



# TimberLoop

## AP 6: Kreislaufpotential





# Arbeitspaket 6

## Kreislaufpotential

Endbericht

Projektnr.: 900315

HFA-Nr.: 52500

Gefördert durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH

### Autoren

DI S. Winter

DI T. Dobra

 **Waldfonds  
Republik Österreich**

Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Land- und Forstwirtschaft, Regionen  
und Wasserwirtschaft



**FFG**  
Forschung wirkt.

Wien, 07 2025



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Ökologische Bewertung .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Produktbezogene Bewertung.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Begriffsbestimmungen .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Methodische Grundlagen .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Sachbilanz .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Wirkungsabschätzung (Berechnung) .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4</b>	<b>Auswertung &amp; Diskussion .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5</b>	<b>Abfallbezogene Bewertung .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Methodische Grundlagen .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Sachbilanz .....</b>	<b>20</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Wirkungsabschätzung (Berechnung) .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Auswertung &amp; Diskussion .....</b>	<b>21</b>
<b>2.6</b>	<b>Ökologische Bewertung von Holzkreisläufen .....</b>	<b>24</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Erkenntnisse der TimberLoop Bewertungen .....</b>	<b>24</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Lücken &amp; Schwachstellen .....</b>	<b>24</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Ausblick &amp; Handlungsempfehlungen .....</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>Ökonomische Bewertung.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Grundlagen und Herangehensweise .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Methodik .....</b>	<b>30</b>

<b>3.3</b>	<b>Umfrage und Ergebnisse .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4</b>	<b>Ergebnisse und Interpretation .....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>SWOT Analyse .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>Tragende Holzbauprodukte (AP3) .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2</b>	<b>Nicht tragende Holzbauprodukte (AP4) .....</b>	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Holzschutzmittelfreie Kreislaufführung (AP5) .....</b>	<b>45</b>
<b>4.4</b>	<b>Fazit der SWOT-Analyse .....</b>	<b>46</b>

## ZUSAMMENFASSUNG (EXECUTIVE SUMMARY)

In diesem Bericht werden die umfassenden ökologischen und ökonomischen Aspekte der Kreislaufführung von Holzbauprodukten zusammengefasst, die im Zuge von AP 6 des Projekts TimberLoop untersucht wurden. Im Rahmen der Untersuchung wurden die Wiederverwendungsszenarien Re-Use, Re-Pair und Re-Manufacture sowie verschiedene Entsorgungsoptionen von Altholz bewertet. Die vorliegende Bewertung wurde mittels Lebenszyklusanalysen durchgeführt. Darüber hinaus wurden Chancen und Herausforderungen durch SWOT-Analysen ermittelt. Des Weiteren wurde eine Umfrage unter den Projektpartnern durchgeführt, um die wirtschaftliche Machbarkeit und Marktakzeptanz von Produkten aus Altholz zu evaluieren. Hierbei wurden Defizite in Bezug auf die Verfügbarkeit, die Kostenstruktur und den rechtlichen Rahmenbedingungen betont, während gleichzeitig das Potential für nachhaltiges Bauen hervorgehoben wurde.

*This report provides a synopsis of the comprehensive ecological and economic aspects of the recycling of timber construction products that were investigated as part of WP 6 of the TimberLoop project. In the course of the investigation, the reuse, repair and remanufacture scenarios, as well as a range of waste wood disposal options, were subjected to evaluation. This assessment was conducted using life cycle analyses. Furthermore, the utilisation of SWOT analyses facilitated the identification of both opportunities and challenges. Moreover, a survey was conducted among the project partners to evaluate the economic feasibility and market acceptance of products made from waste wood. It was asserted that deficits in terms of availability, cost structure and the legal framework were in evidence, whilst simultaneously emphasising the potential for sustainable construction.*

## 1 Einleitung

Wie in der kürzlich erschienene Studie Climate Impact of Building Materials [1] dargestellt, sind die größten Umweltauswirkungen eines Baustoffes im Modul A1 – Rohstoffgewinnung zu verorten. Über alle Baustoffe hinweg werden somit der Herstellungsphase rund 80 % des GWP zugeordnet. Lediglich 7 % entfallen auf die Produktion in Modul A3. Dem zufolge ist der Verwendung von bereits bestehenden Baustoffen, das größte Potential zur Einsparung von Emissionen zuzuordnen.

Im Arbeitspaket 6 wurden die in den Arbeitspakete 3 bis 5 erarbeiteten Konzepte und Lösungen aus ökologischer und ökonomischer Sicht betrachtet. Sofern eine faktische Darstellung der entwickelten Lösung möglich ist, wurden Annahmen getroffen, um einen

Vergleich dieser Kreislaufkonzepte mit dem Ist-Stand bzw. den derzeit standardmäßig verwendeten Produkten zu ermöglichen.

Als Basis für diese Herangehensweise wurde eine umfangreiche Datenerhebung in den Partnerbetrieben durchgeführt. Vorhandene EPDs (Environmental Product Declarations) der Produkte von Partnerbetrieben wurden herangezogen, und mit zusätzlichen Hintergrundinformationen, ergänzt, um die ökologische Bewertung für die Kreislaufkonzepte zu erarbeiten. Potenzielle ökologische Vorteile ergeben sich hauptsächlich aus der Kompensation von Frischholz durch gebrauchte Holzprodukte. Darüber hinaus ist beim Szenario der Wiederverwendung von Bauteilen (Re-Use) davon auszugehen, dass die gesamte Herstellungsphase und somit die Lebenszyklusphasen A1 bis A3 entfallen. Näheres zu dieser Methodik ist im Kapitel 2 „Ökologische Bewertung“ beschrieben.

Die ökonomische Bewertung der Szenarien und der Konzepte zur Kreislaufführung von Holz und Holzbauteilen wurde in Form einer qualitativen Umfrage durchgeführt. Die Umfrage sowie die Ergebnisse und deren Interpretation erfolgt in Kapitel 3 „Ökonomische Bewertung“.

Als finaler Task von AP6 wurde eine umfangreiche SWOT-Analyse aller Konzepte durchgeführt, die Erkenntnisse kategorisiert und interpretiert.

## 2 Ökologische Bewertung

### 2.1 Produktbezogene Bewertung

#### 2.1.1 Begriffsbestimmungen

Funktionale Einheit: Jene Einheit auf die sich die Betrachtungen des Produktes beziehen.

LCA: Life Cycle Analysis: Lebenszyklusanalyse = Ökobilanzierung; Darstellung aller Umweltauswirkungen eines Produktes; Grundlage einer EPD.

EPD: Environmental Product Declaration, Umweltproduktdeklaration; Aufstellung der Umweltauswirkungen für ein Produkt mit definierten Systemgrenzen.

EoL: End of Life; Beschreibt das vorgesehene Ende des Produktlebenszyklus

Kernindikatoren: jene Umweltauswirkungen gemäß EN 15804 die im Zuge der Ökobilanzierung berechnet werden. Diese sind z.B.: Treibhauspotential, Ozonabbaupotential, Versauerungspotential, etc.

GWP total: Global Warming Potential; Treibhauspotential – gesamt; Gesamtes Treibhauspotential (I), inklusive fossiler, biogener und landnutzungsbedingter Emissionen (in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten).

GWP biogen: Global Warming Potential biogenic; Treibhauspotential – biogen; Beitrag zum Treibhauseffekt durch biogene Emissionen (z.B. CO<sub>2</sub> aus Biomasse).

GWP fossil: Global Warming Potential fossil; Treibhauspotential – fossil; Treibhausgasemissionen aus fossilen Quellen wie Erdöl, Kohle oder Erdgas

GWP luluc: Global Warming Potential – Land use and land use change; Treibhauspotential – Landnutzung und Landnutzungsänderung (LULUC); Treibhausgasemissionen durch direkte oder indirekte Landnutzungsänderung (z.B. Entwaldung)

ODP: Ozone depletion potential; Ozonabbaupotential; Potential zur Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht, angegeben in kg CFC-11-Äquivalenten

AP: Acidification potential; Versauerungspotential; Beitrag zur Versauerung von Böden und Gewässern durch z.B. SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (in kg SO<sub>2</sub>-Äquivalenten)

EP freshwater: Eutrophication potential – freshwater; Eutrophierungspotential von Frischwasser; Nährstoffanreicherung in Süßgewässern, meist durch Phosphorverbindungen (in kg P-Äquivalenten)

EP marine: Eutrophication potential – marine; Eutrophierungspotential von Meerwasser; Überdüngung von Meeresökosystemen, vor allem durch Stickstoffverbindungen (in kg N-Äquivalenten)

EP terrestrial: Eutrophication potential terrestrial; Eutrophierungspotential – terrestrisch; Nährstoffanreicherung in Böden (z.B. durch Stickoxide) mit Einfluss auf die Biodiversität (in mol N-Äquivalenten)

POCP: Photochemical ozone creation potential; Photochemisches Ozonbildungspotential; Bildung bodennahen Ozons durch reaktive Luftschadstoffe (in kg Ethylen-Äquivalenten)

ADPE: Abiotic resource depletion potential – elements; Abiotischer Ressourcenverbrauch – Elemente; Verbrauch nicht erneuerbarer mineralischer Ressourcen (Metalle, seltene Erden etc.), in kg Sb-Äquivalenten

ADPF: Abiotic resource depletion potential – fossil; Abiotischer Ressourcenverbrauch fossiler Energieträger (z.B. Öl, Gas, Kohle), in MJ

WDP: Water Depletion Potential; Wasserverbrauchspotential; Nutzung von Frischwasserressourcen, bezogen auf Verfügbarkeit und Knappheit (in m<sup>3</sup>)

## 2.1.2 Methodische Grundlagen

### 2.1.2.1 Funktionale Einheit

Für alle in TimberLoop erarbeiteten Szenarien, die auf großvolumige Anwendungen (Träger) bezogen sind wird ein Kubikmeter (m<sup>3</sup>) Produkt betrachtet. Im kleinvolumigen Bereich (Parkett) wird hingegen ein Quadratmeter (m<sup>2</sup>) berücksichtigt.

### 2.1.2.2 Bewertungsszenarien & Systemgrenzen

Im Rahmen der durchgeführten Arbeiten wurden 6 Hauptszenarien definiert, welche in der folgenden Abbildung dargestellt sind und im Anschluss detaillierter beschrieben werden.

Szenarien	Ausgangsmaterial				
	Bauholz	keilgezinktes Konstruktionsholz	Brettschichtholz	Brettsperrholz	R-Lamelle
<i>Re-Use</i>	la	lb	lc	ld	
<i>Zielmaterial</i>	Bauholz	keilgezinktes Konstruktionsholz	Brettschichtholz	Brettsperrholz	
<i>Re-Pair</i>			II		
<i>Zielmaterial</i>			Brettschichtholz		
<i>Re-Manufacture</i>	III	IV	V		
<i>Zielmaterial</i>	Schnittholz Altholz	Rohlamelle	Stablamelle		
<i>Manufacture</i>					VI
<i>Zielmaterial</i>					Re-BSH (50/100)
<i>Zielmaterial</i>					Re-BSP (50/100)
<i>Zielmaterial</i>					Re-Parkett (50/100)

Abbildung 1: Übersicht Bewertungsszenarien (produktbezogene Bewertung)

### Szenario I – Re-Use

Das betrachtete Produkt wird ausgebaut und ohne weitere Aufbereitung an einer anderen Stelle wieder eingebaut. Der dafür nötige Transport wird berücksichtigt und der Produktion eines äquivalenten Produkts aus der Primärproduktion gegenübergestellt. Daraus lässt sich folgende Frage beantworten:

**Welche (maximale) Transportdistanz ist möglich, um im Falle einer Wiederverwendung gegenüber der Primärproduktion ökologische Vorteile zu erzielen?**

Der entsprechende Grenzwert (max. Transportdistanz) wurde für die Produkte Bauholz/Schnittholz (Ia), Konstruktionsvollholz (KVH) (Ib), Brettschichtholz (BSH) (Ic) & Brettsperrholz (BSP) (Id) berechnet.

### Szenario II – Re-Pair

Das betrachtete Produkt (BSH) wird vor Ort repariert und danach an gleicher Stelle weiterverwendet. Die dafür nötigen Aufwände werden der Produktion und Anlieferung eines äquivalenten Produkts gegenübergestellt, um folgende Frage zu beantworten:

***Wie verhält sich eine in-situ Reparatur von BSH aus ökologischer Sicht im Vergleich zu einem Ersatz mit einem Primärprodukt?***

### **Szenario III, IV & V – Re-Manufacture**

Diese Szenarien betrachten den Ausbau sowie die Aufbereitung unterschiedlicher Produkte (Bauholz, KVH, BSH) und stellen die damit verbundenen Aufwände der Produktion eines äquivalenten Primärprodukts (Schnittholz) gegenüber. Somit wird folgende Frage beantwortet:

***Welche Umweltbelastungen sind mit der Herstellung von Altholz-basierten Lamellen verbunden und wie stehen diese im Vergleich zur Produktion eines äquivalenten Primärprodukts?***

Da vereinfachend davon ausgegangen wurde, dass die Prozesskette bis zur Herstellung der funktionalen Äquivalenz für alle betrachteten Ausgangsmaterialien ident ist, wurden die Szenarien für die Bewertung zusammengefasst. Für die Aufbereitung wurde eine Unterscheidung dahingehend getroffen, ob die Lamellen in weiterer Folge in groß- oder kleinvolumigen Anwendungen zum Einsatz kommen. Zusätzlich wurde neben der eigentlichen Bewertung und den vergleichenden Betrachtungen mit dem Primärprodukt auch eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um den Einfluss verschiedener Parameter auf das Ergebnis zu beurteilen.

### **Szenario VI – Manufacture**

Im vorliegenden Szenario wird die Verwendung von Lamellen aus Altholz (vgl. vorangehendes Szenario) im Rahmen der Produktion von BSH, BSP sowie von Mehrschicht-Parkett (als Mittellage) analysiert. Es erfolgt eine vergleichende Betrachtung mit dem Standardprodukt (aus Primärproduktion) zur Beantwortung der Frage:

***Welche ökologischen Vorteile bietet der Einsatz von Altholz-basierten Lamellen im Vergleich zur Nutzung eines äquivalenten Primärprodukts?***

Im Zuge der Bewertung wird sowohl eine vollständige Substitution (100 %) als auch ein Fall mit 50 % Substitution betrachtet. BSP wird nicht separat betrachtet, da davon auszugehen ist, dass die Situation jener für BSH sehr ähnlich ist.

#### 2.1.2.3 Datengrundlage

Die durchgeführten Berechnungen basieren zu einem überwiegenden Anteil auf generischen Daten, welche als Hintergrunddaten genutzt werden. Als Datenquelle wurde dabei primär die *MLC-Datenbank (Version 2024.2)* sowie ergänzend *Ökobaudat (Version 2024-I)* genutzt. Die Vordergrunddaten für die betrachteten Szenarien wurden in Abstimmung mit Projektpartnern ermittelt. Diese basieren auf einer Kombination aus Primärdaten von Unternehmen, Literaturwerten sowie Abschätzungen basierend auf Erfahrungen der Projektpartner.

#### 2.1.2.4 Methode der Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung erfolgte mittels der Ökobilanzierungssoftware *LCA for Experts* (LCAfE) basierend auf der dort verfügbaren Methodik *EN 15804 +A2 [2](based on EF 3.1)*. Grundsätzlich wurden alle Kernindikatoren berücksichtigt wobei für das Treibhauspotential der biogene Anteil (GWP biogen) ausgeklammert und auch nicht in der Summe (GWP total) berücksichtigt wurde. Dies ist damit zu begründen, dass somit der Fokus auf die prozessbedingten Umweltbelastungen gelegt wird und nicht von materialinhärenten Eigenschaften des Rohstoffs Holz (Feuchte, Dichte etc.) abhängt.

Auf eine weitere „Aufbereitung“ der Indikatorwerte mittels Normierung, Ordnung bzw. Gewichtung wurde verzichtet.

## 2.2 Sachbilanz

Nachfolgend sind die Sachbilanzdaten für die jeweiligen Szenarien angeführt. Darüber hinaus wird, sofern relevant, auch das Thema Allokation behandelt.

### Szenario I – Re-Use

Die angeführten Informationen gelten, wenn nicht anders angegeben, für alle betrachteten Unterszenarien (Ia bis Id) gleichermaßen.

- Aufwände für Ausbau: Als gering eingestuft und somit vernachlässigt.
- Transportmittel: LKW (Euro VI, A-C) mit einem maximalen Ladegewicht von 17,3 Tonnen und einer durchschnittlichen Auslastung von 55 %.
- Dichte Bauholz: 484,5 kg/m<sup>3</sup> (Thünen) bzw. 482 kg/m<sup>3</sup> (Sphera).
- Dichte KVH: 493 kg/m<sup>3</sup> (Thünen) bzw. 493 kg/m<sup>3</sup> (Sphera).
- Dichte BSH: 507 kg/m<sup>3</sup> (Thünen) bzw. 515 kg/m<sup>3</sup> (Sphera).
- Dichte BSP: 489,5 kg/m<sup>3</sup> (Thünen).

