

# Spannungsfeld Altholz und Frischholzvorräte für Energie und Produkte?

Alfred Teischinger  
Universität für Bodenkultur, Wien  
Institut für Holztechnologie  
Tulln/Donau, Österreich





# Spannungsfeld Altholz und Frischholzvorräte für Energie und Produkte?

## 1. Einleitung und Hintergrund

Über viele Jahrzehnte war die Entwicklung der Holz- Holzwerkstoff-, sowie der Papierindustrie auf den Rohstoff «Frischholz» ausgerichtet. Fragen der Ressourcenverfügbarkeit und Ressourcenökonomie, die zunehmende Bedeutung von Energie aus Biomasse sowie rechtliche Rahmenbedingungen (z.B. Umsetzung von Deponierichtlinien bzgl. organischer Abfälle, EU Abfallhierarchie) haben die Nutzung von Altpapier und Altholz verstärkt in den Blickpunkt einer möglichen bzw. verstärkten stofflichen oder energetischen Nutzung gebracht. Diese Entwicklung folgte dem generellen Prinzip der Abkehr von der Beseitigung hin zur Kreislaufwirtschaft [1].

Vorreiter war dabei sicherlich die Papierindustrie, die schon in den 1950er Jahren in Deutschland einen Einsatz von 26% Altpapier dokumentiert [2]. In den 1985er Jahren stieg der Einsatz von Altpapier mit verstärkten Konzepten des Papierrecyclings in Technologie und Logistik (Altpapiersammlung) enorm an. Inzwischen sind Österreich und Deutschland bei Altpapier zu Ländern mit den effizientesten Recycling-Systemen und höchsten Rücklaufquoten von über 70% geworden.

Erst viel später hat sich die stoffliche und energetische Nutzung von Altholz in einem größeren Stil mit entsprechenden Aufbereitungssystemen entwickelt. Ein wesentlicher Treiber der stofflichen Nutzung von Altholz war dabei die rasante Entwicklung der Pelletindustrie als Energieträger, wodurch der Holzwerkstoffindustrie innerhalb eines vergleichbar kurzen Zeitraums die kostenmäßig günstige Ressource Säge- und Hobelspan entzogen wurde und durch entsprechend aufbereitetes Recyclingholz kompensiert werden mußte.

## 2. Definitionen

Die Begriffsbestimmungen zu Altholz, Altpapier, Frischholz, Frischfaser, Recyclingholz usw. haben sich im Zuge dieser o.g. Entwicklung, meist durch Vorgabe in den entsprechenden Richtlinien und Verordnungen gebildet und sind daher oft länderweise noch nicht ganz vereinheitlicht. In der Folge werden daher die wichtigsten Begriffe kurz zusammengefasst:

**Altholz** (auf Basis der «Altholzverordnung» (DE), Abfallwirtschaftsgesetz (AT) und Recyclingholzverordnung (AT), [3, 4, 5]):

Bewegliche Sachen auf Basis Holz, deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat oder deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen nicht zu beeinträchtigen. Dabei kann es sich im Wesentlichen um *Gebrauchtholz* (Holz von gebrauchten Erzeugnissen) und *Industrierestholz*, soweit diese als Abfall bzw. als Holz- und Holzwerkstoffreste aus der Produktion anfallen, handeln [6]. Während die Gebrauchthölzer klar als Abfälle am Ende ihrer Lebensdauer verstanden werden, ist diese Einordnung für Industrieresthölzer schwieriger, womit unweigerlich ein bestimmter Interpretationsspielraum gegeben ist.

Aufgrund der verschiedenen Herkünfte von Althölzern kann Altholz in unterschiedlichem Maß mit Fremdstoffen belastet sein. Aus diesem Grund wird das Holz in der Altholzverordnung (AltholzV) in vier Altholzkategorien aufgeteilt [5]:

- A I – naturbelassenes Holz, das lediglich mechanisch bearbeitet wurde,
- A II – verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel,
- A III – Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel,

- A IV – mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, etc., sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien A I bis A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz.

