichtige Abfälle 2010-2022». Bundesamt für Umwelt, Abteilung Abfall und Rohstoffe. Abgerufen am 12.03.2025 unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/zustand/daten.html>.
- BAFU** (2023c). «Jahrbücher Wald und Holz 2010-2023». Bundesamt für Umwelt, Umwelt-zustand, Bern
- BAFU** (2023d). «Sonderabfallstatistiken 2016-2022 Zusammenfassungen». Bundesamt für Umwelt, Abteilung Abfall und Rohstoffe. Abgerufen am 12.03.2025 unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/zustand/daten.html>.
- BAFU** (2024). «Harvested wood products (HWP) in the National Inventory Document 2024 (GHG inventory 1990-2022): Description of time series, modelling methodology and results». Bundesamt für Umwelt, Bern
- BFL** Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz (1985). «Jahrbuch der schweizerischen Wald- und Holzwirtschaft 1984, Forststatistik / 19. Lieferung / 5. Heft». Bundesamt für Statistik, Statistische Quellenwerke der Schweiz / Heft 787, Bern
- BUWAL** Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (2004). «Wald und Holz in der Schweiz, Jahrbuch 2004». Bundesamt für Statistik, Neuenburg
- Bühler R.** (2024). Mündliche Mitteilung von R. Bühler bezüglich durchschnittlichem Fremdstoff-Anteil im Altholzfluss bei Swiss Krono. 18.10.2024
- Eidgenössisches Oberforstinspektorat** (1975). «Nutzholzverbrauch in der Schweiz 1971». Eidgenössisches Statistisches Amt, Statistische Quellenwerke der Schweiz / Heft 553, Bern
- Erni M., O. Thees, R. Lemm** (2017). «Altholzpotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung, Ergebnisse einer Vollerhebung». Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, WSL Ber. 52: 69 S., Birmensdorf
- Gauch M., C. Matasci, I. Hincapié, R. Hörler, H. Böni** (2016). «Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz». Empa Materials Science & Technology Abteilung Technologie und Gesellschaft, St. Gallen
- Guerra F., B. Kast** (2015). «Bauabfälle in der Schweiz, Hochbau Studie 2015». Wüest und Partner, Zürich
- IPCC** (2014). «2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol». IPCC, Switzerland
- Klingler M., D. Savi, G. Doka** (2019). «Harmonisierte Ökobilanzen der Entsorgung von Baustoffen, für die Liste der Ökobilanzdaten im Baubereich». Büro für Umweltchemie, Zürich
- Kučera J. L., B. Gfeller, E. Zürcher, F. J. Beaud** (2014). «Merkmale und Eigenschaften der in der Schweiz gebräuchlichsten Holzarten, Nutzhölzer aus Europa und Übersee». Berner Fachhochschule, Biel
- Malinverno N., S. Buschor, K. Vogel, F. Schwarze, G. Stadelmann, E. Thürig, B. Nowack, G. Nyström, C. Som** (2024). «Resolving complexity: Material flow analysis of a national wood flow system integrating the versatility of wood». Journal of Industrial Ecology, 28, 1716–1729
- Neubauer-Letsch B., T. Näher, N. Riedweg, S. Meier, I. Krajnovic** (2018). «Holzendverbrauch Schweiz 2016 mit weiteren Informationen zu Trends 2017». Berner Fachhochschule Institut für digitale Bau- und Holzwirtschaft IdBH, Biel

Odermatt B., V. Delb, B. Buser, E. Gertel, D. Müller (2022). «Förderung von Holz als Bau- und Werkstoff im Kanton Zürich». econcept AG, Zürich

Saes L., Roel B., C. Schumacher, G. van der Veen (2024). «Research: Ecodesign for furniture Final report January 2024». Technopolis-Group

Savi D., M. Klingler (2022). «Kohlenstoffspeicherung im Holzbau: Potenzial des Gebäudeparks in der Schweiz». Stadt Zürich Amt für Hochbauten Fachstelle nachhaltiges Bauen, Zürich

Winterberg N., R. Weber, L. Laggner, T. Näher (2022). «Holzendverbrauch Schweiz 2019/20 Aktualisierung der Studie Holzendverbrauch für den stofflichen Einsatz von Holz in fünf Anwendungsgebieten». Berner Fachhochschule Institut für digitale Bau- und Holzwirtschaft IdBH, Biel

6.2 Bildquellen der Fotocollage

Holzwaren:

Holzleiter: <https://www.leiternprofi24.de/Leitern/Holz-und-Kunststoffleitern/>

Kinderspielzeug: <https://www.baby.at/spielzeug-holz-baby-kind/>

Besen: <https://www.manufactum.ch/besen-reisstroh-a20447/>

Schneidbrett: <https://www.manufactum.ch/schneidbrett-a70429/>

Holzsaarg: <https://www.thanatos-berlin.de/der-sarg/>

Holzschachtel: <https://zumstein.swiss/pi/Leibundgut/Werkmaterial/Holz2/Holzbox/Holzbox-Ruff-Holzschachtel-21x14cm.html>