Im betrachteten Re-Use System ist keine Allokation nötig. Für das Referenzsystem (Primärproduktion) wurden generische Datensätze genutzt, welche im Rahmen der Herstellung der betrachteten Holzprodukte eine ökonomische Allokation in der Prozesskette (von Forst über Sägewerk bis ggf. Produktherstellung) beinhalten. Detaillierte Informationen hierzu sind der jeweiligen Datensatzdokumentation zu entnehmen.

### Szenario II – Re-Pair

Für das Szenario gelten folgende Rahmenbedingungen:

- Klebstoff auf Epoxidharz-Basis
- Klebstoffverbrauch: 1 kg/m<sup>3</sup> BSH
- Transportdistanz Klebstoff: 250 km
- Transportdistanz BSH (Referenzsystem): 100 km

- Transportmittel für Klebstoff & BSH: LKW (Euro VI, A-C) mit einem maximalen Ladegewicht von 17,3 Tonnen und einer durchschnittlichen Auslastung von 55 %.

Im betrachteten Re-Pair System ist keine Allokation nötig. Für das Referenzsystem (Primärproduktion) wurden generische Datensätze genutzt welche im Rahmen der Herstellung der betrachteten Holzprodukte eine ökonomische Allokation in der Prozesskette (von Forst über Sägewerk bis ggf. Produktherstellung) beinhalten. Detaillierte Informationen hierzu sind der jeweiligen Datensatzdokumentation zu entnehmen.

### **Szenario III, IV & V – Re-Manufacture**

Es wurden drei beispielhafte Unterszenarien für die großvolumige Anwendung betrachtet, welche sich hinsichtlich der Transportdistanz zur Aufbereitung, des elektrischen Energieverbrauchs der Säge (inputbezogen) sowie der Ausbeute des Sägeprozesses folgendermaßen unterscheiden:

Tabelle 1: Parameterübersicht für Szenarien der großvolumigen Anwendung

	Default Szenario	Alternativ-Szenario 1	Alternativ-Szenario 2
Transportdistanz [km]	100	100	250
Stromverbrauch Säge [kWh/m <sup>3</sup> Input]	16	10	16
Ausbeute [%]	80	80	55

Für kleinvolumige Anwendungen wurde ein Szenario betrachtet, welches grundsätzlich dem Default Szenario im großvolumigen Bereich entspricht, aber eine geringere Ausbeute von 50 % aufweist.

Für alle betrachteten Unterszenarien sind folgende Parameter gültig:

- Aufwände für Ausbau: Als gering eingestuft und somit vernachlässigt.
- Transportmittel: LKW (Euro VI, A-C) mit einem maximalen Ladegewicht von 17,3 Tonnen und einer durchschnittlichen Auslastung von 55 %.
- Dichte Inputmaterial für Altholz-basierte Lamelle: 483,25 kg/m<sup>3</sup>.
- Elektrische Energie = Europäischer Grid Mix

Die Aufwände im der betrachteten Prozesskette (Transport + Aufbereitung) wurden vollständig der produzierten Lamelle zugeordnet. Die bei der Aufbereitung entstehenden Reststoffe verlassen das System lastenfrei. Die weitere Behandlung dieser Materialien ist nicht Teil des betrachteten Systems. Für das Referenzsystem (Primärproduktion Schnittholz) wurde ein generischer Datensatz genutzt welcher im Rahmen der Herstellung eine ökonomische

Allokation in der Prozesskette (von Forst bis Sägewerk) beinhaltet. Detaillierte Informationen hierzu sind der entsprechenden Datensatzdokumentation zu entnehmen.

Für die Sensitivitätsanalyse wurde das Default Szenario für großvolumige Anwendungen als Ausgangspunkt herangezogen. In weiterer Folge wurden die relevanten Parameter jeweils einzeln nach dem folgenden Schema variiert:

- Transportdistanzen im Intervall 0 bis 500 km.
- Stromverbrauch Säge im Intervall 8 bis 26 kWh/m<sup>3</sup> Input.
- Ausbeute im Intervall 50 bis 95 %.

### **Szenario VI – Manufacture**

Es wurde davon ausgegangen, dass die Aufwände für die Herstellung des Produkts (BSH bzw. Parkett) unabhängig vom Anteil der eingesetzten Altholz-basierten Lamellen sind. Diese Aufwände wurden im Rahmen der vorliegenden Bilanzierung nicht direkt erhoben, sondern rechnerisch ermittelt (siehe nachfolgendes Kapitel).

Zur Herstellung der betrachteten Produkte wird von folgendem Input an Lamelle bzw. Schnittholz ausgegangen:

- Träger (BSH): 1,35 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.
- Mittellage Parkett: 5,29 kg/m<sup>2</sup>.

Für die Berechnung des Szenarios ist keine Allokation in den Vordergrunddaten erforderlich. In den generischen Hintergrunddaten des Schnittholzes sowie den Herstellungsprozessen von BSH bzw. Parkett sind ökonomische Allokationsprozesse berücksichtigt. Detaillierte Informationen hierzu sind der jeweiligen Datensatzdokumentation zu entnehmen. Wie in der Sachbilanz für Szenario III, IV & V beschreiben erfolgt auch bei der Herstellung der Altholz-basierten Lamellen eine Allokation.

## **2.3 Wirkungsabschätzung (Berechnung)**

Im folgenden Kapitel werden die durchgeführten Berechnungen im Rahmen der Wirkungsabschätzung erläutert.

### **Szenario I – Re-Use**

Die Wirkungsindikatoren wurden mit der Bilanzierungssoftware LCAfE für den LKW-Transport von einem Kilogramm über eine Distanz von einem Kilometer (1 kgkm) berechnet und in weiterer Folge mittels Multiplikation mit der Dichte und den entsprechenden Transportdistanzen umgerechnet. Weiters wurden die Wirkungsindikatoren für die Herstellung von 1 m<sup>3</sup> des jeweiligen Referenzprodukts in den unterschiedlichen Unterszenarien ermittelt.

### **Szenario II – Re-Pair**

Die Wirkungsindikatoren für die Herstellung von 1 m<sup>3</sup> BSH bzw. 1 kg Klebstoff wurden mit der Bilanzierungssoftware LCAfE ermittelt. Darüber hinaus wurden die Wirkungsindikatoren für den LKW-Transport von einem Kilogramm über eine Distanz von einem Kilometer (1 kgkm) berechnet und in weiterer Folge mittels Multiplikation mit der Dichte (BSH) bzw. dem Verbrauch (Klebstoff) und den entsprechenden Transportdistanzen umgerechnet und dem jeweiligen System (Re-Pair bzw. Referenz) zugeordnet.

### **Szenario III, IV & V – Re-Manufacture**

Die Berechnung der Wirkungsindikatoren für 1 m<sup>3</sup> Altholz-basierte Lamelle erfolgte direkt mittels der eingesetzten Bilanzierungssoftware unter Berücksichtigung der relevanten Parameter. Für die kleinvolumige Anwendung wurde eine Umrechnung auf 1 kg (mittels Division durch die Dichte) durchgeführt. Darüber hinaus wurden die Wirkungsindikatoren für die Herstellung von 1 m<sup>3</sup> Schnittholz ermittelt und für die Betrachtung der kleinvolumigen Anwendung ebenfalls um 1 kg umgerechnet.

Für die Sensitivitätsanalyse wurde der in LCAfE integrierte Parameter-Explorer genutzt um ausgehend vom Default Szenario die in Kapitel 2.2 beschriebenen Intervalle zu implementieren und die damit zusammenhängenden Wirkungsindikator-Ergebnisse zu ermitteln.

### **Szenario VI – Manufacture**

Es erfolgte eine Berechnung der Wirkungsindikatoren einerseits für den benötigten Holz-Input (Altholz-Lamellen bzw. Schnittholz) und andererseits für die Herstellungsprozesse von BSH bzw. Parkett. Diese zwei Komponenten wurden in weiterer Folge summiert, um die Gesamtergebnisse für 1 m<sup>3</sup> BSH bzw. 1 m<sup>2</sup> Parkett zu erhalten.

Für die Lamellen wurden die Werte aus dem Szenario III, IV & V übernommen, und für das Schnittholz entsprechende generische Daten herangezogen. Beide Indikatoren-Sets wurden in weiterer Folge mit dem entsprechenden Verbrauch pro funktioneller Einheit (vgl. Kapitel 2.2) multipliziert. Die Belastungen für die Produktherstellungen wurden rechnerisch ermittelt, da weder entsprechende Primärdaten noch ein passender generischer Datensatz verfügbar waren. Dies erfolgte durch Subtraktion der Indikatorergebnisse der jeweils relevanten Menge an Schnittholz (primärer Holzinput) von den Indikatorergebnissen für 1 m<sup>3</sup> BSH bzw. 1 m<sup>2</sup> Parkett.

## **2.4 Auswertung & Diskussion**

### **Szenario I – Re-Use**

In Abbildung 2 sind die (relativen) Belastungen für den Transport von 1 m<sup>3</sup> Produkt über eine Strecke von 100 km denen der Herstellung von 1 m<sup>3</sup> Produkt gegenübergestellt. Beide Werte werden jeweils als Referenzwert (100 %) herangezogen. Da der Indikator GWP Iuluc auf

Grund der generischen Datengrundlage für die Herstellung keine Werte ausweist, ist dieser in der Abbildung nicht dargestellt.

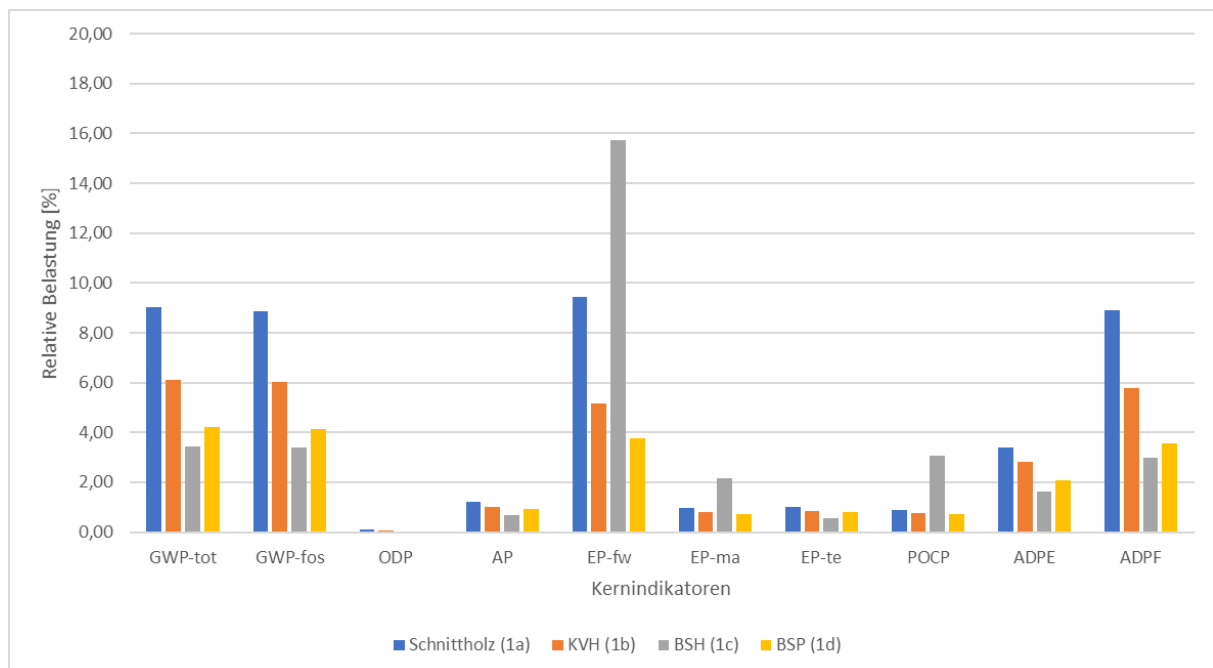


Abbildung 2: Relative Umweltbelastung von 100 km Transport in Vergleich zur Produktherstellung

Es zeigt sich, dass die Belastungen für den Transport deutlich geringer sind als jene der Herstellung. Mit einer Ausnahme liegen sie durchwegs unter 10 %, oftmals sogar im Bereich von 1% oder darunter.

Grundsätzlich kann für jedes Produkt und jeden Wirkungsindikator eine Transportdistanz ermittelt werden, bei der die Belastungen genau jenen der Herstellung entsprechen. Diese Distanz kann als die maximale zusätzliche Transportdistanz die – rein ökologisch betrachtet – ein Re-Use noch sinnvoll erscheinen lässt, betrachtet werden. Für den Indikator GWP total beträgt diese maximale Transportdistanz:

- Bauholz/Schnittholz: 1109 km
- KVH: 1637 km
- BSH: 2906 km
- BSP: 2377 km

Erwartungsgemäß zeigt sich, dass im Bereich der stärker verarbeiteten Produkte BSH und BSP von denen grundsätzlich höhere Umweltbelastungen ausgehen, höhere Maximaldistanzen erreicht werden. Die hier dargestellten Werte sollten grundsätzlich als Orientierung angesehen werden, da sie einerseits von den genauen Transportgegebenheiten (Transportmittel, Auslastung etc.) abhängen und andererseits von der Referenz, die für die Produktherstellung herangezogen wird. Je höher die Belastungen für die Herstellung des

Produktes sind, dass zum Einsatz kommen würde, sofern kein Re-Use durchgeführt wird, desto höher darf die potenzieller Re-Use Transportdistanz sein, ohne den ökologischen Vorteil zu verlieren.

### **Szenario II – Re-Pair**

In Abbildung 3 sind die relativen Umweltbelastungen des Re-Pair Systems (Herstellung und Anlieferung des Klebstoffs) im Vergleich zum Referenzsystem (Herstellung und Anlieferung eines neuen BSH-Trägers) dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass die Werte für alle Kernindikatoren unter 10 % liegen, in einigen Fällen (beispielsweise für die Indikatoren AP, POCP und WDP) sogar unter 1%.

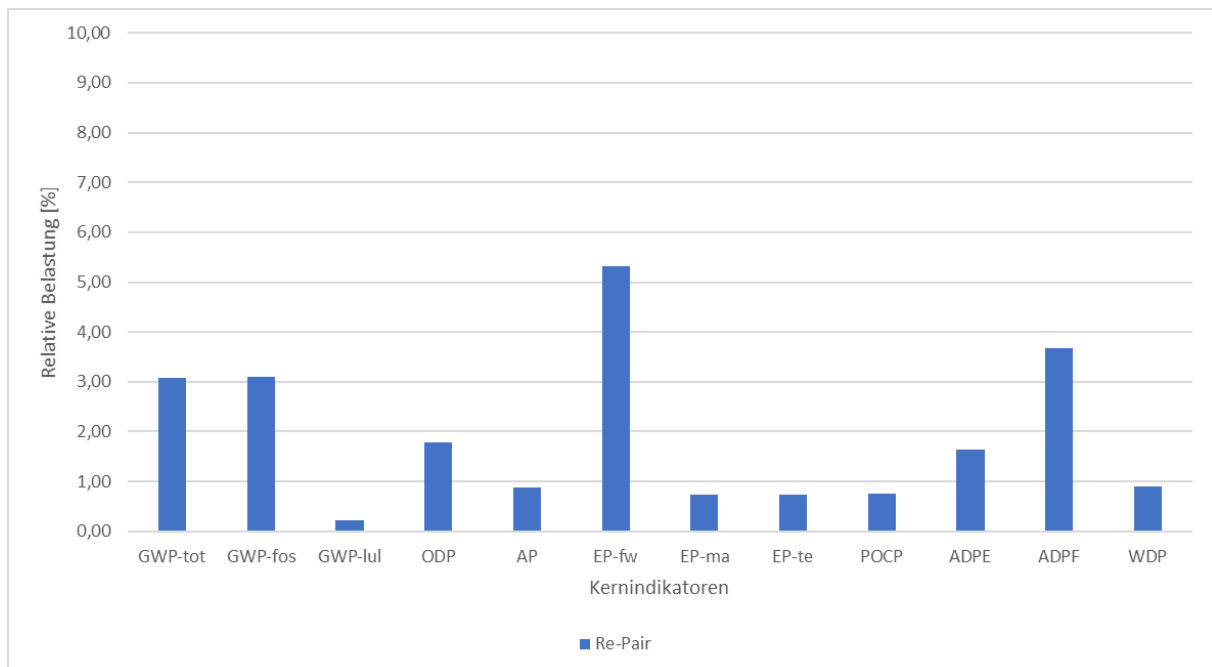


Abbildung 3: Relative Umweltbelastung des Re-Pair Systems im Vergleich zum Referenzszenario

### **Szenario III, IV & V – Re-Manufacture**

In Abbildung 4 sind die Ergebnisse der untersuchten Szenarien dargestellt wobei die Primärproduktion des potenziell substituierten Schnittholzes als Referenz (100 %) vermerkt ist. Für die Szenarien der großvolumigen Anwendung betragen die relativen Belastungen je nach Rahmenbedingung der verschiedenen Unterszenarien und des betrachteten Indikators zwischen 2,22 und 40,65 %. Für den kleinvolumigen Bereich liegen die Werte zwischen 4,39 und 38,74 %. Daraus kann geschlossen werden, dass unter den im Rahmen dieser Untersuchung berücksichtigten Rahmenbedingungen – inkl. der damit ausgewählten

generischen Datensätze – der Einsatz Altholz-basierter Lamellen ökologisch vorteilhafter ist als die Nutzung von (Primär-)Schnittholz.