### Recyclingholz

Altholz, das dem Recycling in der Holzwerkstoffindustrie zugeführt werden soll und Vorgaben der Recyclingholzverordnung (RHV) erfüllt. Es verliert demnach mit einer entsprechenden Deklaration auf Basis eines gültigen Beurteilungsnachweises die Abfalleigenschaft [4]. Im Sinne der RVH ist Altholz gemäß nachweislich einem Recycling zuzuführen. Die Verpflichtung zum Recycling besteht nicht, wenn die dabei entstehenden Kosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung unverhältnismäßig sind. Altholz ist am Anfallsort zu erfassen, zu sammeln, zu trennen, zu lagern und zu transportieren (Quellensortierung). Ist die Trennung am Anfallsort technisch nicht möglich oder mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden, so hat diese in einer dafür genehmigten Behandlungsanlage zu erfolgen.

Für Altholz, das mit halogenorganischen Beschichtungen versehen ist, besteht ein Recyclingverbot und es darf ohne vorherige Entfernung der Beschichtung nicht einem Recycling zugeführt werden.

Gegenüber dem Altholz schließt das Recyclingholz nach der RHV jedoch auch bestimmte Abfälle aus der Produktion (z.B. Rindenabfälle, Schleifstaub, Spreißel, Sägespäne etc.) mit ein.

International bzw. im englischen Sprachgebrauch sind auch die Begriffe «Recovered Wood» bzw. «postconsumer wood» eingeführt bzw. zu beachten, da sie teilweise etwas von den in den o.g. Verordnungen und Gesetzen abweichen:

**Recovered wood** includes all kinds of wood material which, at the end of its life cycle in wooden products, is made available for re-use or recycling. Re-use can be either for material purposes or energy production. This group mainly includes used packaging materials, wood from demolition projects, unused or scrap timber from building sites. Sometimes referred to as «post-consumer» or «post-use» wood [7]. In diesem Zusammenhang sei auch auf die entsprechenden Definitionen der deutschen und englischen Fassung der EN 14021 [22] verwiesen.

### Recycling, Downcycling und Nutzungskaskade

Recycling ist u.a. ein Begriff der dritten Stufe der Abfallhierarchie der EU Abfallrahmenrichtlinie [8] und bezeichnet jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfallmaterialien zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.

Im Hinblick auf das Qualitätsniveau mit Bezug auf das Ausgangsmaterial wird häufig von Downcycling gesprochen. Der Begriff weist darauf hin, dass die Wiederverwertung von Stoffen nicht automatisch innerhalb eines Kreislaufsystems bei konstantem Qualitätsniveau erfolgt, sondern vielmehr ein Qualitätsverlust (Verminderung der Eigenschaften) bei jeder erneuten Verwertung gegeben ist. Demgegenüber wird eine Qualitätsverbesserung – wie immer diese definiert ist und zustande gekommen sein mag – gerne als «Upcycling» bezeichnet.

Eng verbunden mit dem Begriff des Downcyclings ist die Nutzungskaskade von Holz, womit eine Mehrfachnutzung des Materials über mehrere Stufen in Recyclingketten mit der energetischen Nutzung als letzter Schritt gemeint ist [9].

## 3. Altholz und seine Verwendung

### 3.1. Prozesketten für Produktion und Wiederverwertung

Im Prozess der Wiederverwertung bzw. auch Weiterverwertung von Holz in einem Produkt bzw. einem Bauteil und einer Konstruktion gibt es generell verschiedene Optionen, die in der Abbildung 1 zusammengefasst sind.