Holzbürste: https://www.hofmeister.shop/Buersten_1

Kochlöffel: <https://www.amazon.de/Holzkochl%C3%B6ffel-Kochgeschirr-Set-Kochl%C3%B6ffel-Set-Holz-Kochl%C3%B6ffel-trendmarkt24/dp/B01N5O1D40>

Holzschale: <https://www.ebay.de/itm/234596829779>

Skulptur: <https://www.ricardo.ch/de/a/moderne-kunst-holz-skulptur-1178568542/>

Bauhilfsstoffe:

Schalungsbretter: <https://ch.baupool.com/gebraucht/a-Schalungen/52/b-Schalungsplatten/402/>

Holzschalung Bau: https://de.freepik.com/fotos-premium/holzschalung-am-fundament-verankert-hausbau-holzschalung-fuer-den-bau_21680561.htm

Deckenschalung: <https://www.tobler-ag.com/de/schalung/>

Absperrbretter: <https://www.blumer-lehmann.com/produkte-kaufen/holzsortiment/hobelwaren/absperrlatten.html>

Schalung Treppe: <https://toom.de/selbermachen/bauen-renovieren/treppen/betontreppe-selber-bauen/>

Verpackung:

Einwegpaletten: <https://www.fairfix.de/einwegpaletten-holz/>

EURO Palett: <https://www.krenzer-paletten.de/de/europaletten-abmessungen-kaufen.html>

Holzkisten OSB: <https://www.oehler-verpackung.de/produkte/transportverpackungen/Holzkisten>

Holzkiste Vollholz: <https://vsl.at/holzverpackung/>

Kabeltrommel: <https://www.ebay.ch/itm/196336909765>

Palettrahmen: <https://www.haass.ch/produkte/occasion-sbb-rahmen-deckel-2/>

Holzkörbe: <https://www.tandemus.eu/de/holzverpackung>

Verpackung aus Späne: <https://www.transpack-krumbach.ch/palettieren-umreifen/paletten/einwegpaletten>

Holzkisten Lebensmittel: <https://www.small-foot.de/de/spielzeuge/rollenspielzeug/kaufmannslaeden/grosse-kiste-natur-3er-set>

Möbel:

Liegestuhl: <https://www.gonser.ch/liegestuhl-holz-zamora-klappbar/a-23037/>

Holzstuhl: <https://www.design-ikonen.net/alle-produkte-2/>

Holzschrank weiss: <https://www.gratiszuverschenken.ch/8-moebel/44915-schrank>

Sitzbank: <https://www.kleinanzeigen.de/s-bonn/gartenm%C3%B6bel-holz/k0l1038>

Gartentisch: <https://www.tutti.ch/de/vi/not-found?lid=72785348>

Badzimmermöbel: <https://www.kleinanzeigen.de/s-gebrauchte-badm%C3%B6bel/k0>

Holzbett: <https://www.kleinanzeigen.de/s-schlafzimmer/holzbett/k0c81>

Holzküche: <https://www.useagain.ch/de/kaufen/ausbau/kuechen-gastronomie/einbaukuechen>

Holzmöbel: <https://www.kleinanzeigen.de/s-haus-garten/holzm%C3%B6bel-holz/k0c80>

Gebäuderückbau:

Bahnschwelle: <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/holz-und-markt/verarbeitung-und-technik/zukunft-der-holzschwelle-im-gleisbau>

Brücke: https://de.wikipedia.org/wiki/Holzbr%C3%BCcke_Anzenwil

Silo: <https://www.landtechnik-historisch.de/historische-landmaschinen-von-a-bis-z/h/holten-holzrohr-und-silobaugesellschaft/>

Lärmwand: <https://www.fahlenkamp.de/>

Schutzverbauung: <https://www.vetsch-klosters.ch/de/naturgefahren-und-schutzbauten>

Gartenzaun: <https://www.salamander-garten.ch/gartenzaeune-und-sichtschutz-waende/>

Hochbeet: <https://www.theo-schrauben.de/blog/hochbeet-selber-bauen-ein-nachhaltiges-gartenprojekt/>

Spielturm: <https://www.spielturm.com/>

Telefonmasten: <https://de.wikipedia.org/wiki/Holzmast>

Weidezaun: <https://www.durafence.eu/ratgeber/weidezaun-fuer-pferdekoppeln/>

Terassenboden: <https://www.kleinanzeigen.de/s-anzeige/gebrauchte-terrassendielen-aus-holz-ca-7-qm/3010414907-84-1054>

Sockelleiste: <https://www.hornbach.ch/de/p/sockelleiste-eiche-natur-20-x-55-x-2000-mm/5588646/>