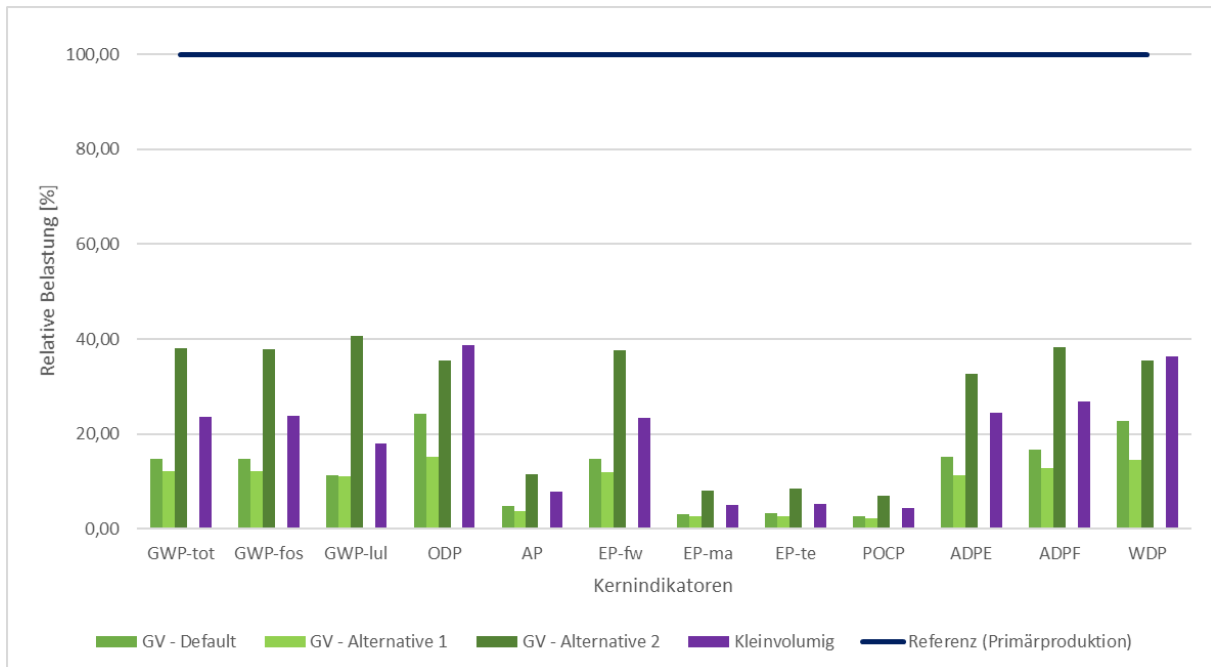


Abbildung 4: Umweltbelastung Altholz-basierter Lamellen im Vergleich zu (Primär-)Schnittholz

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse, ausgehend vom Default Szenario im großvolumigen Bereich sind, in Abbildung 5, Abbildung 6 & Abbildung 7 dargestellt. Für die Transportdistanz sowie den Stromverbrauch ist erkennbar, dass grundsätzlich ein linearer Zusammenhang zwischen den einzelnen Parametern und den Ergebnissen der Indikatoren besteht. Die Transportdistanz zeigt den größten Einfluss für die Indikatoren GWP luluc, EP terrestrial sowie GWP total, während der Stromverbrauch vorrangig die Indikatoren ODP und WDP beeinflusst.

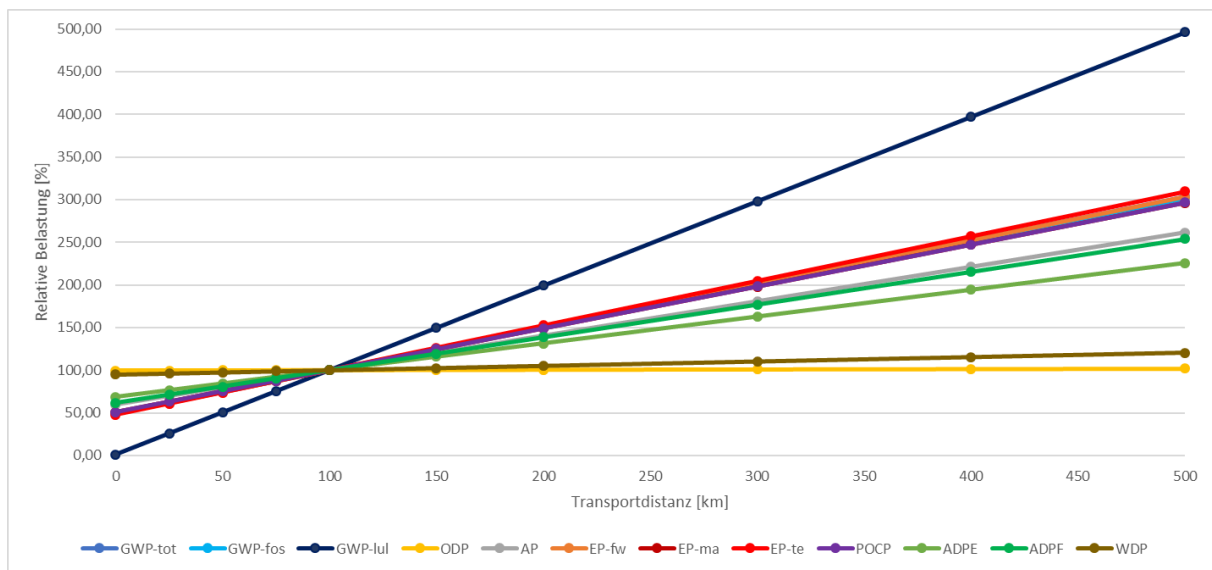


Abbildung 5: Sensitivitätsanalyse – Variation Transportdistanz zur Aufbereitung

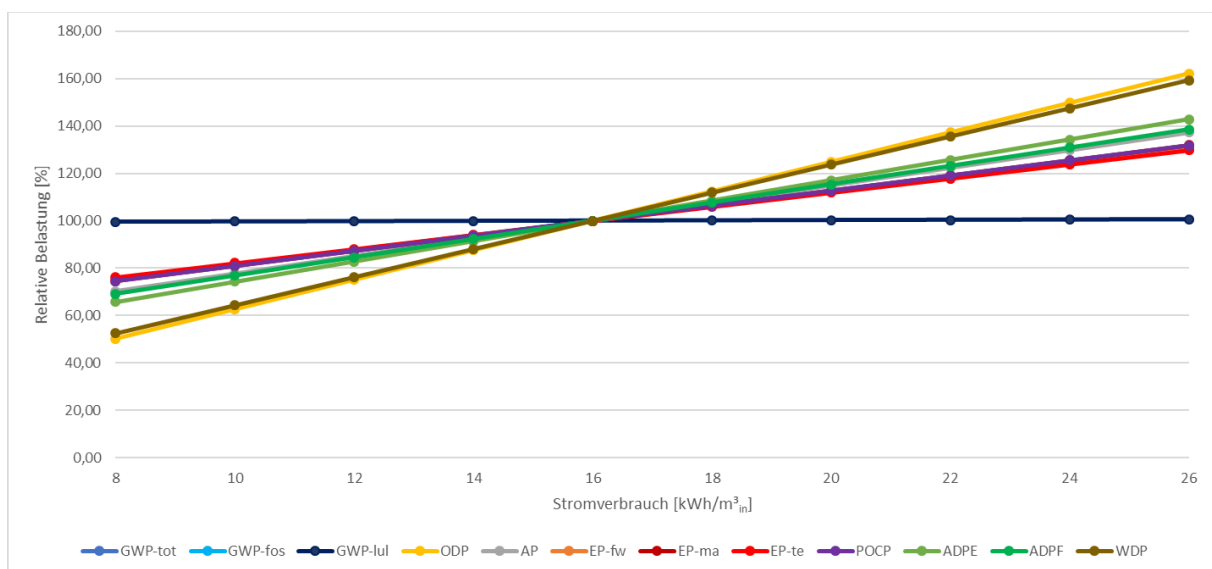


Abbildung 6: Sensitivitätsanalyse – Variation Inputbezogener Stromverbrauch der Säge

Für die Ausbeute zeigt sich ein abweichendes Bild. Einerseits ist der Zusammenhang zwischen dem Parameter-Wert und den Indikator-Ergebnissen nicht linear und andererseits ist erkennbar, dass der Verlauf für alle Indikatoren ident ist. Dies ist damit zu begründen, dass eine Änderung der Ausbeute die Belastungen des Transports sowie des Strombedarfs gleichermaßen verändert und diese zwei Parameter die einzigen Einflussfaktoren für das Gesamtergebnis sind. Bei einer Senkung der Ausbeute (z.B. von 80 auf 60 %) muss einerseits mehr Material angeliefert werden, um die gewünschte Menge an Output zu erhalten (1,67 m<sup>3</sup> statt 1,25 m<sup>3</sup> Input für 1 m<sup>3</sup> Output) und andererseits wird dadurch auch der Stromverbrauch um denselben Faktor) erhöht, da dieser je m<sup>3</sup> (inputbezogen) konstant ist.

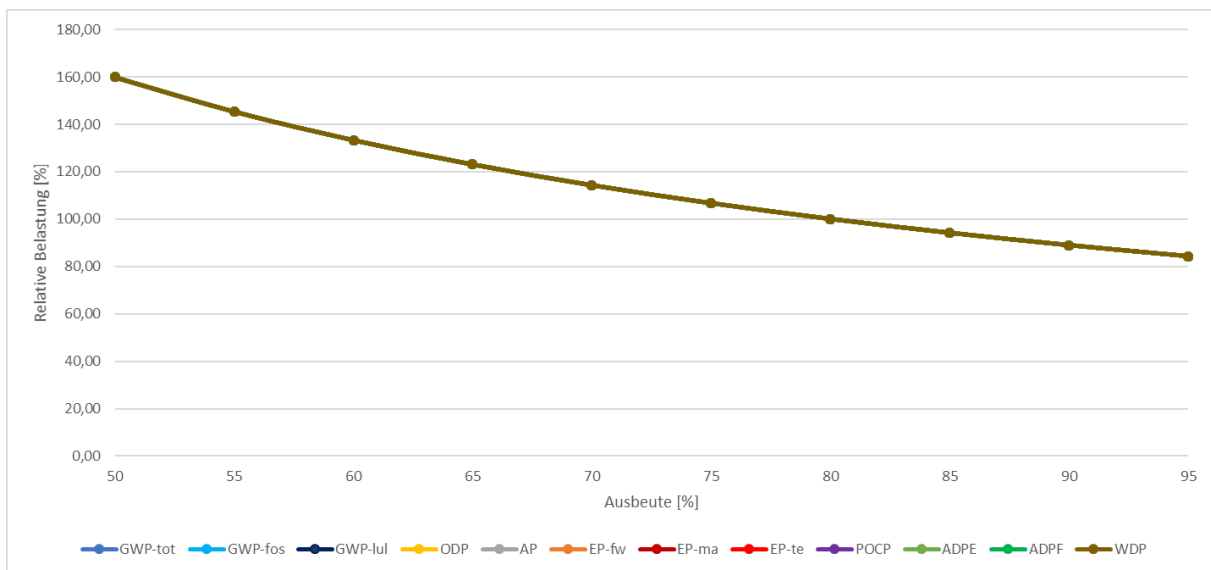


Abbildung 7: Sensitivitätsanalyse – Variation Ausbeute

Aus dieser Betrachtung können auch absolute Änderungen für die einzelnen Indikatoren berechnet werden. Während dies für die Transportdistanz und den Stromverbrauch der Säge konstante Werte je Einheit (km bzw. kWh) sind, muss für die Ausbeute eine lineare Approximation durchgeführt werden, um einen Wert je Prozent zu erhalten. Für den Indikator GWP total lassen sich z.B. folgende Werte ableiten:

- 0,062 kg CO<sub>2</sub>-äq./km Transport
- 0,374 kg CO<sub>2</sub>-äq./kWh Strom
- 0,128 kg CO<sub>2</sub>-äq./% Ausbeute zwischen 80 und 95 %
- 0,209 kg CO<sub>2</sub>-äq./% Ausbeute zwischen 50 und 80 %

Abschließend muss berücksichtigt werden, dass es sowohl für die Einflussgröße Transport als auch Energieverbrauch Säge neben den hier betrachteten Änderungen auch noch andere potenzielle Rahmenbedingungen gibt, die nicht genauer betrachtet wurden. Für den Transport sind dies u.a. die grundsätzliche Wahl des Transportmittels, die EURO-Klasse (bei LKWs), die maximale Transportmenge sowie die Auslastung. Für den Energieverbrauch der Säge spielt neben dem Verbrauch an sich auch der im Hintergrund berücksichtigte Strom-Mix eine signifikante Rolle für die Umweltbelastungen.

### **Szenario VI – Manufacture**

Die Ergebnisse der Manufacture Szenarien – mit 0 %, 50 % bzw. 100 % Altholz-Lamelle – für BSH bzw. die Mittelage in Mehrschichtparkett sind in Abbildung 8 bzw. Abbildung 9 dargestellt.

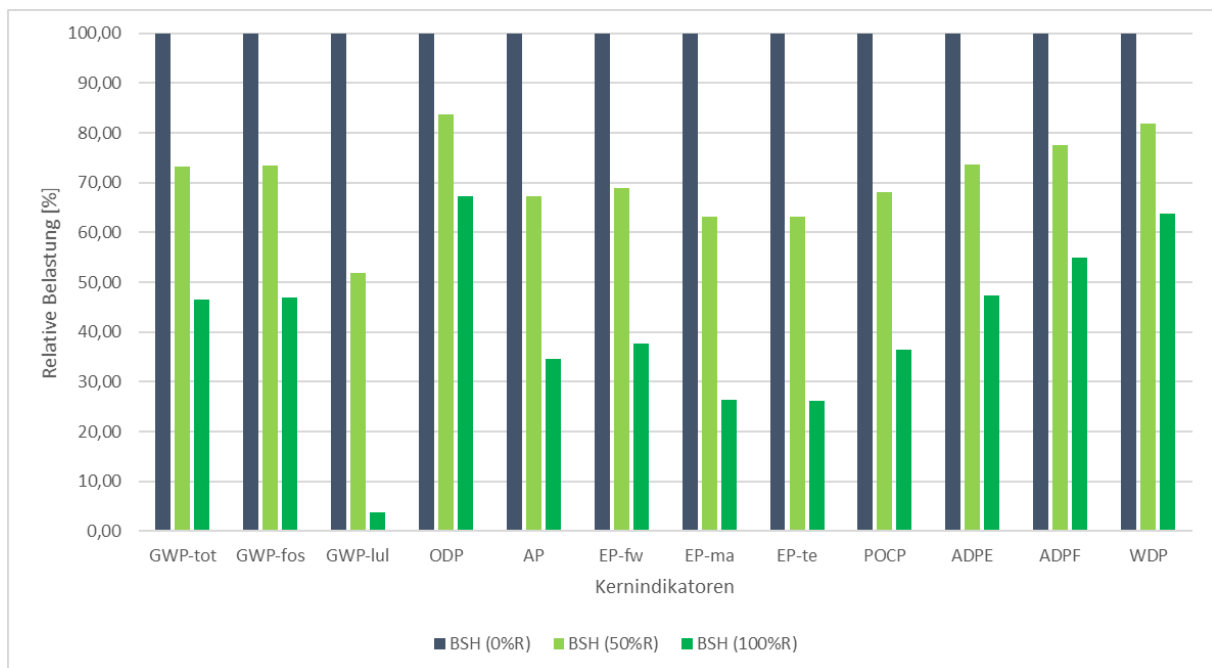


Abbildung 8: Umweltbelastung BSH mit unterschiedlichen Anteilen an Altholz-Lamellen

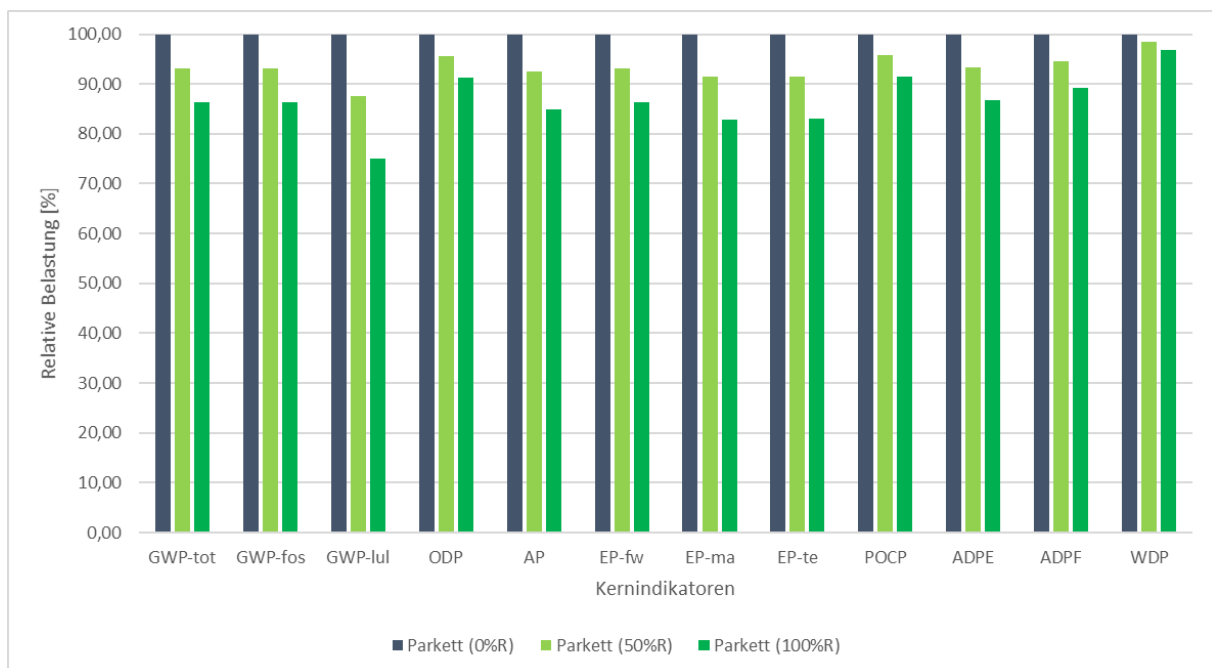


Abbildung 9: Umweltbelastung Mehrschichtparkett mit unterschiedlichen Anteilen an Altholz-Lamellen in der Mittellage

## 2.5 Abfallbezogene Bewertung

### 2.5.1 Methodische Grundlagen

#### 2.5.1.1 Funktionale Einheit

Die Funktionale Einheit für die Betrachtung wurde mit der Entsorgung von 1 kg Träger (BSH) festgelegt.