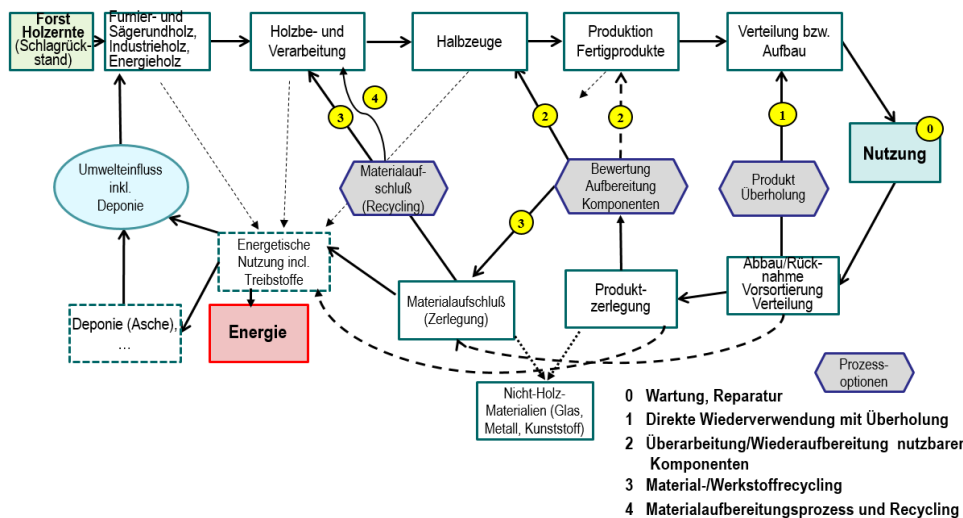


Abbildung 1: Prozesse der Wiederwertung von Holzprodukten und Werkstoffen, überarbeitet für die Wertschöpfungskette Forst-Holz basierend auf [10]. Im Sinne einer «Quellensorierung» sind die Fraktionen «Altholz stofflich» (Altholz zum Recycling) und «Altholz thermisch» (Altholz zur Verbrennung) bereits am Anfallsort getrennt zu erfassen (in Österreich verpflichtend)

Ein durch Sortierung und weitere Behandlung entsprechend aufbereitetes Altholz bzw. Altpapier kann nach den in Abb. 1 dargestellten Prozessschritten wieder in den Fertigungsprozess eingeschleust werden. Störstoffe müssen entsprechend ausgeschleust und entsorgt werden und nicht geeignete holzbasierte Fraktionen können einer energetischen Nutzung zugeführt werden.

### 3.2. Einsatzmöglichkeiten für Altholz und Altpapier

Mit Bezug auf die Abbildungen 1 und 2 sind jedoch für die einzelnen Hauptproduktgruppen bzw. Gruppen von Halbzeugen nur bestimmte Altholzqualitäten möglich bzw. ist Altholz nur bedingt einsetzbar. Abbildung 2 zeigt als Beispiel den Altholzeinsatz für Spanplatte in verschiedenen Produktionsländern (in Deutschland und Österreich ist aufbereitetes Altholz/Recyclingholz nach der Altholzklasse I und II möglich [4, 5, 6]).

Abbildung 2 zeigt die unterschiedlichen Anteile von Frischholz (Industrierundholz und Sägenebenprodukte) und aufbereitetem Altholz. Die sehr großen Unterschiede des jeweiligen Anteils lassen sich durch die Rohstoffverfügbarkeit und auch durch die Verfügbarkeit von Altholz über entsprechende Logistiksystem bzw. den Aufbereitungsanlagen erklären.

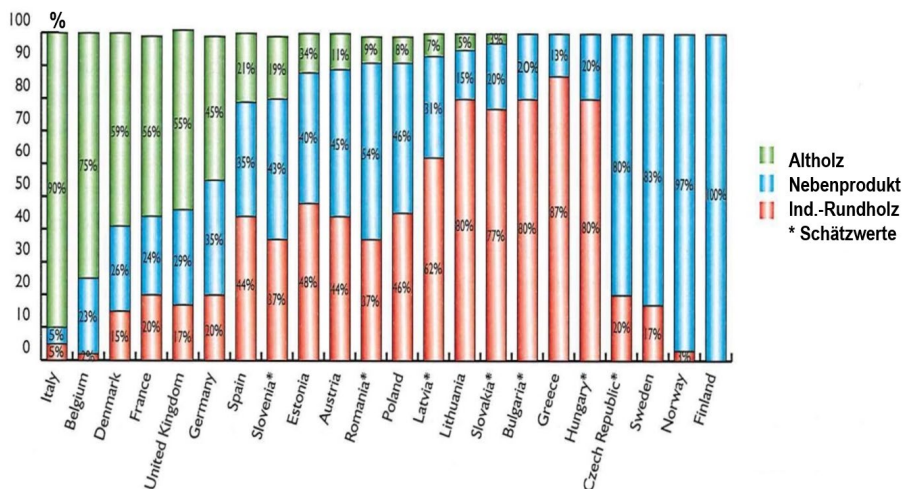


Abbildung 2: Anteil von Industrierundholz, Sägenebenprodukten und Altholz für die Produktion von Holzspanplatten in verschiedenen Ländern Europas [11]. Hinweis: Basisdaten veraltet, aktuell andere Relationen möglich.