Holzfenster: <https://www.energieheld.ch/fenster/fensterrahmen/holzfenster>

Holztäfer: <https://www.tutti.ch/de/vi/not-found?lid=71518841>

Holzboden: <https://www.besser-boden.de/blog/laminat-vinyl-auf-parkett-holzboden-verlegen/>

Holzparkett: <https://www.weissinger-parkett.at/renovierung>

Holztreppe: https://xn--schreiner-bumle-blb.de/portfolio_page/holztreppe-altbau/

Türe: <https://www.ebay.de/itm/264751634238>

Holzdachstuhl: <https://www.dach-holzbau.de/artikel/dachstuhl-sanierung-in-hochpreisiger-lage-2737130.html>

Holzfachwerk: <https://www.haus.de/modernisieren/fachwerk-ausmauern-27300>

Ziegellattung: <https://www.hausgarten.net/konterlattung-richtig-anbringen/>

Holzunterkonstruktion Wand: <https://www.daemmen-und-sanieren.de/trockenbau/staenderwerk/holzstaenderwerk>

7. Verzeichnisse

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Endverbrauch an Produkten aus Massivholz und Holzwerkstoffen in der Schweiz von 2008 bis 2022 (Jahrbücher Wald und Holz, BAFU 2023c, 2009 fehlen die Daten).....	7
Abbildung 2: Prozentuale Aufteilung des Holzendverbrauchs 2020 in der Schweiz nach Produktkategorien (Winterberg et al. 2022).	9
Abbildung 3: Gemeldete Altholzmengen in der Schweiz und ihre Verwertungswege von 2008 bis 2022 (ohne Import, BAFU 2023b und BAFU 2023d).	11
Abbildung 4: Altholzflüsse aus dem Gebäuderückbau gemäss Zahlen von Klingler et al. (2019). 12	
Abbildung 5: Datengrundlage sowie Systemgrenze für die Modellierung des Holzprodukte-Lagers sowie für die Berechnung der Sammel- und Recyclingquote.....	14
Abbildung 6: Berechnete Zuflüsse (Holzendverbrauch) und Abflüsse (Altholz) von Produkten aus Schnittholz und Platten im Holzprodukte-Lager Schweiz von 1908 bis 2022.....	21
Abbildung 7: Berechnete Lagermenge für Holzendprodukte aus Schnittholz und Platten in der Schweiz von 1908 bis 2022.....	23
Abbildung 8: Sensitivitätsanalyse der jährlichen Altholzmengen und des jährlichen Zuwachses des Holzprodukte-Lagers (Durschnitt 2013 bis 2022).	25
Abbildung 9: Verwertung der berechneten Altholzmengen in der Schweiz von 2008 bis 2022....	26
Abbildung 10: Übersicht über die Altholzflüsse in der Schweiz (Mittelwert von 2013 bis 2022) ..	27
Abbildung 11: Theoretische Zusammensetzung des Altholzes in der Schweiz im Jahr 2022.	28
Abbildung 12: Beispielbilder für die Altholzkategorie Möbel (Quellenangaben im Kapitel 6.2). ...	29
Abbildung 13: Beispielbilder für die Altholzkategorie Hochbau (Quellenangaben im Kapitel 6.2).	29
Abbildung 14: Beispielbilder für die Altholzkategorie Verpackung (Quellenangaben im Kapitel 6.2).	30
Abbildung 15: Beispielbilder für die Altholzkategorie Bauhilfsstoffe (Quellenangaben im Kapitel 6.2).	30
Abbildung 16: Beispielbilder für die Altholzkategorie Holzwaren (Quellenangaben im Kapitel 6.2).	31

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Holzendverbrauch in der Schweiz nach Produktkategorien für 2009 (Neubauer-Letsch et al. 2018), 2012, 2016, 2018 und 2020 (Winterberg et al. 2022).....	8
Tabelle 2: Zugrunde liegende Dichten für die Umrechnung der Holzendverbräuche von m ³ in t atro (Holzarten gemäss Kučera et al. 2014).	18
Tabelle 3: Einteilung der Holzproduktkategorien von Neubauer-Letsch et al. (2018) in Holzprodukte mit einer Lebensdauer kleiner und grösser als 13 Jahren. (Angenommener Jahrgang des Holzendverbrauchs für das Referenzjahr 2022).....	19
Tabelle 4: Untersuchte Parameter in der Sensitivitätsanalyse des modellierten Holzprodukte-Lagers in der Schweiz.....	20

7.3 Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnungsformel der Sammelquote.....	14
Formel 2: Berechnungsformel der Recyclingquote.	14
Formel 3: Berechnungsformel der nicht gesammelten Altholzmenge.....	14
Formel 4: Berechnungsformel der jährlichen Lagermengen (IPCC 2014).	16
Formel 5: Berechnungsformel der jährlichen Holzprodukte Lageränderung (IPCC 2014).	16
Formel 6: Berechnung der jährlichen Altholzmengen.....	17