#### 2.5.1.2 Bewertungsszenarien und Systemgrenzen

Das Ziel der Bewertung ist die Beantwortung der Frage:

***Welche Umweltbelastungen sind mit verschiedenen EoL-Optionen für Altholz-Träger (aus BSH) unter Berücksichtigung verschiedener Geographien und Bewertungsansätze verbunden?***

Es wurden exemplarisch drei verschiedene EoL-Optionen untersucht, wobei in Summe fünf Bewertungsszenarien analysiert wurden da für die Verbrennung (und die damit verbundenen Gutschriften) mehrere geographische und bewertungstechnische Rahmenbedingungen inkludiert wurden:

- Re-Use (Geographie: Europa (RER), Bewertungsmethode: Bau EPD/AT)
- Re-Manufacture (Geographie: Europa (RER), Bewertungsmethode: Bau EPD/AT)
- Verbrennung (Geographie: Österreich (AT), Bewertungsmethode: Bau EPD/AT)
- Verbrennung (Geographie: Europa (RER), Bewertungsmethode: Bau EPD/AT)
- Verbrennung (Geographie: Niederlande (NL), Bewertungsmethode: NMD/NL)

Die betrachteten Szenarien umfassen den Ausbau des Trägers, den Abtransport von der Baustelle und etwaige Abfallbehandlungsprozesse. Zusätzlich werden auch die mit den Outputs des Systems im Zusammenhang stehenden Gutschriften berücksichtigt.

#### 2.5.1.3 Datengrundlage

Die durchgeführten Berechnungen basieren auf generischen Daten. Als Datenquelle wurde dabei die *MLC-Datenbank (Version 2024.2)* genutzt. Für das Szenario Re-Manufacture werden darüber hinaus die Methoden aus Kapitel 2.1 dieses Berichts herangezogen.

#### 2.5.1.4 Methode der Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung erfolgte mittels der Ökobilanzierungssoftware *LCA for Experts (LCAfE)* basierend auf der dort verfügbaren Methodik *EN 15804 + A2 (based on EF 3.1)*. Grundsätzlich wurde alle Kernindikatoren berücksichtigt wobei für das Treibhauspotential der biogene Anteil (GWP Biogen) ausgeklammert und auch nicht in der Summe (GWP total) berücksichtigt wurde. Dies ist damit zu begründen, dass somit der Fokus auf die prozessbedingten Umweltbelastungen gelegt wird und nicht von materialinhärenten Eigenschaften des Altholzes (Feuchte, Dichte etc.) abhängen soll. Auf eine weitere

„Aufbereitung“ der Indikatorwerte mittels Normierung, Ordnung bzw. Gewichtung wurde verzichtet.

## 2.5.2 Sachbilanz

Nachfolgend sind die Sachbilanzdaten für die jeweiligen Szenarien angeführt. Darüber hinaus wird, sofern relevant, auch das Thema Allokation behandelt.

### **Allgemein gültig (alle Szenarien)**

- Aufwände für Ausbau: Als gering eingestuft und somit vernachlässigt.
- Transportmittel: LKW (Euro IV) mit einem maximalen Ladegewicht von 11,4 Tonnen und einer durchschnittlichen Auslastung von 53 %.
- Transportdistanz: 100 km.
- Dichte BSH Träger: 483 kg/m<sup>3</sup>

### **Re-Use**

Es wurde davon ausgegangen, dass der Träger ohne zusätzliche Aufbereitung direkt wiederverwendet werden kann. Für die Gutschriften wurde die Substitution eines mit Primärrohstoffen hergestellten BSH-Träger angesetzt.

### **Re-Manufacture**

Es wurde das Default-Szenario für Re-Manufacture aus Kapitel 2.1 dieses Berichts angesetzt. Hinsichtlich der Gutschriften wurde für das rückgewonnene Holz eine Substitution von Schnittholz aus Primärproduktion berücksichtigt. Für die Energie aus den Reststoffen der Aufbereitung, welche in einer Müllverbrennungsanlage (Geographie: RER) thermisch verwertet werden, wurde die Substitution elektrischer Energie (Grid Mix, Geographie: RER) sowie thermischer Energie (aus Erdgas, Geographie: RER) berücksichtigt.

### **Verbrennung AT**

Es wurde eine Verbrennung in einer Müllverbrennungsanlage bilanziert. Dabei handelt es sich um eine Annäherung über einen deutschen Prozess, da kein spezifischer Prozess für Österreich verfügbar war. Hinsichtlich der Gutschriften wurde für die im Rahmen der Verbrennung erzeugte Energie, die Substitution elektrischer Energie (Grid Mix, Geographie: AT) sowie thermischer Energie (aus Erdgas, Geographie: AT) berücksichtigt.

### **Verbrennung RER**

Es wurde eine Verbrennung in einer Müllverbrennungsanlage (Geographie: RER) bilanziert. Hinsichtlich der Gutschriften wurde für die im Rahmen der Verbrennung erzeugte Energie, die Substitution elektrischer Energie (Grid Mix, Geographie: RER) sowie thermischer Energie (aus Erdgas, Geographie: RER) berücksichtigt.

## Verbrennung (NL)

Es wurde eine Verbrennung in einer Müllverbrennungsanlage bilanziert. Dabei handelt es sich um eine Annäherung über einen europäischen Prozess, da für die Niederlande kein spezifischer Prozess verfügbar war. Hinsichtlich der Gutschriften wurde für die im Rahmen der Verbrennung erzeugte Energie, die Substitution elektrischer Energie (aus fester Biomasse, Geographie: AT) sowie thermischer Energie (aus fester Biomasse, Geographie: AT) berücksichtigt.

### 2.5.3 Wirkungsabschätzung (Berechnung)

Die Berechnungen der Wirkungsabschätzung wurden grundsätzlich für alle Szenarien direkt in der Ökobilanzierungssoftware LCAfE durchgeführt.

### 2.5.4 Auswertung & Diskussion

In Abbildung 10 ist eine Übersicht der Umweltbelastungen aller EoL-Szenarien dargestellt. Das Re-Use Szenario wurde dabei als Referenzwert (100 %) festgelegt. Werte <0 stellen dabei in Summe einen positiven Umwelteffekt dar.

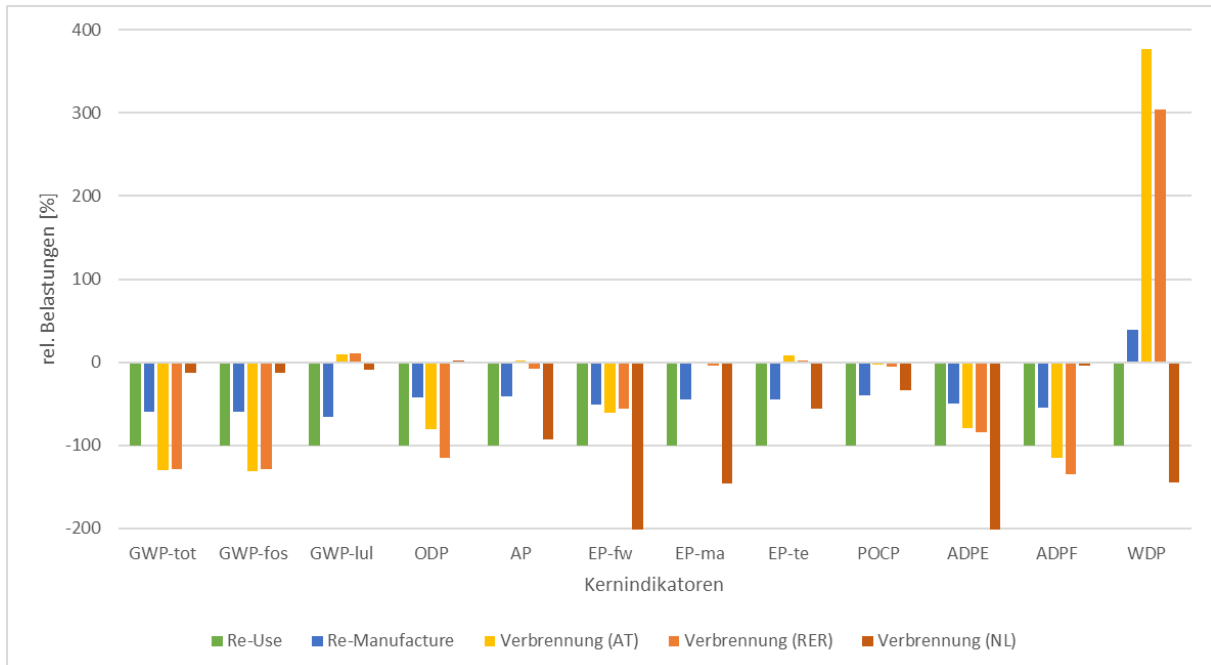


Abbildung 10: Umweltbelastungen verschiedener EoL-Option für Träger (BSH)

Da sich hierbei ein sehr heterogenes Bild zeigt, vor allem was den Vergleich zwischen den Material-fokussierten Optionen (Re-Use bzw. Re-Manufacture) auf der einen und den Energie-fokussierten Verbrennungs-Optionen auf der anderen Seite betrifft, werden die Ergebnisse

nachfolgend für alle Indikatoren im Einzelnen beschrieben. Die Unterschiede innerhalb der verschiedenen Verbrennungs-Szenarien sind grundsätzlich in allen Fällen über die Gutschriften für die substituierte Energie zu erklären. Dabei sind die Ergebnisse für AT und RER in vielen Fällen relativ ähnlich, die Unterschiede ergeben sich aus dem leicht abweichenden Verhältnis von elektrischer und thermischer Energie und den Abweichungen in den Indikatorergebnissen pro kWh, wobei auch diese vergleichsweise gering sind. Die großen Unterschiede zu Verbrennung (NL) lassen sich damit begründen, dass in diesem Szenario die gewonnene Energie zur Substitution von elektrischer und thermischer Energie aus fester Biomasse genutzt wird und dementsprechend im Vergleich zu der Erzeugung für den Grid Mix (elektrisch) bzw. Erdgas (thermisch) sehr unterschiedliche Prozess-Vorketten berücksichtigt werden, mit denen andere Ressourcenverbräuche bzw. Emissionen verbunden sind.

**GWP total:** Auf Grund der Gutschriften aus der Substitution fossiler Energieträger, stellen sich die Szenarien Verbrennung (AT) und Verbrennung (RER) als vorteilhafteste Optionen heraus.

In Abbildung 11 findet sich eine detaillierte Darstellung wie sich der Indikator GWP total für jedes der betrachteten Szenarien zusammensetzt.

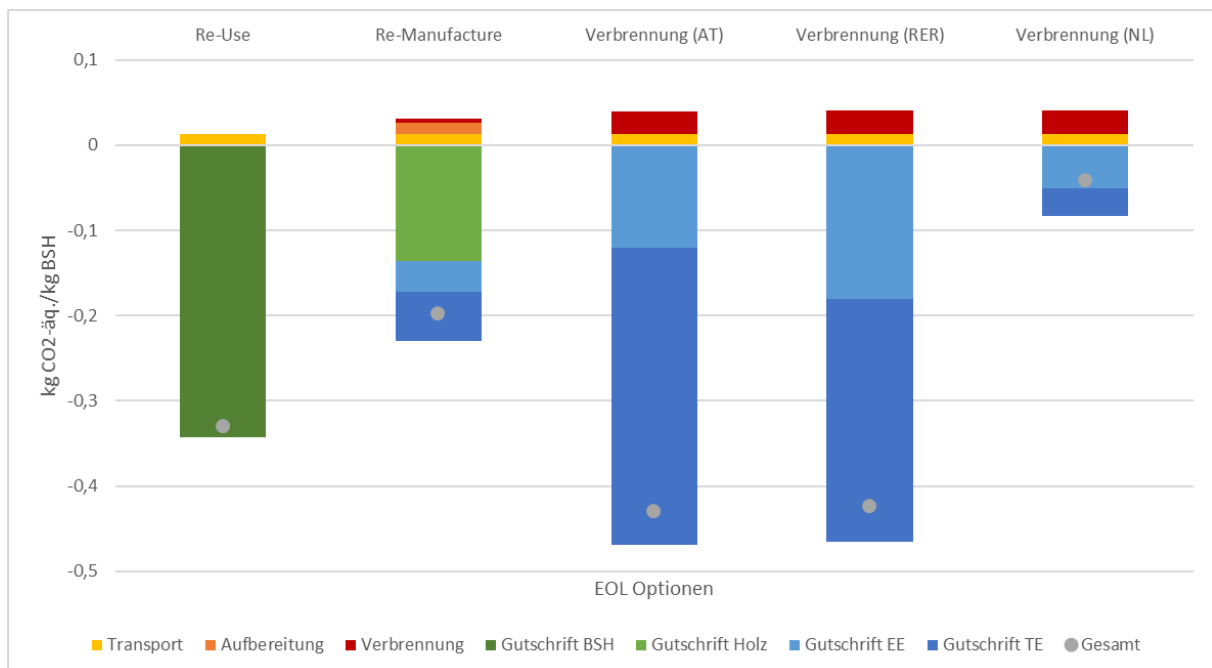


Abbildung 11: Detaillierte Darstellung des Indikators GWP total für das EoL von 1 kg BSH

**GWP fossil:** Da die Resultate des Indikators GWP total fast ausschließlich aus jenen des Indikators GWP fossil bestehen, sind die Trends dieses Indikators praktisch ident, zu jenen die an der entsprechenden Stelle (siehe oben) beschrieben sind.

GWP luluc: Die Gutschriften aus dem Ersatz primärer Holzprodukte, bei deren Herstellung es zu Emissionen der Landnutzung bzw. -änderung kommt, stellen den treibenden Faktor dar und lassen somit die Material-fokussierten Option deutlich vorteilhafter aussteigen.

ODP: Die elektrische Energie (Grid Mix) stellt für diesen Indikator den treibenden Faktor dar. Daher erzielen die Szenarien der Verbrennung, wo deren Substitution berücksichtigt sind, die vorteilhaftesten Ergebnisse.

AP: Für diesen Indikator stellen die Szenarien Re-Use sowie Verbrennung (NL) die besten Optionen dar. Das Re-Manufacture Szenario übertrifft, die weiteren Verbrennungs-Szenarien.

EP freshwater: Das Szenario Verbrennung (NL) schneidet hinsichtlich dieses Indikators mit Abstand am besten ab. Dafür verantwortlich sind die Gutschriften aus der Substitution der Energie basierend auf fester Biomasse.

EP marine: Für diesen Indikator stellen die Szenarien Verbrennung (NL) sowie Re-Use die besten Optionen dar. Das Re-Manufacture Szenario übertrifft, die weiteren Verbrennungs-Szenarien.

EP terrestrial: Das Re-Use Szenario, stellt für diesen Indikator die vorteilhafteste Option dar. Primär Grund hierfür sind die Gutschriften aus dem Ersatz des Primär-BSHs.

POCP: Die Gutschriften aus dem Ersatz primärer Holzprodukte, stellen den treibenden Faktor dar und lassen somit die Material-fokussierten Option am besten aussteigen.

ADPE: Das Szenario Verbrennung (NL) schneidet hinsichtlich dieses Indikators mit Abstand am besten ab. Dafür verantwortlich sind die Gutschriften aus der Substitution der Energie basierend auf fester Biomasse.

ADPF: Auf Grund der Gutschriften aus der Substitution fossiler Energieträger, stellen sich die Szenarien Verbrennung (AT) und Verbrennung (RER) als vorteilhafteste Optionen heraus.