### 3.3. Altholz/Altpapier

Während die jeweils dafür vorgesehenen Sortimente an frischem Stammholz oder Nebenströmen der Holzverarbeitung nach Abb. 3 in jedem Fall für eine Prozesskette geeignet sind, kann nicht jede Altholz- bzw. Altpapierfraktion für jeweiligen Fertigungsprozessen verwendet werden. In bestimmten Fällen ist es auch eine Mischung von Anteilen an Frischholz und Altholz und Holz aus Nebenströmen anderer Prozessketten wie in den Abb. 2 und 3 dargestellt. Die folgende Tabelle 1 gibt eine beispielhafte Bewertung des Altholzeinsatzes als Sekundärrohstoff in ausgewählten Produktionsprozessen.

Tabelle 1: Aktuelle und potentielle Einsatzmöglichkeiten von Altholz/Recyclingholz und Altpapier nach entsprechender Aufbereitung

Produkt/Anwendung	Einsatz Altholz	Bemerkung
Schnittholz	bedingt aus Altholz	Sonderfälle <sup>1)</sup>
Leimbauteile BSH, CLT	derzeit nicht <sup>2)</sup>	Festigkeitsbeurteilung ungeklärt
Spanplatte	bis etwa 40% (A I/A II)	oft nur in Mittellage
Oriented Strandboard (OSB)	möglich	in Mittellage bevorzugt A I
Faserplatte	nur geringer Anteil	bei MDF (Mittellage)
Sperrholz	nein	nur Frischholz
Holzchemie/Biogas/Biokohle	möglich	derzeit keine nennenswerte Produktion
Energie - Privathaushalt (Pellets, Stückholz)	nein	
Energie - Kraftwerke	möglich	je nach Aufbereitung und Anlagenkonzept auch A IV
Zellstoff	nein	Kleinversuche etc.
Papier/Karton (Altpapiereinsatz)	möglich, meist in Mischung je nach Type	AT graphische Papiere 30% Verpackungspapier 70% <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Es gibt auch Fälle, wo Frischholz auf «Altholz» modifiziert wird

<sup>2)</sup> Im Projekt «CareWood» [9] wurden entsprechende Konzepte angedacht, aktuell mehrere Projekte wie «The Cradle», «Timber Loop» etc.

<sup>3)</sup> Im Gesamtdurchschnitt für die angeführten Papiersorten

## 4. Frischholz- und Altholz-/Altpapiermengen im Vergleich

### 4.1. Materialflüsse und Kenndaten von Frischholz und Altholz/Altpapier

Die gesamte Holzverarbeitung incl. der Produktion von Zellstoff und Papier sowie Nutzung der Nebenströme aus der Holzverarbeitung und aus der Produktion von Zellstoff und Papier ist sehr komplex (Abb.3). Nebenströme aus der Prozesskette Massivholzbe- und -verarbeitung (z.B. Rinde, Hackgut, Säge- und Hobelspäne) werden zum Rohstoff für andere Prozessketten wie für die Holzwerkstoff- oder Zellstoffproduktion bzw. sind Energieträger für die energetische Nutzung (innerbetrieblich oder überbetrieblich).