WDP: Der Verbrennungsprozess stellt für diesen Indikator den treibenden Faktor dar. Aus diesem Grund schneidet das Szenario Re-Use, bei dem es keinen solchen Prozess gibt, vorteilhaft ab. Das Szenario Verbrennung (NL) schneidet trotzdem ebenfalls vorteilhaft ab, da hier die Substitution der Energie aus fester Biomasse die Belastungen der Verbrennung übersteigt.

## 2.6 Ökologische Bewertung von Holzkreisläufen

### 2.6.1 Erkenntnisse der TimberLoop Bewertungen

Es wurden verschiedene Szenarien der Holz-Kreislaufführung untersucht. Im Rahmen der produktbezogenen Bewertungen konnte gezeigt werden, dass Produkte, welche wiederverwendet werden (Re-Use) bzw. als Einsatzstoffe Sekundärmaterialien einsetzen, welche aus dem Re-Manufacture von Altholz entstehen, aus ökologischer Sicht Vorteile gegenüber „Standardprodukten“ aus Primärproduktion aufweisen. Die relevanten Einflussgrößen hinsichtlich der Charakterisierung dieser Kreisläufe sind dabei einerseits der Altholz-Transport und andererseits die Aufwände im Rahmen der Aufbereitung und die dabei erzielte Ausbeute. Da es sich hierbei um Einflussgrößen handelt, welche grundsätzlich stark von den Rahmenbedingungen (z.B. Altholzherkunft & -zustand aber auch Art und Ort der Aufbereitung) abhängen und dementsprechend variieren können, sind allgemein gültige Aussagen vergleichsweise schwer zu treffen.

Auch für den Prozess der in-situ Reparatur (Re-Pair) konnten signifikante ökologische Vorteile im Vergleich zu einem Austausch festgestellt werden. Obwohl der in der Bilanzierung berücksichtigte Klebstoffverbrauch nur eine Annahme darstellt und dieser in der Realität abweichen kann, ist auf Grund der Ergebnisse davon auszugehen, dass ein ökologischer Vorteil unter (nahezu) jeglichen Rahmenbedingungen gegeben ist.

Aus prozessbezogener Sicht (Vergleich verschiedener EoL-Optionen), konnten die Vorteile einer „hochwertigen“ Kreislaufführung ebenfalls dargestellt werden. Vor allem die Wiederverwendung von weiterverarbeiteten Altholz-Produkten (z.B. Träger aus BSH), erwies sich als besonders erstrebenswert, da hierbei nicht nur die Herstellung von Primärholz (Schnittholz), sondern die gesamte Produktionskette bis zum fertigen Produkt „vermieden“ werden kann. Allerdings liefert der Vergleich mit der, aus kreislaufwirtschaftlicher Sicht nachrangigen, Option der thermischen Verwertung, zum Teil Ergebnisse, die nicht dem weitgehend akzeptierten Grundsatz entsprechen, dass eine stoffliche Nutzung bzw. eine Wiederverwendung der energetischen Verwertung vorzuziehen ist. Grund hierfür ist die aktuelle Methodik zur Berücksichtigung der Vorteile und Lasten außerhalb der Systemgrenzen (Modul D) – siehe dazu auch Kapitel 2.6.3.

### 2.6.2 Lücken & Schwachstellen

Basierend auf den Ergebnissen der durchgeführten Berechnungen sowie den Erkenntnissen aus einer dazugehörigen Recherche konnten u.a. die folgenden Problemfelder bei der ökologischen Bewertung von Holzkreisläufen identifiziert werden.

### **Abbildung der Vorteile einer Kreislaufführung mittels Ökobilanzierung**

Die Ökobilanz ist in ihrem Kern keine Methode zur Bewertung von kreislaufbasierten Prozessen, sondern orientiert sich in ihrer Struktur an einer linearen Denkweise. Daher ist es üblich zusätzlich zu einer Ökobilanz auch eine separate Bewertung kreislaufwirtschaftlicher Aspekte vorzunehmen. Über das System der Vorteile und Lasten außerhalb der Systemgrenzen (im Baubereich als Modul D bekannt), wurde allerdings eine Möglichkeit geschaffen Aspekte des EoL und auch einer Kreislaufführung zu berücksichtigen. Kernprinzip hierbei ist, dass für die am Lebensende produzierten Outputs – dies können Materialien aber auch Energie sein – sogenannten „Gutschriften“ berücksichtigt werden. Dabei handelt es sich um Aufwände, die vermieden werden, weil die EoL-Outputs stattdessen zum Einsatz kommen. Vor allem beim Indikator GWP (CO<sub>2</sub>-äq.), welcher oftmals als zentraler Wert einer Ökobilanzierung kommuniziert wird, führt die Berücksichtigung dieser Gutschriften zu Ergebnissen, die nicht den kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien und auch nicht der Abfallhierarchie laut EU Abfallrahmenrichtlinie [3] entsprechen. Hierfür gibt es mehrere Gründe, u.a. die Tatsache, dass Holzprodukte in ihrer (Primär-)Herstellung relativ geringe Treibhausgasemissionen verursachen und somit im Rahmen der Substitution auch nur vergleichsweise geringe Gutschriften berücksichtigt werden. Auf der anderen Seite ist es üblich die Energie, welche im Rahmen der thermischen Verwertung produziert wird, mit dem Strommix einer gewissen Region sowie der Produktion von thermischer Energie basierend auf Erdgas gegenzurechnen. Diese Prozesse sind mit signifikanten CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden und liefern somit für die Bilanzierung entsprechend hohe Gutschriften.

### **Berücksichtigung der Lebensdauer (inkl. Kohlenstoffspeicherung)**

Klassische Ökobilanzen (auf Produktebene) berücksichtigen die Nutzungs- bzw. Lebensdauer nicht direkt. Eine indirekte Berücksichtigung über die Definition der funktionalen Einheit ist grundsätzlich möglich, wird in der Praxis aber im überwiegenden Ausmaß nicht praktiziert. Somit wird der tatsächliche Zeitpunkt der EoL-Behandlung nicht quantitativ berücksichtigt, zum Teil ist dieser zum Zeitpunkt der Berechnung auch (noch) nicht vorhersehbar. Dies bedeutet außerdem, dass im Fall von gespeichertem Kohlenstoff die Dauer der Speicherung bzw. dessen Freisetzungszeitpunkt am EoL nicht miteinbezogen werden kann. Das Thema biogener Kohlenstoff und der damit verbundene Indikator GWP biogen haben ohnehin eine Art Sonderstellung im Rahmen der aktuellen Regelungen für Ökobilanzierung. In der aktuell angewandten Methode nach EN 15804 wird grundsätzlich von einer neutralen Bilanz bezüglich dem im Produkt gespeicherten biogenen Kohlenstoff ausgegangen. Jene Menge, die im Produkt vorhanden ist und als negatives GWP biogen im Modul A1-A3 berücksichtigt wird, muss am Lebensende (Modul C) unabhängig von der tatsächlichen EoL-Behandlung aus dem betrachteten System ausgebucht werden (-1/+1 Ansatz). Somit werden hierbei nicht die tatsächlichen Kohlenstoffflüsse dargestellt und die Auswahl einer bestimmten EoL Option hat auf den Indikator GWP biogen keinen Einfluss. Andere Methoden (z.B. der Product Environmental Footprint (PEF) der EU) verzichten standardmäßig auf eine Berücksichtigung

biogener Kohlenstoffflüsse im Rahmen der Wirkungsabschätzung (0/0 Ansatz). Auch hier kann somit die Tatsache, dass der Kohlenstoff bei Re-Use oder Re-Manufacture nicht in die Atmosphäre freigesetzt wird, nicht über die Ökobilanz abgebildet werden. Die Vorteile einer kaskadischen Holznutzung, welche neben der Ressourcenschonung auch eine verzögerte Emission des im Holz gespeicherten biogenen Kohlenstoffs beinhalten, kann demnach mit den aktuell verbreiteten und normativ geregelten Methoden der produktbezogenen Bewertung ebenso nicht dargestellt werden.

### **Bewertung neuer/alternativer EoL-Optionen**

Die ökobilanzielle Bewertung von Prozessen bedingt die Kenntnis über die damit in Zusammenhang stehenden Material- und Energieflüsse. Das gilt sowohl für die Inputs (Roh- & Hilfsstoffe, elektrische Energie, thermische Energie etc.) als auch für die Outputs (erzeugte Produkte, Abfälle, Emissionen in Luft, Wasser und Boden etc.). Für industriell etablierte Prozesse (z.B. die Verbrennung von Holz in Müllverbrennungsanlagen oder auch die Herstellung von Spanplatten) gibt es hierfür Daten in der Literatur oder in entsprechenden Datenbanken, die herangezogen werden können. Für Prozesse, welche sich noch in der Entwicklung befinden oder theoretischer Natur sind (z.B. das in diesem Bericht beschriebene Re-Manufacture Szenario) oder sich erst in geringem Ausmaß im industriellen Maßstab durchgesetzt haben (z.B. Pyrolyse), ist dies oftmals nicht der Fall. Hier müssen als Bewertungsgrundlage sogenannte Primärdaten von einem spezifischen Prozess erhoben und als Berechnungsgrundlage genutzt werden. Dies ist einerseits aus technischen und/oder organisatorischen Gründen nicht immer möglich und andererseits ist die Repräsentativität dieser spezifischen Daten für den Prozess im Allgemeinen nicht zwangsläufig gegeben.

Auch das bereits erwähnte Thema der Vorteile und Lasten außerhalb der Systemgrenzen (Stichwort: Gutschriften) ist für neuartige Prozesse nicht immer leicht abzubilden. Beispielsweise ist für, die im Rahmen der Pyrolyse produzierte, Pflanzenkohle nicht eindeutig definierbar welche Materialien in den jeweiligen Anwendungsfällen (z.B. in der Landwirtschaft, als Futtermittel oder im Baubereich) mit funktionaler Äquivalenz substituiert werden können. Dies erschwert den fairen Vergleich eines solchen Verfahrens mit anderen EoL-Optionen.

### **Datenbasis/Bewertungsmethoden**

Bei Ökobilanzierungen müssen in fast allen Fällen generische Daten herangezogen werden, um Prozesse abzubilden, die nicht in der unmittelbaren Verantwortung des untersuchten Systems stehen. Beispielsweise sind das Daten zur Energieerzeugung (z.B. Strommix Österreich) oder auch Prozesse der Abfallbehandlung (z.B. therm. Verwertung von Holz in einer Müllverbrennungsanlage). Weiters sind solche Daten auch für vergleichende Betrachtungen relevant, beispielsweise wenn ein selbst modelliertes Produkt einem durchschnittlichen Standardwert gegenübergestellt werden soll. Generische Daten werden in Datenbanken bereitgestellt – Beispiele aus dem Baubereich hierfür sind u.a. baubook (Österreich) [4], Ökobaudat (Deutschland) [5] und KBOB (Schweiz) [6], die wiederum im Hintergrund auf anderen Datenbanken (ecoinvent & MLC) beruhen. Dies hat zur Folge, dass

die Auswahl der Datenbank bzw. der darin enthaltenen Datensätze einen Einfluss auf das Ergebnis hat und somit für ein Produkt oder einen Prozess verschiedene Werte bezüglich der Umweltlasten errechnet werden können. Obwohl dies grundsätzlich der Realität entspricht – das gleiche Produkt (aus technischer Sicht) kann abhängig von den eingesetzten Materialien, deren Bezugsquellen, dem Produktionsstandort, dem eingesetzten Energiemix usw. unterschiedliche Belastungen verursachen – werden grundlegende Vergleiche und allgemein gültige Aussagen erschwert.

Neben der (generischen) Datenbasis spielt auch noch der Bewertungsrahmen (funktionale Einheit, Systemgrenzen, Allokation etc.) sowie die Methode der Wirkungsabschätzung (Umrechnung der Material- und Energieflüsse in Umweltindikatoren) eine Rolle. Auch hier stehen jeweils mehrere Optionen zur Verfügung, die es erlauben für (technisch gesehen) gleiche Untersuchungsgegenstände, verschiedene Ergebnisse auszuweisen.

### 2.6.3 Ausblick & Handlungsempfehlungen

#### **Ausblick**

Obwohl unter den aktuellen (methodischen) Rahmenbedingungen die Darstellung ökologischer Vorteile eine Kreislaufführung von Holz möglich ist (siehe Kapitel 2.6.1), gibt es gewisse Aspekte (siehe Kapitel 2.6.2) die dazu führen, dass teilweise Ergebnisse erzielt werden, die nicht den Prinzipien einer Kreislaufwirtschaft entsprechen. Darüber hinaus werden Berechnungen immer wieder als unsicher oder gar unglaubwürdig eingestuft, was die Kommunikation der erreichten Vorteile erheblich erschwert. Die Darstellung zuverlässiger bzw. belastbarer Ergebnisse, welche die Vorteile einer kreislaufbasierten Wirtschaftsweise im Holzbereich adäquat darstellen, sollte daher zukünftig mit Priorität behandelt werden. Nachstehend sind Handlungsempfehlungen dargestellt, deren Umsetzung zu diesem Ziel beitragen können.

#### **Handlungsempfehlung: Integration dynamischer LCA-Methoden**

Die Berücksichtigung zeitlicher Aspekte im Rahmen einer Lebenszyklusanalyse ist über dynamische Methoden möglich. Dabei kann einerseits die Sachbilanz und andererseits die Wirkungsbilanz dynamisiert werden sowie auch eine komplette Dynamisierung beider Aspekte erfolgen. Für Holzprodukte ist vor allem die dynamische Wirkungsabschätzung von großer Bedeutung. Hierbei wird der tatsächliche Zeitpunkt der CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre berücksichtigt und Emissionen welche früher – bezogen auf den Endzeitpunkt der Betrachtung – passieren stärker gewichtet, da diese somit länger in der Atmosphäre vorhanden sind. Hinsichtlich des im Holz gespeicherten Kohlenstoffs bedeutet dies, dass einerseits längere Produktlebensdauern und andererseits EoL-Optionen, bei denen der gebundene Kohlenstoff nicht in die Atmosphäre emittiert wird, vorteilhaft dargestellt werden können.

Dynamische Methoden sind in der aktuellen Normung zur ökologischen Bewertung von Bauprodukten nicht integriert. Es gibt allerdings schon vereinzelt nationale Ansätze u.a. in

Frankreich, die diese Betrachtungsweise einfordern. Darüber hinaus gibt es nationale Erfahrungen auf wissenschaftlicher Ebene, wie im Forschungsprojekt TimberBioC dargelegt wurde [7].

### **Handlungsempfehlung: Differenzierte Betrachtung der Prozesse außerhalb der Systemgrenze (Modul D)**

Die aktuelle Herangehensweise zur Berechnung der Vorteile und Lasten außerhalb der Systemgrenze (Modul D), sollte hinterfragt werden. Die Tatsache, dass üblicherweise für die im Rahmen der thermischen Verwertung von Holz erzeugte Energie die Substitution von Energieträgern mit relativ hohen fossilen CO<sub>2</sub>-Belastungen (vor allem Erdgas) bilanziert wird, führt zu einer vorteilhaften Darstellung der thermischen Verwertung im Vergleich mit Verfahren der stofflichen Nutzung (siehe Abbildung 11). Die Untersuchung alternativer Ansätze für die Berücksichtigung dieser Energie erscheint sinnvoll. Im EPD-Programm der Niederlande wird beispielsweise eine Substitution von Energie auf Basis von Biomasse berücksichtigt, welche zu deutlich geringeren Gutschriften hinsichtlich des fossilen Treibhauspotentials führt und somit Optionen der stofflichen Nutzung stärker in den Vordergrund stellt.

Auch das bereits erwähnte Thema der dynamischen Bilanzierung kann bezüglich Modul D eine Rolle spielen. Insbesondere der Einsatz einer dynamischen Sachbilanz hätte signifikante Auswirkungen bei Produktbilanzierungen, die zum Zeitpunkt der Bilanzierung auch die Entsorgungsphase (inkl. Modul D) berücksichtigen.

### **Handlungsempfehlung: Vertiefende Datenerhebung**

Wie in Kapitel 2.6.2 im Abschnitt „Bewertung neuer/alternativer EoL-Optionen“, erwähnt ist eine Lebenszyklusanalyse nur möglich, wenn die relevanten Material- und Energieflüsse des Bewertungsgegenstandes bekannt sind. Für in Entwicklung befindliche Produkte und Prozesse (bzw. Prozessketten) sollte daher ein besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, die relevanten Daten zu erfassen, um eine ökologische Bewertung durchführen zu können. Auch für bereits etablierte Prozesse und Produkte kann es Sinn machen, zusätzliche Datenerhebungen (sowohl in die Breite als auch in die Tiefe) durchzuführen. Somit könnten auf der einen Seite spezifische Rahmenbedingungen (z.B. hinsichtlich des Produktionsstandortes oder des eingesetzten Verfahrensschemas) genauer abgebildet werden und andererseits die Zuverlässigkeit der Ergebnisse erhöht werden.

### **Handlungsempfehlung: Etablierung einheitliche Bewertungsgrundlagen**

Eine Vereinheitlichung der Bewertungsgrundlagen auf nationaler aber vor allem auch auf europäischer/internationaler Ebene würde mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Reduktion der Abweichung bei den Resultaten für (technisch) gleichwertige Produkte führen. Dies hätte zur Folge, dass Resultate belastbarer sind und somit auch die Kommunikation nach außen erleichtert wird. Einerseits kann dies im Bereich der Datengrundlage (v.a. Hintergrunddaten) erreicht werden. Hier gibt es immer wieder Bestrebungen eine Hintergrunddatenbank als Standard zu definieren oder zumindest Qualitätskriterien für Datenbanken bzw. Datensätze zu

erarbeiten. Andererseits ist auch der Prozess der Bilanzierung inkl. der hierbei getroffenen Entscheidungen des Bilanzierers relevant. Für EPDs sind viele Aspekte normativ (EN 15804 sowie produktspezifische PCRs) und zusätzlich über nationale Ergänzungen der verschiedenen Programmbetreiber geregelt. Allerdings können Lebenszyklusanalysen auch außerhalb dieses Rahmens und somit mit größeren Freiheiten bezüglich gewisser methodischer Aspekte erstellt werden. Hier wäre es wichtig durch entsprechenden Wissensaufbau sowohl bei den Bilanzierer:innen aber auch bei den Nutzer:innen von Lebenszyklusanalysen, die Freiheitsgrade in der Berechnung und Interpretation einzuschränken.

## **3 Ökonomische Bewertung**

### **3.1 Grundlagen und Herangehensweise**

Die Transformation des Holzsektors hin zu zirkulären Wertschöpfungssystemen stellt nicht nur ökologische, sondern auch ökonomische Anforderungen an neue Materialien und Nutzungskonzepte. In diesem Kontext zielt das vorliegende Kapitel darauf ab, das ökonomische Potential jener Szenarien zu beleuchten, die im Zuge von TimberLoop untersucht wurden.

Die Ausgangslage für eine wirtschaftliche Konzeptevaluierung ist dabei jedoch durch erhebliche Unsicherheiten geprägt. Die in den Arbeitspaketen 3 bis 5 erfassten Rohstoffsegmente weisen aufgrund ihrer Nutzungshistorie, Qualitätsschwankungen und stofflichen Heterogenität ein derart breites Spektrum auf, dass keine allgemeingültigen Aussagen zu den ökonomischen Eigenschaften im Kontext der Kreislaufführung getroffen werden können. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass aktuell belastbare Daten zu Preisgestaltung, Verfügbarkeit und Marktpotential von Produkten aus Sekundärholz fehlen. Diese Unsicherheiten betreffen sowohl die Inputströme (Verfügbarkeit, Sortierung, Aufbereitung zur Weiterverarbeitung) als auch die Outputströme (Marktnachfrage, Produktpreise, Kundenakzeptanz).

Vor diesem Hintergrund war es im Rahmen dieses Arbeitspaketes nicht möglich, standardisierte marktrelevante Kennzahlen oder belastbare Business Cases zu erarbeiten. Um dennoch Anhaltspunkte für ökonomische Perspektiven zu liefern und das Stimmungsbild aktueller und zukünftiger Akteur:innen, wurde nach fortgeschrittener Projektlaufzeit und ausreichend gesammelter Erfahrung in diesem Themenfeld, eine strukturierte qualitative Methodik angewandt. Diese stützt sich auf theoretische Annahmen mit bewusst breiten Bandbreiten sowie auf die Zerlegung der Konzepte in Teilprozesse, die mit bestehenden Technologien verglichen wurden. Ziel war es, durch diese vergleichende Betrachtung

zumindest punktuelle Aussagen zur wirtschaftlichen Machbarkeit und potenziellen Wettbewerbsvorteilen zu generieren.

Im weiteren Verlauf des Projekts wurde eine quantitative Umfrage unter den Projektpartner:innen zu einem fortgeschrittenen Zeitpunkt durchgeführt. Ziel dieser Erhebung war es, auf Grundlage der im Projektverlauf gewonnenen praktischen Erfahrungen, insbesondere im Zusammenhang mit der Herstellung verschiedener Produkte aus Altholz, eine Einschätzung der Projektpartner:innen als aktive Marktakteur:innen einzuholen. Die Befragung ermöglichte es, ein qualitatives Stimmungsbild hinsichtlich ökonomischer Herausforderungen, Chancen und Rahmenbedingungen zu erheben.

Ein realer Preis- und Kostenvergleich zwischen Produkten aus Frischholz und solchen aus wiederverwendetem Holz konnte jedoch nicht vorgenommen werden, da wesentliche wirtschaftsrelevante Parameter wie Rohstoffverfügbarkeit, Produktionsmengen, Marktakzeptanz sowie Kosten für Logistik, Aufbereitung und Qualitätssicherung aktuell nicht in hinreichender Form bekannt oder abschätzbar sind. Die Ergebnisse der Umfrage erlauben daher keine belastbare monetäre Bewertung, liefern jedoch wichtige indikative Einschätzungen für künftige Entwicklungen und dienen als Erfahrungsbasis für weitere Forschung sowie für die Entwicklung individueller Geschäftsmodelle.

## **3.2 Methodik**

Im Rahmen von TimberLoop war eine ökonomische Bewertung der Wiederverwendung von Altholz für tragende und nicht tragende Anwendungen vorgesehen. Ziel war es, Potentiale und Herausforderungen im Hinblick auf die Preisgestaltung sowie auf die wirtschaftliche Tragfähigkeit von Produkten aus Altholz zu identifizieren.

Bei der Umsetzung stellte sich jedoch heraus, dass belastbare und quantifizierbare Daten für eine valide Preis- und Marktanalyse derzeit nicht verfügbar sind. Wesentliche Rahmenbedingungen wie ein ausgereifter Anwendungsfall (Use Case), skalierbare Produktionsprozesse sowie verlässliche Prognosen hinsichtlich Absatzmengen und eine kontinuierliche Verfügbarkeit des Rohmaterials Altholz fehlen bislang. Diese Unsicherheiten erschweren eine belastbare ökonomische Modellierung.

Da TimberLoop ein kooperatives Forschungsprojekt unter Beteiligung unterschiedlicher Marktbegleiter:innen war, konnten tiefergreifendere und insbesondere preisorientierte Fragestellungen aus kartellrechtlichen Gründen nicht verfolgt werden.

Um dennoch eine erste Einschätzung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Herausforderungen zu ermöglichen, wurde ein qualitatives Erhebungsinstrument entwickelt. Konkret wurde eine strukturierte Befragung unter den Projektpartner:innen durchgeführt. Ziel dieser Befragung war es, ein Stimmungsbild zur derzeitigen Marktsituation, zu bestehenden Hürden sowie zu potenziellen Entwicklungen zu erfassen. Die qualitative Umfrage richtete sich dabei gezielt an Fachleute aus den Bereichen Produktion, Produktentwicklung, Marktstrategie und

Materialwirtschaft, die bereits praktische Erfahrung im Umgang mit Altholz oder im Bereich zirkulärer Wertschöpfung besitzen.

Die Erhebung konzentrierte sich auf folgende Schwerpunkte:

- Einschätzungen zur derzeitigen Marktnachfrage nach Produkten aus Altholz,
- wahrgenommene Risiken und Unsicherheiten bei der Rohstoffbeschaffung,
- Herausforderungen in der Preisbildung und Kostenstruktur,
- bestehende infrastrukturelle, rechtliche oder technische Hemmnisse,
- identifizierte Chancen und mögliche Markteintrittsstrategien.

Die Ergebnisse dieser qualitativen Befragung bilden eine erste Grundlage für die Einschätzung ökonomischer Rahmenbedingungen. Sie liefern wichtige Anhaltspunkte für zukünftige Forschungsvorhaben und wirtschaftliche Pilotprojekte, bei denen die Entwicklung konkreter Anwendungsfälle im Fokus steht.

### **3.3 Umfrage und Ergebnisse**

Die Umfrage wurde so aufgebaut, dass nach dem aktuellen Handlungsfeld der Projektpartner eine Unterscheidung möglich war. Die Trennung erfolgte danach, ob sich das jeweilige Unternehmen mit der Herstellung von Holzprodukten befasst, oder als Dienstleister oder nicht produzierendes Unternehmen einzustufen ist. In diesem Kapitel werden daher einige relevante Fragestellungen und deren Umfrageergebnis betrachtet und eingeordnet, während im Kapitel 3.4 eine detaillierte Interpretation erfolgt. Zur Vereinfachung gab es in der Umfrage keine Unterscheidung zwischen den Wiederverwendungsszenarien Re-Use, Remanufacture oder ähnlichen Ansätzen. Dies liegt daran, dass es sich bei der Betrachtung spezifischer Szenarien keine pauschalisierten Aussagen ableiten lassen.

Zur ökonomischen Einstufung von Altholz zur Substitution von Frischholz wurde nach dem geschätzten Anteil der Rohstoffpreise am Gesamtprodukt befragt, wie in Abbildung 12 dargestellt. Dabei stellte sich heraus, dass sich die Schwankungsbreite von unter 50 % bis zu 80% beläuft.

Welchen Anteil an den Gesamtkosten der Produktion macht die Beschaffung des Rohmaterials (Holzinput) aus?

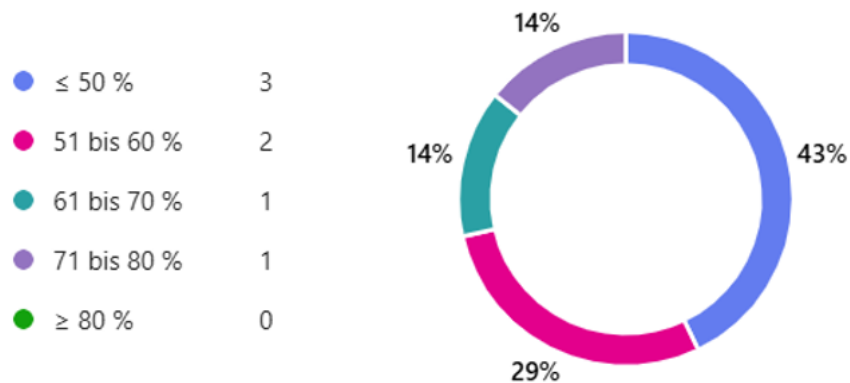


Abbildung 12 Anteil des Rohstoffes an den Gesamtkosten

Aufgrund des vergleichsweise hohen Anteils der Rohstoffkosten an den Gesamtkosten ist davon auszugehen, dass die Preisgestaltung stark von den Rohstoffpreisen abhängig ist. Dies führt in erster Linie zu verstärkter Abhängigkeit vom Rohstofflieferanten und bedingt eine unflexible Preisgestaltung. Wenn Rohstoffe substituiert werden, ist davon auszugehen, dass diese Maßnahmen großen Einfluss auf die Preisgestaltung haben.

Dieser Einfluss ist an den Anteil von Altholzsortimenten am Endprodukt gekoppelt, der ebenso großen Schwankungsbreiten von unter 20 % bis über 80 % unterliegt, wie in Abbildung 13 dargestellt. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Umfrageteilnehmer:innen aus den Branchen der Fenster-, Parkett- als auch Bauproduktehersteller kommen und unterschiedliche Anforderungsprofile vertreten.

In welchem Umfang könnte Altholz, **rein technologisch**, Ihrer Einschätzung nach Frischholz in Ihren Produkten ersetzen?

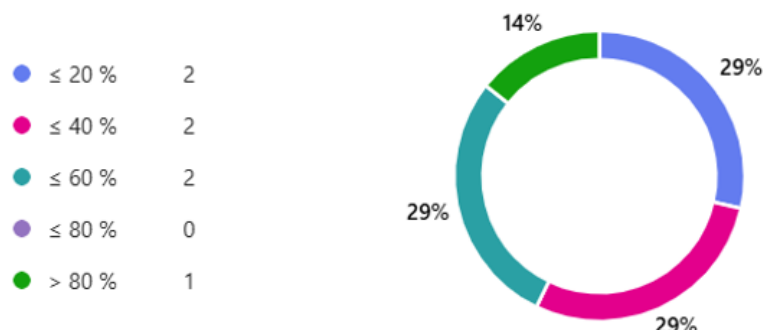


Abbildung 13 Technologisch möglicher Altholzanteil im Produkt

Hohe Anteile von Altholz erhöhen auch die erwarteten positiven als auch negativen Auswirkungen auf die Produktionskosten, wie in Abbildung 14 ersichtlich.

Welche positiven Auswirkungen auf Ihre Produktionskosten erwarten Sie, wenn der Anteil von Altholz in der Produktion erhöht wird?



Abbildung 14 Positive Erwartungen an die Produktionskosten durch den Einsatz von Altholz

Als negative Auswirkungen wurde mehrheitlich der logistische Mehraufwand für die Verarbeitung von Altholz genannt, gefolgt von technologischen Herausforderungen.

Trotz der Motivation der Projektpartner Altholz zu verarbeiten, gaben nur 29% der Befragten an, bereits Altholz verarbeitet zu haben. Die Gründe dafür sind, wie in Abbildung 15 dargestellt multifaktoriell. Einerseits ist der Markt mit ökonomischen Anforderungen sowie der Nachfrage noch nicht bereit für Produkte aus Altholz, andererseits werden rechtliche sowie mehrheitlich technologische Gründe genannt.

Aus welchen Gründen wurde bislang kein Altholz verwendet?

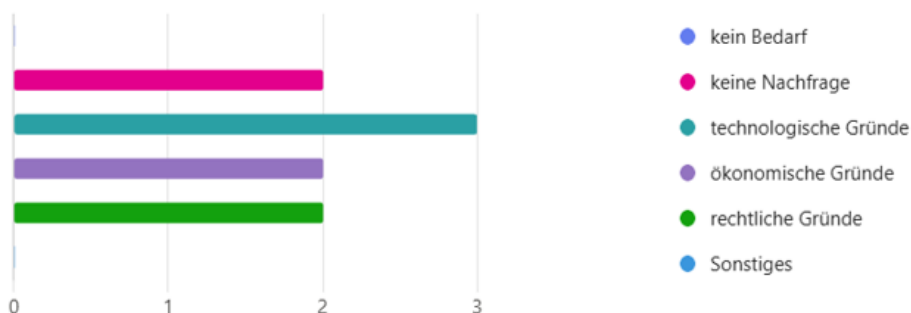


Abbildung 15 Gründe, bislang kein Altholz einzusetzen

Zur Einstufung der aktuell wesentlichsten Herausforderung am Einsatz von Altholz, wurden mehrheitlich rechtliche Herausforderungen genannt, wie in Abbildung 16 dargestellt.

Welche Einschränkungen oder Herausforderungen hindern Sie aktuell am Einsatz von Altholz in Ihren Produkten? Reihen Sie die Herausforderungen beim Einsatz von Altholz in Ihren Produkten nach deren Relevanz:



Abbildung 16 Einschränkungen und Hürden zum Einsatz von Altholz

Ein bisher noch nicht genannter Grund, weshalb keine Bestrebungen zum Einsatz von Altholz getroffen wurden, ist die aktuelle Marktsituation. Der Markt sowie die Kunden sind aktuell nur bedingt für Bauprodukte mit Altholzanteilen zu begeistern, das über den optisch rustikalen Einsatz hinaus geht.

Wie schätzen Sie die Nachfrage Ihrer Kund:innen nach Produkten aus Altholz ein?

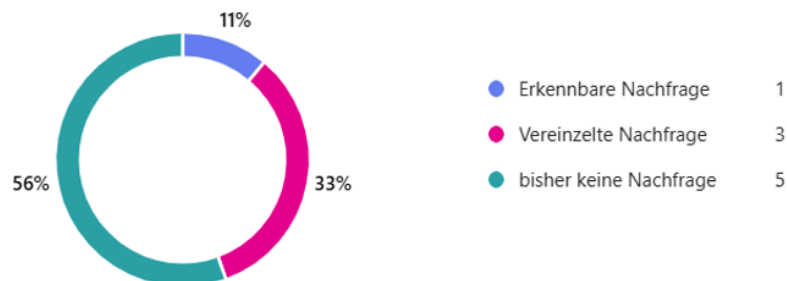


Abbildung 17 Nachfrage nach Produkten mit Altholzanteilen

Sehr deutlich hingegen fiel die Einschätzung der Projektpartner:innen zur Beschaffungssituation von Altholzsortimenten aus. 100% der Befragten sind der Meinung, dass die Beschaffung von Altholz teurer als bisherige Beschaffungswege von Frischholz ist. Dies ist nicht ausschließlich auf die logistischen Herausforderungen zur Aufbereitung von Altholz, sondern auch auf die Verfügbarkeit von Altholz als Rohstoff zurückzuführen, die aktuell als mehrheitlich spärlich bis sehr spärlich eingestuft wurde. Aufgrund der aktuellen Entwicklungen wurde die zukünftige Rohstoffverfügbarkeit besser bewertet, wie in Abbildung 18 ersichtlich ist.

Wie beurteilen Sie die zukünftige Verfügbarkeit von Altholz in ausreichender Qualität für Ihren Verwendungszweck (in 5 bis 10 Jahren)?