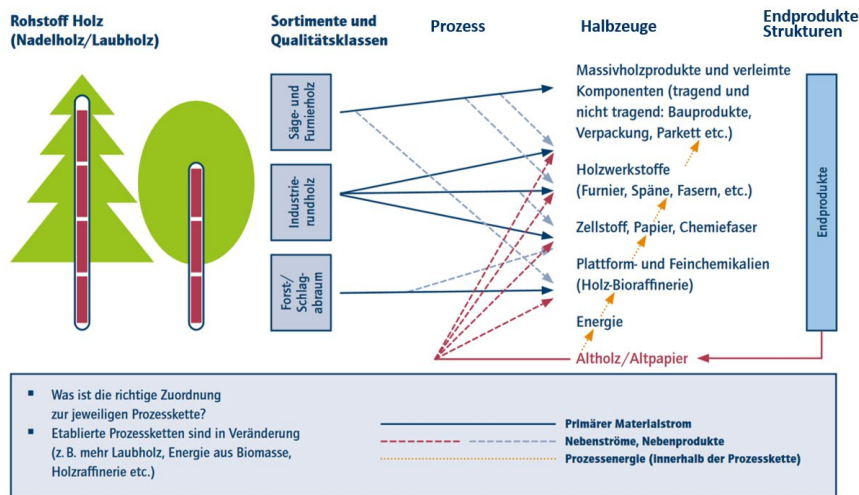


Abbildung 3: Vereinfachte Darstellung der einzelnen Holz-basierten Prozessketten mit deren Verflechtung über die Nebenströme der jeweiligen Prozessketten. Nach Teischinger in [12].

Einige ausgewählte Kenndaten bzw. Mengenangaben zu den jeweiligen Materialflüssen sind zur Übersicht in der Tabelle 2 zusammengefasst. Für detailliertere Mengenflüsse wird auf die einschlägigen Studien und Statistiken verwiesen [6, 14]

Tabelle 2: Ausgewählte Mengenangaben im Materialfluß der Holzbearbeitung und Produktion von Zellstoff/Papier für Österreich und Deutschland nach verschiedenen Quellen zu unterschiedlichen Zeiträumen (primär für 2016 -2021) [2, 6, 13, 14, 22]

	Deutschland	Österreich
Holzvorrat (mio fm)	3 879	1 135
Holzzuwachs (mio fm)	117	30
Holzernte (mio fm)	65 – 70 (83) <sup>3)</sup>	18,4
Sägerundholz (mio fm) <sup>2)</sup>	36	10,2
Industrierundholz (mio fm)	13,8	3,1
Energieholz (mio fm/(%))	17,1 (26%)	4,9 (26,7%)
Altholz (mio to/(mio fm <sup>1</sup> )), über alle Kategorien	10 (17,3)	1,3 (2,2)
Aufteilung des Anfalls einzelner Kategorien (%)	AI 38%; A II 50%; AIII 1%; A IV 11%	
Zellstoff-/Holzstoffproduktion Rohstoffeinsatz		
Rundholz (mio fm)	5,8	4,0
Hackgut (mio fm)	2,5	4,2
Altpapier (mio to)	16,1	2,6

<sup>1)</sup> Umgerechnet von to in äquivalente fm nach [14], 1 fm (als Volumensangabe für Rundholz)  $\cong 1\text{m}^3$

<sup>2)</sup> Lagerveränderung und Export/Import nur teilweise berücksichtigt bei prozentueller Angabe

<sup>3)</sup> Klammerausdruck für 2021 als Schadholzbedingter Höchstwert, sonst für Zeitspanne der letzten Jahre

Werden neben dem reinen Holzeinschlag aus dem Wald auch weitere Primär- und Sekundärressourcen wie Rinde, Landschaftspflegeholz, Altholz usw. mit eingerechnet, dann ergibt sich ein Wert von 127,2 Mio. Kubikmeter and Holzrohstoffen für Deutschland, mit einem Anteil von Altholz von 11,5% (Abb.).

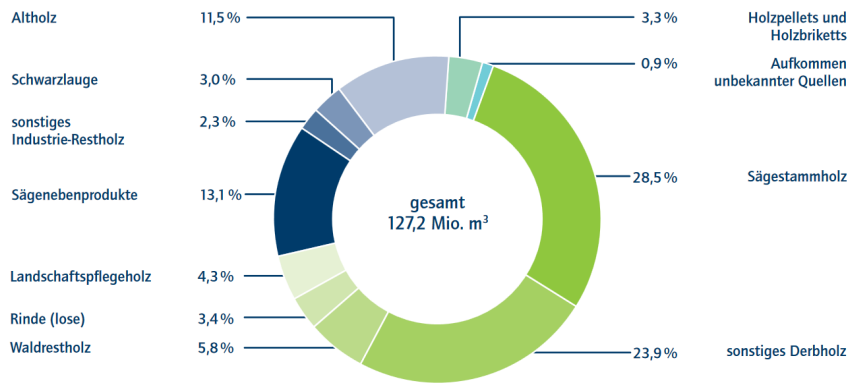


Abbildung 4: Verwendung von Holzrohstoffen 2016 nach Nutzergruppen in Deutschland. Quelle [12], überarbeitete Daten in Anlehnung an [14] und Daten von INFRO e.k. (2018).

## 4.2. Die Nutzungspfade von Altholz

Altholz wird grundsätzlich energetisch bzw. stofflich genutzt, wobei die jeweiligen Richtlinien und Verordnungen die Pfade vorgeben (Kategorie A I bis A IV etc.) und Sonderfraktionen müssen entsprechend entsorgt werden. Für Deutschland beträgt die Aufteilung etwa 79% energetische sowie 15% stoffliche Nutzung und 6% müssen entsorgt werden [6]. In Österreich ist der Anteil der stofflichen Nutzung deutlich höher im Verhältnis von 75% stofflich und 27% thermisch [15], wobei mit der Recyclingholznovelle 2018 [4] die stoffliche Nutzung auch prioritär vorgegeben wird. Wichtig ist dabei die Einhaltung der Vorgabe!

Der vergleichsweise hohe Anteil an energetisch genutztem Holz in Deutschland dürfte neben der Materialzusammensetzung auch der EEG-Anreize (Erneuerbaren Energie Gesetz) geschuldet sein [19]. Aktuell sind das Altholzaufkommen und damit die Preisbildung durch vielerlei Faktoren, etwa eine stagnierende Bauwirtschaft, einen Wettbewerb um verbleibende Mengen (etwa für die Holzwerkstoffindustrie) und die thermische Verwertung gekennzeichnet. Zudem beschäftigt die Branche das Auslaufen der EEG-Förderung, wobei eine geplante Anschlussförderung für Altholz-Anlagen Ende 2021 von der Europäischen Kommission abgelehnt wurde.

International folgen der Anfall und die Nutzung von Altholz demselben Schema, die jeweiligen prozentuellen Anteile von energetischer und stofflicher Nutzung, die Kategorisierung der Altholzklassen sowie Entsorgung differieren jedoch von Land zu Land (Abb. 5).

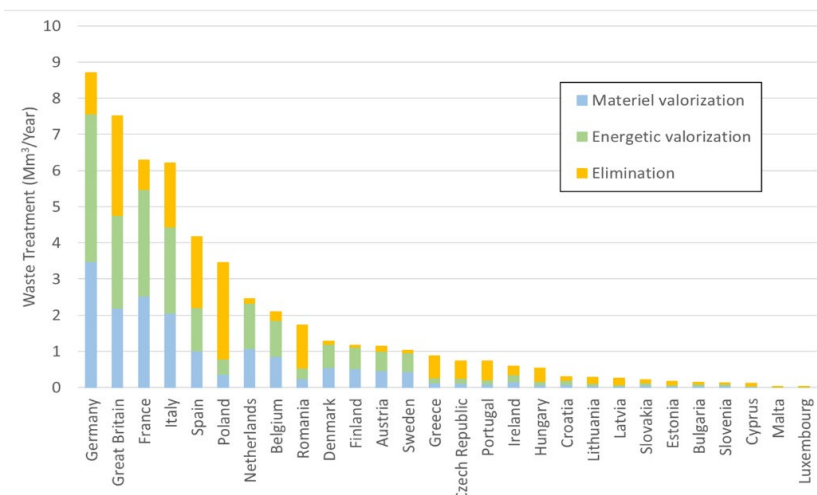


Abbildung 5: Altholzmengen in Mio. Kubikmeter mit Darstellung der stofflichen und energetischen Nutzung sowie der Entsorgung nach [16] basierend auf auf [17] mit Daten aus 2010.