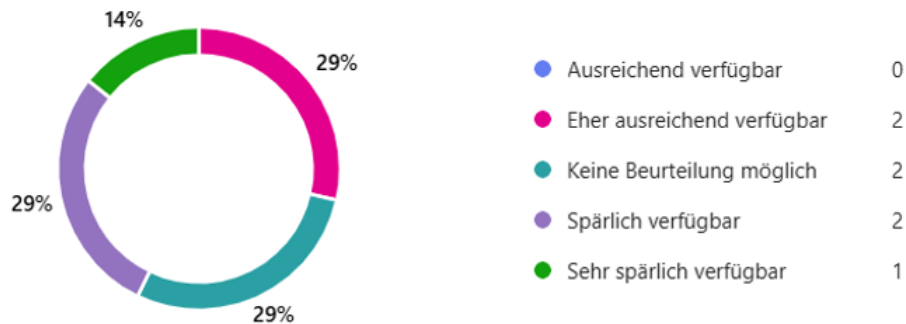


Abbildung 18 Einschätzung zukünftiger Verfügbarkeit von Altholz

Darüber hinaus wurde abgefragt, ob der Einsatz von Altholz als Wettbewerbsvorteil einzustufen ist. Die Einschätzungen fielen, ähnlich wie in Abbildung 19, eher kritisch aus. Während einerseits Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft, Regionalität und Aspekte von Storytelling als vorteilhaft genannt werden, ist den Befragten wichtig, dass die ökologischen Aspekte bilanziert und quantifizierbar ausgewiesen werden. Andererseits wurde die fehlende Wirtschaftlichkeit ausdrücklich als Wettbewerbsnachteil postuliert.

Dieser Einschätzung folgend können Produkten aus Altholz, dem direkten Konkurrenzdruck durch etablierte Produkte aus Frischholz aktuell nicht standhalten – siehe Abbildung 19.

Können Produkte ihres Unternehmens mit Altholzanteilen oder vollkommen aus Altholz konkurrenzfähig zu etablierten Produkten am Markt angeboten werden?

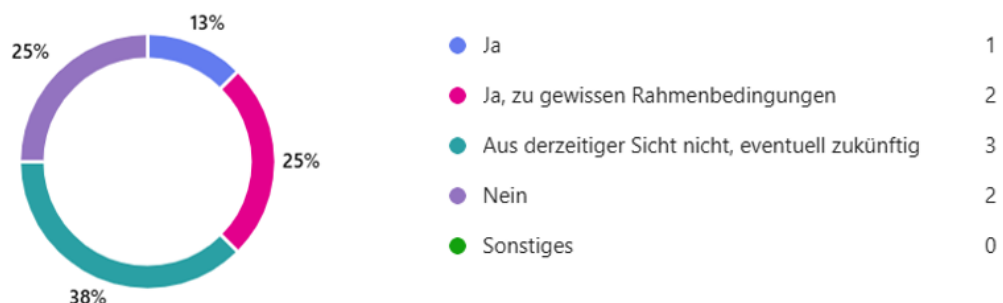


Abbildung 19 Konkurrenzfähigkeit von Produkten mit Altholz im Vergleich zu konventionellen Produkten

Aufgrund der großen Unsicherheiten bezüglich der Verfrachtung von Schadstoffen gaben die Umfrageteilnehmer:innen an, welche Maßnahmen zur Begrenzung dieses Risikos getroffen

werden sollten. Die Frequenz von analytischen Untersuchungen wurde in der Umfrage divers bewertet. Teilweise wurden Untersuchungen im Bedarfsfall, teilweise eine Analytik bei jeder Lieferung gewünscht. Darüber hinaus gaben alle Befragten an, die Beschaffung von Altholzsortimenten an einen detaillierten unternehmensspezifischen Anforderungskatalog zu knüpfen, da aktuelle Altholzsortimente nach Abfallschlüsselnummer bzw. gemäß Altholzrecyclingverordnung nicht ausreichend einzustufen sind.

Auf die Frage, welche die bedeutendsten Maßnahmen auf politischer Ebene wären, um die Nutzung von Altholz in der Holzbranche zu fördern, wurden deutliche Vorschläge genannt. Einerseits soll die Förderung von Altholz in der Holzbranche vor allem durch klare gesetzliche Rahmenbedingungen (z. B. verbindliche Einsatzquoten, Regelungen zu Schadstoffgrenzen, Handelsmöglichkeiten) sowie steuerliche und finanzielle Anreize umgesetzt werden. Zudem wird die politische Verbindlichkeit, national wie international, als entscheidend gesehen, um Wettbewerbsnachteile zu vermeiden. Darüber hinaus wurden Anpassungen von Gesetzen (Recyclingbaustoff-VO sowie Deponie-VO [8]) vorgeschlagen, um zu verhindern, dass potenziell kreislauffähige Baustoffe „billig“ entsorgt werden, bzw. vorzeitig den Stoffkreislauf verlassen.

Konkrete Pläne, den Einsatz von Altholz zu erhöhen gibt es in den Unternehmen bereits. So wurden Vorschläge wie die Umsetzung großer Projekte (z.B. Großvolumiger Wohnbau) sowie die Beteiligung an Forschungsaktivitäten als wesentliche Hebel genannt.

### **3.4 Ergebnisse und Interpretation**

Um die im Rahmen von TimberLoop durchgeführte qualitative Umfrage unter den Projektpartner:innen auszuwerten und ein fundiertes Stimmungsbild zur ökonomischen Bewertung der Wiederverwendung von Altholz zu erheben, wurde zwischen Produzierenden und nicht Produzierenden Unternehmen unterschieden. Die Umfrage richtete sich an Partnerunternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von Rückbau und Sortierung bis hin zu Produktion und Markt.

#### **Erfahrungen und Erkenntnisse in der Verarbeitung von Altholz**

Von den befragten Unternehmen befassen sich 78% mit der Herstellung von Holzprodukten. Von diesen haben erst 29 % Altholz in der Produktion eingesetzt. Trotz der Tatsache, dass sich die Projektpartner intensiv mit der Thematik beschäftigen und auch zukünftig damit beschäftigen wollen, war der aktuelle Status an Erfahrungen aus erster Hand doch sehr begrenzt. Diese Tatsache unterstreicht die Hürden, welche die Verarbeitung von Altholz für etablierte, holzverarbeitende Unternehmen darstellt und das Handlungsempfehlungen im Umgang mit Altholz dringend erforderlich sind.

#### **Verfügbarkeit und Qualität von Altholz**

Mehrere Befragte betonen die derzeit geringe Verfügbarkeit von Altholz in ausreichender Qualität und Menge für strukturerhaltende Verarbeitung. Dies stellt ein zentrales Hindernis für die wirtschaftliche Skalierung dar. Zudem ist der Aufwand für Sortierung und Aufbereitung hoch und kostspielig. Es besteht Einigkeit, dass die Entwicklung von effizienter Sortiertechnologie und standardisierten Prozessen eine entscheidende Voraussetzung für ökonomische Effizienz darstellt.

### **Kostenstruktur und Preisbildung**

Die Mehrheit der Befragten sieht erhebliche Unsicherheiten in der Preisgestaltung für Produkte aus Altholz. Zum einen ist die Kostenstruktur durch die variierende Qualität und Verfügbarkeit von Rohmaterial schwer kalkulierbar. Zum anderen fehlen Referenzpreise, da vergleichbare Produkte noch nicht breit am Markt verfügbar sind. Preisparität mit konventionellen Holzprodukten erscheint aus aktueller Sicht unrealistisch, insbesondere ohne staatliche Fördermaßnahmen, steuerliche Anreize, oder dezidierten politischen Druck. Die auf internationaler Ebene forcierten Verpflichtungen zur Nutzung von Sekundärrohstoffen (siehe EU-Taxonomie – Teilbericht Rechtsrahmen) legen Anforderungen vor, deren Umsetzung sowie der Nachweis sind jedoch noch nicht in der Praxis angekommen. Es sind in öffentlichen Ausschreibungen Festlegungen zur EU-Taxonomie Konformität enthalten, doch gibt es keine Möglichkeiten die Sekundärrohstoffanteile in irgendeiner Form nachzuweisen.

### **Marktzugang und Kund:innenakzeptanz**

Die Einschätzungen zur Kund:innenakzeptanz fallen differenziert aus. Während bei öffentlichen Ausschreibungen eine Offenheit gegenüber Produkten mit Recyclinganteil vermutet wird, zeigt sich der private Wohnbau (insbesondere im Einfamilienhaus-Segment) als preissensibler und konservativer. Designorientierte Anwendungen und Nischenprodukte gelten als vielversprechende Einstiegsmärkte mit höherer Zahlungsbereitschaft. Es ist jedoch nicht davon auszugehen, dass private Endkunden dazu bereit sind, höhere Preise für Produkte mit Altholzanteilen zu bezahlen, die keinen optischen oder technischen Mehrwert gegenüber konventionellen Produkten bieten.

### **Rechtliche und normative Rahmenbedingungen**

Ein zentraler Kritikpunkt ist die mangelnde rechtliche Klarheit bei der Verwendung von Altholz für tragende Anwendungen. Die derzeitige Normenlage (z. B. EN 14081, EN 16351) lässt keine einfache Integration von Altholz zu. Dies führt zu Planungsunsicherheiten und Investitionshemmnissen. Entsprechende technische Bewertungen, Produktklassifizierungen und Zulassungsverfahren werden als kostenintensiv und zeitaufwändig wahrgenommen.

### **Wirtschaftliches Potential und Voraussetzungen**

Langfristig wird Potential für Produkte aus Altholz gesehen – insbesondere unter dem Vorzeichen steigender Rohstoffpreise, wachsender politischer Unterstützung für zirkuläres Bauen sowie wachsendem Druck zur CO<sub>2</sub>-Reduktion. Entscheidend ist jedoch die Entwicklung konkreter Use Cases mit wirtschaftlich tragfähigen Geschäftsmodellen und planbaren Mengenflüssen. Eine initiale Förderung durch Pilotprojekte und öffentliche Beschaffung könnte als Katalysator dienen.

### **Kooperation und Wettbewerb**

Die Umfrage zeigt auch Spannungsfelder zwischen notwendiger Kooperation (z. B. bei Sortier- und Sammelstrukturen) und wettbewerblichen Interessen der Partnerbetriebe. Lokale und gut vernetzte Infrastruktur zur Sammlung, Aufbereitung und Distribution von Altholzsortimenten kann kooperativ organisiert Vorteile erzielen. Eine detaillierte Offenlegung von Preismodellen ist aus Sicht vieler Unternehmen nicht wünschenswert.

### **Fazit**

Die Umfrage verdeutlicht die Komplexität ökonomischer Fragestellungen im Kontext der Wiederverwendung von Altholz. Zwar wird dem Thema langfristiges Marktpotential zugesprochen, aktuell bestehen jedoch signifikante Hemmnisse in den Bereichen Verfügbarkeit, Normung, Kund:innenakzeptanz und Preisbildung. Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit von Pilotanwendungen, technologischer Entwicklung und politischer Flankierung. Zugleich bestätigt sich die Bedeutung qualitativer Methoden, um Stimmungsbilder in frühen Innovationsphasen systematisch zu erfassen.

Zur Einstufung und Analyse der gesamten Projektergebnisse, über die Umfrage hinaus, wurde eine SWOT Analyse durchgeführt – siehe Kapitel 4.

## 4 SWOT Analyse

Die vorliegende SWOT-Analyse berücksichtigt sowohl tragende Holzbauprodukte (SWOT-Analyse AP3), nicht tragende Holzbauprodukte (SWOT-Analyse AP4) als auch holzschutzmittelfreie Anwendungen (SWOT-Analyse AP5). Dabei werden jeweils die Kategorien **Stärken** (Strengths), **Schwächen** (Weaknesses), **Chancen** (Opportunities) und **Bedrohungen** (Threats) differenziert. Zusätzlich wurden die Faktoren nach **ALLGEMEINER** Gültigkeit, oder spezifisch in die Anwendungsszenarien **RE-USE** sowie **REMANUFACTURE** unterteilt, wenn dies möglich ist. Außerdem wurden die Faktoren in ökologische (♻️) und/oder ökonomische (💰) Aspekte eingeteilt.

### 4.1 Tragende Holzbauprodukte (AP3)

Als wesentliche **Stärken** für tragende Holzbauprodukte (AP3) erweisen sich die hohe Materialeffizienz und der positive Beitrag zur Ressourcenschonung, wie in Tabelle 2 aufgelistet. Als nachwachsender Rohstoff bietet Holz durch die Bindung von Kohlenstoff und den vergleichsweise geringen Energiebedarf zur Herstellung von Holzbauprodukten deutliche ökologische Vorteile, die durch RE-USE oder REMANUFACTURE und somit durch verlängerte Nutzungsphasen weiter verstärkt werden.

Tabelle 2 Stärken im AP 3











STÄRKEN (+)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	Potentielle Einsparungen Primärrohstoffe (Frischholz)	♻️	💰
ALLGEMEIN	Einsparungen Prozessenergie (z.B. Holz Trocknung)	♻️	💰
ALLGEMEIN	Flexible Rohstoffversorgung	♻️	💰
ALLGEMEIN	CO <sub>2</sub> - Speicherung durch verlängerte Nutzungsdauer	♻️	
ALLGEMEIN	Hohe Materialqualität von Altholz	♻️	💰
RE-USE	Einsparung der gesamten Produktherstellung	♻️	💰
RE-MANUFACTURE	Halbfertigprodukt als neue Handelsware (Stablamelle)		💰

Ökonomisch zeigen sich Potentiale für Kosteneinsparungen durch die Flexibilisierung der Rohstoffversorgung, im Zuge der Substitution von Frischholz durch Altholz oder neuen Halbfertigprodukten wie z.B. Stablamellen. Die Substitution von Frischholz wirkt sich vielfach positiv auf die Bewertung aus, da einerseits die Nachfrage nach Primärrohstoffen entlastet wird und weiters, durch das Entfallen von energieintensiven Herstellungsprozessen wie der Holz Trocknung Ressourcen geschont werden können. Als wesentliche Stärke ist die hohe Materialqualität zu nennen, wie im Projekt durch zahlreiche Versuche belegt wurde. Die Materialparameter von Altholz entsprechen, unter definierten Voraussetzungen (visuelle Sortierung) den Festigkeitsanforderungen an Frischholzsortimente. Diesbezüglich ist Altholz ein sehr hohes Potential zuzuschreiben. Die Möglichkeit, hochwertige Bauteile durch RE-USE

erneut in Bauprojekten einzusetzen, ist sowohl aus ökonomischer als auch ökologischer Sicht positiv zu bewerten.

Allerdings wurden explizit **Schwächen** identifiziert, die die Verfügbarkeit von Altholzsortimenten, deren Behandlung und Aufbereitung adressieren, sowie auf fehlende flächendeckende Lösungen, um den logistischen Herausforderungen zu begegnen eingehen, siehe Tabelle 3.










Tabelle 3 Schwächen im AP 3

SCHWÄCHEN (-)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	Aufwand Materiallogistik Altholz		
ALLGEMEIN	Aufwand Untersuchung und Sortierung von Altholz		
ALLGEMEIN	geringere Ausbeute (bezogen auf frisches Schnittholz zu Altholz)		
ALLGEMEIN	Ökonomisch kaum/sehr geringe Vorteile erkennbar		
RE-MANUFACTURE	Erhöhte Abnutzung von Maschinen und Anlagen		
RE-MANUFACTURE	Rückstandslose Entfernung von metallischen Verbindungsmitteln		
RE-MANUFACTURE	Anpassung von Verarbeitungsprozessen an Rohmaterial (Risse, Staub, Fehlstellen)		
RE-USE	Geringere Standardisierung von Prozessen		

So können derzeit nur wenige privatwirtschaftliche Initiativen (siehe Best Practice Beispiele) erforderliche Informationen zur Verfügbarkeit von gebrauchten Holzbauteilen anbieten und somit den großen Informationsbedarf nur bedingt decken. Es wird adressiert, dass die erforderlichen Untersuchungen zur Klassifizierung von Altholz hohen Aufwand bedeuten, noch nicht standardisiert und derzeit nicht ökonomisch vertretbar sind. Darüber hinaus werden technologische Herausforderungen als Schwächen identifiziert, da diese mit der Verarbeitung von Altholz einhergehen. Dies sind unter anderem erhöhte Aufwände für die Aufbereitung (Entfernung von Fremdkörpern und Verbindungsmitteln), erhöhter Werkzeugverschleiß durch Verschmutzungen und der anpassungsbedarf etablierter Prozesse an veränderte Produktions- und Verarbeitungsprozesse von Altholzsortimenten (Verklebung, Risse, Staub, Fehlstellen). Diese Aspekte bergen nicht nur administrative Hürden, sondern beeinflussen auch die Wirtschaftlichkeit.
















Spezifisch für RE-USE Anwendungen wurde die geringe Standardisierbarkeit von Prozessen identifiziert, da der Einsatz von bestehenden Baustoffen in aktuellen Projekten immer einer spezifischen Fallbetrachtung zu unterziehen ist.