In Österreich und Deutschland wird aufbereitetes Altholz primär in der Holzwerkstoffindustrie (Spanplattenproduktion) eingesetzt. Die Verwendung von Altholz in Pyrolyseanlagen sowie zur Herstellung von Aktiv- und Industriekohle oder zur Holzvergasung spielt derzeit keine Rolle. Ein gutes Beispiel für die in Abb. 1 dargestellte Produktüberholung/Reparatur ist die Euro-Mehrwegtauschpalette EPAL. Aktuell sind ca. 600 Mio. EPAL Paletten im Umlauf, wobei jährlich etwa 100 Mio. Stück Paletten produziert werden und aus dem gesamten Umlauf etwa 30 Mio. Stück repariert werden [18]. Die Gesamtproduktion an Paletten (Einwegpaletten, Kisten etc.) liegt noch weit höher und ist damit eine wesentliche Ressource für Altholz der Klasse A1.

Projekte wie beispielsweise «The Cradle» (Bürogebäude Düsseldorf, DE) oder «Timber Loop» (Holzforschung Austria und Projektpartner) zeigen, dass derzeit im Bauwesen ein Umdenken bei der Bauplanung in Hinblick auf einen zukünftigen Rückbau mit möglichst hohem Anteil von wiederverwertbaren Komponenten gegeben ist.

### 4.3. Das Materiallager Holz

Das Materiallager Frischholz (Wald) ist durch gesetzlich vorgegebene Bestandsaufnahmen genau dokumentiert, ebenso wie seine Dynamik durch Altersklassen, Umtriebszeiten und jeweiligen Inputs (Zuwachs) und Outputs (Holzeinschlag/Ernte) vgl. Tab. 1 bzw. [14].

Das Materiallager «verbautes Holz», primär im Hochbau bzw. Holz in mobilen Holzprodukten (Paletten, Verpackung, Möbel etc.) ist hingegen nur bedingt bekannt. Lediglich die Input-Daten (Produktion bzw. Inlandsbedarf von Holz und Holzprodukten) sowie der Output über die erfassbaren Altholzströme sind durch entsprechende Statistiken bekannt. In einem Materialflußmodell für das Baustofflager «Hochbau» wird für Deutschland im Jahr 2010 ein Bestandes Lager von Bauholz von über 300 Mio. Tonnen (ca. 600 Mio. m<sup>3</sup>) ausgewiesen [20]. Das entspricht etwa 15% des Holzvorrates im Wald nach Tabelle 1.

Im Rahmen eines Teilprojektes von CaReWood [9] haben Kalcher et al. [21] für den österreichischen Wohnbau (nicht für den gesamten Hochbau) in einer Modellrechnung für den Zeitraum 2012 bis 2100 eine Zunahme des Holzlagers «verbautes Holz» von 32 Mio. Kubikmeter auf 50 Mio. Kubikmeter mit einem Holzinput von jährlich 0,55 Mio. Kubikmeter auf 0,75 Mio. Kubikmeter. Daraus errechnet sich allein aus dem Wohnungshochbau ein potenzieller jährlich steigender Altholzanzahl von derzeit 0,35 Mio. Kubikmeter auf 0,65 Mio. Kubikmeter im Jahr 2100. Weitere Materiallager Holz wie im Objekt- und Industriebau etc. konnten aus Gründen der Verfügbarkeit von statistischen Grunddaten nicht berechnet werden.

## 5. Zusammenfassung

- Die Nutzung und Aufbereitung von Altholz ist durch entsprechende gesetzliche Regelwerke und Verordnungen sehr detailliert geregelt.
- Der Anteil von Altholz an der Gesamtmenge der Holzernte beträgt in Deutschland und Österreich etwa 15%, wobei in Deutschland etwa 80% des Altholzes der energetischen Nutzung zugeführt werden, in Österreich nach [15] jedoch nur 27%.
- Der überwiegende Teil des aufbereiteten Altholzes (Recyclingholz) wird derzeit in der Holzwerkstoffindustrie als Sekundärrohstoff eingesetzt.
- Die jeweiligen Datenquellen variieren in diversen Angaben und das Gesamtbild der Nutzungsströme ist nicht immer kohärent nachvollziehbar.
- Ein Design für Wiederverwendung bzw. Recycling in den verschiedenen Endprodukten ist derzeit nur ersten Ansätzen erkennbar und wegen der vergleichsweise langen Nutzungszeiten von Holzprodukten gegenüber Papierprodukten, ist dadurch auch eine lange Vorlaufzeit gegeben.
- Es gibt erste Modelle, die den zu erwartenden Altholzanzahl, auch durch einen verstärkten Einsatz von Holz im Bauwesen, abschätzen, sodass Altholz als zunehmend wichtiger Sekundärrohstoff angesehen werden kann.

## 6. Literatur

- [1] Janz, A.: Empfehlungen für die Fortentwicklung der deutschen Kreislaufwirtschaft zu einer zirkulären Ökonomie. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2022
- [2] Verband Deutscher Papierfabriken (VDP): VDP Leistungsbericht PAPIER 2021. Bonn 2021
- [3] Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002), Wien 2002
- [4] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Recycling von Altholz in der Holzwerkstoffindustrie (Recyclingholzverordnung – RHV), Wien 2023, basierend auf BGBl. II Nr. 178/2018, BGBl. II Nr. 495/2020
- [5] Altholzverordnung vom 15. August 2002 (BGBl. I S. 3302), die zuletzt durch Artikel 120 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist. BMJ, Bonn 2020
- [6] Flamme, S., Hams, S., Bischoff, J., Fricke, C.: Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2019
- [7] JRC, 2014: European Commission, Joint Research Centre – IET, Carbon accounting of forest bioenergy: Conclusions and recommendations from a critical literature review, Agostini, A., Giuntoli, J., Boulamanti, A., Marelli, L., 2014, EUR 25354 EN, Luxembourg. Publications Office of the European Union, 2014
- [8] Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien. Brüssel 2008 (inzwischen erweitert durch Richtlinie (EU) 2018/851)
- [9] Risse, M., Richter, K.: Ökologische und ökonomische Bewertung der kaskadischen Holznutzung. CaReWood – Cascading Recovered Wood. Bericht. TUM, München 2018
- [10] Emblemssvåg, J., 2003. Life-Cycle Costing, Using activity-Based Costing and Monte Carlo Methods to Manage Future Costs and Risks. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons
- [11] EPF, Annual Report 2016–2017. Tech. Rep. European Panel Federation (EPF), Brüssel 2017
- [12] acatech (Hrsg.): Holzbasierte Bioökonomie. Nachhaltig, zirkulär, klimaresilient (acatech POSITION), München 2022. DOI: [https://doi.org/10.48669/aca\\_20224](https://doi.org/10.48669/aca_20224)
- [13] HOLZKURIER.com: laufende Datenabfragen zu ausgewählten Stichworten. Holzkurier Wien (<https://www.holzkurier.com/>)
- [14] Mantau, U., Döring, P., Weimar, H., Glasenapp, S., Jochem, D., Zimmermann, K. (INFRO e. K. und Thünen Institut): Rohstoffmonitoring Holz. Hrsg, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), OT Gülzow, 2018
- [15] Bergamo, A., Strimitzer, L.: Die Entwicklung des Altholzmarktes. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Wien, 2022
- [16] Besserer, A., Troilo, S., Girods, P., Rogaume, Y., Brosse, N. (2021): Cascading Recycling of Wood Waste: A Review. *Polymers* 13, 1752. <https://doi.org/10.3390/polym13111752>
- [17] Vis M., U. Mantau, B. Allen (Eds.): Study on the optimised cascading use of wood. No 394/PP/ENT/RCH/14/7689. Final report. Brussels 2016. 337 pages
- [18] EPAL – The Pallet System. <https://www.epal-pallets.org/eu-de/>
- [19] Baur, F., Vogler, C. Scholl, F. (2019): Altholzkraftwerke im Post-EEG-Zeitalter. *Holz-Zbl.* 22:467-469
- [20] Deilmann, C., Reichenbach, J., Krauß, N., Gruhler, K.: Materialströme im Hochbau – Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft. Hrsg.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn 2017
- [21] Kalcher, J., Praxmarer, G., Teischinger, A. (2017): Quantification of future availabilities of recovered wood from Austrian residential buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 123: 143-152, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.001>
- [22] ÖNORM EN ISO 14021: Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Umweltbezogene Anbietererklärungen (Umweltkennzeichnung Typ II) (ISO 14021:2016 + Amd 1:2021) (konsolidierte Fassung). Austrian Standards (ASI), Wien 2021