Tabelle 4 Chancen im AP 3

CHANCEN (+)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	Stärkung von Kreislaufwirtschaft durch Verordnungen (Ökodesign-VO)		
ALLGEMEIN	Zertifizierung von Sekundärrohstoffen		
ALLGEMEIN	Nachfrage nach Produkten aus Sekundärrohstoffen		
ALLGEMEIN	Kontrollierte Abfallführung, ausschließlich von nicht kreislauffähigen Holzmengen		
ALLGEMEIN	Pionierstatus am internationalen Markt		
ALLGEMEIN	Neue Geschäftsfelder für Altholzaufbereiter durch die steigende Nachfrage		
ALLGEMEIN	Innovationen durch wachsendes Interesse an der Verwendung von Altholz		
ALLGEMEIN	CO <sub>2</sub> -Bepreisung und Incentivierung von (länger) gespeichertem Kohlenstoff		
RE-USE	Einsatz historischer Holzbauteile - Architektur		
RE-MANUFACTURE	Industrielle Verarbeitung von Altholzsortimenten		

Als **Chancen** werden die steigende Nachfrage nach nachhaltigen Baustoffen, neue digitale Tools zur Qualitätsbeurteilung (z.B. durch zerstörungsfreie Prüfmethode) und der wachsende Druck zur CO<sub>2</sub>-Reduktion identifiziert. Wie in Tabelle 4 dargestellt, wurden hauptsächlich Faktoren genannt, die die ökonomischen Aspekte adressieren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass aktuell der finanzielle Aspekt bei der Kreislaufführung von Holzbauteilen eine wesentliche Hürde darstellt, für die diverse Chancen identifiziert wurden, um sie zu überwinden. Die im Projekt gesammelte Erfahrung zur industriellen Verarbeitung von Altholzsortimenten ist ebenso als Chance zu klassifizieren, da in Bezug auf Prozessanpassung und -optimierung noch großes Potential besteht. Wesentlich sind jene Chancen, die aktuell bereits aktiv sind bzw. in naher Zukunft zu relevanten Anforderungen entwickelt werden, wie verpflichtende Anteile an Sekundärrohstoffen (EU-TaxonomieVO) oder die CO<sub>2</sub> Bepreisung.

Tabelle 5 Bedrohungen und Risiken im AP 3

BEDROHUNGEN (-)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	keine lokale Verfügbarkeit von Altholz - eventuell große Transportdistanzen		
ALLGEMEIN	Schwere Prognostizierbarkeit der Materialverfügbarkeit - Qualität/Quantität/Preis		
ALLGEMEIN	Verschleppung von Schad- und Störstoffen		
ALLGEMEIN	Normative Einschränkungen (Bauprodukt - Normen)		
ALLGEMEIN	Komplexe ökologische Betrachtungen (Systemgrenzen nach EN 15804)		
ALLGEMEIN	Keine gültigen Festigkeitseinstufungen und Leistungsbewertungen		
ALLGEMEIN	Keine Grundlagen für chemische Schadstoffgrenzen und statische Anforderungen		
ALLGEMEIN	Unklarheiten bezüglich des Langzeitverhaltens (z.B. Kriecheffekte)		
ALLGEMEIN	Verarbeitung von Altholzprodukten erfordern technologische Anpassungen		
ALLGEMEIN	Akzeptanzprobleme bei Architekt:innen und Bauherr:innen		
ALLGEMEIN	Mangel an Fachkräften zur Demontage und Aufbereitung		

Demgegenüber stehen **Bedrohungen**, wie mögliche Verschärfungen von Bauvorschriften, unzureichende Marktakzeptanz für wiederverwendete tragende Holzbauteile sowie Konkurrenz durch alternative Materialien oder hybride Baulösungen (siehe Tabelle 5).

Die Verfügbarkeit von Altholz kann regional sehr unterschiedlich sein, weshalb logistische Herausforderungen als externe Bedrohung eingestuft wurden. Wie bereits bei den Schwächen angeführt, kann das Informationsdefizit bezüglich der Materialverfügbarkeit zu einer Bedrohung für die Kreislaufwirtschaft im Holzsektor werden, wenn keine flächendeckenden Lösungen entwickelt werden. Ebenso ist in der aktuellen Methode der Ökobilanzierung (LCA) gemäß EN 15804 keine Kreislaufführung darstellbar, weshalb die theoretischen und praktischen Vorteile von Holz im Stoffkreislauf nicht normativ abgebildet werden können. Wird diese Bewertungsmethode nicht überarbeitet, können die ökologischen Stärken, die im Zuge des Projekts identifiziert wurden, nicht normgerecht ausgewiesen werden und stellen somit eine wesentliche Bedrohung dar. Auch die normativen Grundlagen in Form von harmonisierten Produktnormen sind noch nicht auf die Bewertung von Altbaustoffen abgestimmt. Diese Normen werden derzeit aufgrund der Einführung der neuen Bauproduktenverordnung überarbeitet.

Die Verschleppung von Schad- und Störstoffen wurde ebenso als Bedrohung identifiziert, da es aktuell noch keine etablierten Prozesse gibt, die über die Beprobung im Zuge der Schad- und Störstofferkundung hinausgehen, und somit die Verschleppung von potenziell gefährlichen Stoffen einschränkt. Daher ist zukünftig den Prozessen zur Qualitätsbeurteilung von Altholzsortimenten erhebliche Bedeutung zuzuordnen.










Die mehrheitlich ökonomisch zuzuordnenden Faktoren, wie die Materialverfügbarkeit, die technologischen Anpassungen und der Mangel an Arbeitskräften zur Demontage und Aufbereitung von Altholz können sich bei steigenden Nachfragen zu einem Nadelöhr entwickeln.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass die Stärken und Chancen der Kreislaufführung von tragenden Holzbauteilen vor allem auf ökologischer Ebene deutlich überwiegen. Auch auf ökonomischer Ebene gibt es diverse Aspekte die positiv zu bewerten sind, jedoch überwiegen hier die Schwächen und Bedrohungen.

## **4.2 Nicht tragende Holzbauprodukte (AP4)**








Die nicht tragenden Holzbauprodukte (**AP4**) profitieren ebenfalls von den **ökologischen** Vorteilen des Baustoffes Holz. Im Vergleich zu tragenden Konstruktionen sind hier die statischen Anforderungen weniger streng, was den Wiedereinsatz (**RE-USE**) oder die Aufarbeitung (**REMANUFACTURE**) oftmals vereinfacht. Dennoch kommen teilweise ähnliche Aspekte zum Tragen, weshalb sich die Faktoren nicht allzu stark von jenen in AP3 unterscheiden.

Tabelle 6 Stärken im AP 4

STÄRKEN (+)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	Einsparungen Primärrohstoffe (Frischholz)		
ALLGEMEIN	Einsparungen Prozessenergie (z.B. Holz Trocknung)		
ALLGEMEIN	Flexible Rohstoffversorgung		
ALLGEMEIN	CO <sub>2</sub> - Speicherung durch verlängerte Nutzungsdauer		
RE-USE	Einsparung der gesamten Produktherstellung		












Als große **Stärke** gilt, ähnlich wie in AP3, die Substitution von Frischholz durch Altholz und die damit verbundenen Einsparungsaspekte. Wie in Tabelle 7 dargestellt, können darüber hinaus für nichttragende Bauteile, je nach Einsatzzweck (z.B. Mittellage Mehrschichtparkett), qualitativ niedrigere Anforderungen definiert werden, was zu einer weitaus größeren Rohstoffflexibilisierung führt. Jene Vorteile, die auf die teilweise geringeren Anforderungen im Vergleich zu AP3 zurückzuführen sind, werden hier nicht explizit angeführt. Als RE-USE Szenario kann die Wiederverwendung von Holzparkett genannt werden, die aktuell nur unter spezifischen Bedingungen möglich ist.

Tabelle 7 Schwächen im AP 4

SCHWÄCHEN (-)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	Aufwand Materiallogistik Altholz		
ALLGEMEIN	Aufwand Untersuchung und Sortierung von Altholz		
ALLGEMEIN	geringere Ausbeute		
RE-USE	Geringe Standardisierung der Prozesse		
RE-MANUFACTURE	Erhöhte Abnutzung von Maschinen und Anlagen		
RE-MANUFACTURE	Rückstandslose Entfernung von metallischen Verbindungsmitteln		
RE-MANUFACTURE	Altholz als Mittellamelle: Ökonomisch kaum/sehr geringe Vorteile erkennbar		

Die **Schwächen** in der Kreislaufführung von nicht tragenden Holzbauteilen liegen vor allem in der unzureichenden Dokumentation des Altmaterials (z.B. fehlende Angaben zu Oberflächenbehandlungen, vorheriger Einsatzort, usw.), was den Wiederverwendungsprozess erschwert. Ebenso wie in AP3 werden als Schwächen der erhöhte Aufwand zur Logistik sowie zur Vorbereitung der Wiederverwendung attestiert. Diese Aufwände sind in Relation zur aktuellen Praxis, in Form von Recycling in der Spanplattenindustrie oder der thermischen Verwertung zu betrachten. Da diese Prozesse gut etabliert sind, können neue Stoffströme nur in Nischenanwendungen als ökonomische Stärke betrachtet werden und sind daher den Schwächen zuzuordnen. Dieser Kostendruck stellt eine wesentliche ökonomische Herausforderung dar, sodass sich die Kosten für Rückbau und Aufarbeitung aus aktueller Sicht nicht immer decken lassen. In Bezug auf die ökologische Komponente kann der Energie- und Ressourcenbedarf durch die Notwendigkeit zusätzlicher Aufarbeitungsmaßnahmen (z. B. Schleifen, Beschichten) im Vergleich zu „neuen Produkten“ erhöht werden.













Tabelle 8 Chancen im AP 4

CHANCEN (+)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	Stärkung von Kreislaufwirtschaft durch Verordnungen (Ökodesign-VO)		
ALLGEMEIN	Zertifizierung von Sekundärrohstoffen		
ALLGEMEIN	Nachfrage nach Produkten aus Sekundärrohstoffen		
ALLGEMEIN	Kontrollierte Abfallführung, ausschließlich von nicht kreislauffähigen Holzmengen		
ALLGEMEIN	Pionierstatus am internationalen Markt		
ALLGEMEIN	Neue Geschäftsfelder für Altholzaufbereiter durch die steigende Nachfrage		
ALLGEMEIN	Innovationen durch wachsendes Interesse an der Verwendung von Altholz		
RE-USE	Einsatz historischer Holzbauteile (Böden / Fenster) - Ästhetik		
RE-MANUFACTURE	Industrielle Verarbeitung von Altholzsortimenten		

Als **Chancen** wird jedoch eine zunehmende Sensibilität für Kreislaufwirtschaft und „grüne“ Innenraumgestaltung gesehen, die von Designer:innen und Bauherr:innen zunehmend nachgefragt wird. Ebenso wie in AP3 werden zunehmend Anforderungen nach Anteilen von Sekundärrohstoffen (EU-TaxonomieVO) gestellt, weshalb dies auch hier als Stärke anzuführen ist. Wesentlich relevanter ist derzeit der RE-USE von historischen Bauteilen aus ästhetischen Gründen. Diesen Geschäftsfeldern wird auch zukünftig eine Entwicklungschance zugeschrieben.

Durch die frühe und intensive Auseinandersetzung der österreichischen Holzbranche mit dem Thema Kreislaufführung, wurde die Chance identifiziert, dass österreichische Unternehmen am internationalen Markt eine Vorreiterrolle einnehmen können. Eine steigende Nachfrage bringt allerdings auch Herausforderungen mit sich. Mögliche **Bedrohungen** werden in der schwierigen Situation hinsichtlich der lokalen Rohstoffverfügbarkeit und deren Prognostizierbarkeit attestieren.

Tabelle 9 Bedrohungen und Risiken im AP 4

BEDROHUNGEN (-)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	keine lokale Verfügbarkeit von Altholz - eventuell große Transportdistanzen		
ALLGEMEIN	Schwere Prognostizierbarkeit der Materialverfügbarkeit - Qualität/Quantität/Preis		
ALLGEMEIN	Verschleppung von Schad- und Störstoffen		
ALLGEMEIN	Komplexe ökologische Betrachtungen (Systemgrenzen nach EN 15804)		
ALLGEMEIN	Normative Einschränkungen (Bauprodukt - Normen)		
ALLGEMEIN	Keine Grundlagen für chemische Schadstoffgrenzen		
ALLGEMEIN	Kundenzufriedenheit durch Geruch oder Optik von Altholzprodukten		
ALLGEMEIN	Akzeptanzprobleme bei Architekt:innen und Bauherr:innen		
ALLGEMEIN	Verarbeitung von Altholzprodukten erfordern technologische Anpassungen		








Zusätzlich könnte bei unzureichender Aufbereitung das Risiko von biologischem Befall oder möglicher Schadstoffemissionen (z.B. durch alte Lacke) abschreckend wirken. Da nicht tragende Produkte auch im Innenraum Einsatz finden (Verkleidungen, Bodenbeläge, usw.) wurde der Faktor Kund:innenzufriedenheit als eine der wesentlichen Bedrohungen identifiziert.

Im Zuge des Projekts wurden BSH-Träger mit Phenol-Resorzin-Harz-Verklebung zu einer Mittellage von Mehrschichtparkett verarbeitet. Doch die Verklebung erzeugte im fertigen Produkt eine derart hohe Geruchsbelastung, dass diese Anwendung für diesen Rohstoff nicht tragbar ist, selbst wenn durch diese Verarbeitung die gegebenen Grenzwerte für die Innenraumluftqualität nicht überschritten würden. Dieses Beispiel wird genannt, um die Bedeutung der Akzeptanz des Marktes (Architekt:innen, Bauherr:innen, Planer:innen, usw.) zu verdeutlichen.

### 4.3 Holzschutzmittelfreie Kreislaufführung (AP5)






Für die holzschutzmittelfreien Anwendungen (AP5) steht insbesondere die **ökologische** Komponente im Vordergrund. Die Abwesenheit chemischer Holzschutzmittel gilt als erheblicher Vorteil für Umwelt- und Gesundheitsschutz und reduziert darüber hinaus potenzielle Entsorgungsproblematiken.

Tabelle 10 Stärken im AP 5

STÄRKEN (+)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	Unabhängigkeit vom Biozid-Markt (PT 8 - HSM)		
ALLGEMEIN	Gefahrenpotential während der Verarbeitung (Arbeitsschutz) reduziert/entfällt		
ALLGEMEIN	Verringerte Zulassungskosten (keine PT 8 Zulassung erforderlich)		
ALLGEMEIN	Lagerhaltung - kein WGK 3 Produkt (D)		
ALLGEMEIN	geringere Rohstoffkosten im Vergleich zum HS-Produkt		

Auch wenn die ökologischen Aspekte die grundlegende Motivation hinter holzschutzmittelfreien Kreislaufkonzepten beschreiben, sind es doch die ökonomischen **Stärken**, die überwiegen. So kann durch den Verzicht auf Biozide nicht nur das Gefahrenpotential für Mensch und Umwelt reduziert werden, sondern auch die Sicherheitsauflagen, die bei der Verarbeitung Biozid haltiger Substanzen zu erfüllen sind. Verringerte Zulassungs- und Rohstoffkosten, verringerter Aufwand in der Lagerhaltung und die Unabhängigkeit vom Biozid-Markt wurden als wesentliche Stärken identifiziert.





Tabelle 11 Schwächen im AP 5

SCHWÄCHEN (-)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	geringere Produktlebensdauer / Nutzungsdauer / Service-life (?)		
ALLGEMEIN	Normkonform nur bei Holzarten Dauerhaftigkeitsklasse 1-2 (A) / 1 - 3 (D) (Holzfenster)		
ALLGEMEIN	optischer Mangel durch Bläue- bzw. Schimmelbefall bei extremen Bedingungen		
ALLGEMEIN	konstruktive Fehler werden weniger verziehen		

Die **Schwächen** beziehen sich auf die Qualität der Beschichtungssysteme und die daran gestellten Anforderungen, denn die etablierten Systeme tragen mitunter wesentlich zur Verlängerung der Produktlebensdauer bei und sind teilweise auch normativ gefordert. So können Holzfenster nur aus Holzarten der Dauerhaftigkeitsklasse 1-2 in Österreich bzw. 1-3




in Deutschland ohne entsprechenden Bioziden Schutz normgerecht hergestellt werden. Darüber hinaus kann die fehlende biozide Wirkung holzverfärbende Pilze nicht unterbinden, was zu Verfärbungen führen kann. Dies ist vor allem in konstruktiv heiklen Details (z.B. Fensterrahmenecke) als kritisch zu betrachten, da sich bewährte Systeme durchaus als Fehlertolerant gezeigt haben.

Tabelle 12 Chancen im AP 5

CHANCEN (+)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	Akzeptanz bei Kunden, die HSM-freie Produkte bevorzugen (ökologisches Bauen)		
ALLGEMEIN	Trendsetter/Wettbewerbsvorteil für Firmen, die HSM-frei arbeiten/anbieten		
ALLGEMEIN	Holz ohne HSM-Behandlung kann in den Stoffkreislauf eingebunden werden		

Als **Chancen** wurden unter anderem jene Aspekte identifiziert, die die grundlegende Motivation dieses Arbeitspakets beschreiben. So können holzschutzmittelfreie Holzbauteile problemlos in den Stoffkreislauf eingebunden werden, ohne Kontaminationen zu verschleppen. Durch die Vorreiterrolle können Hersteller, die holzschutzmittelfrei arbeiten mit einem Wettbewerbsvorteil starten und als Trendsetter agieren. Kund:innen, denen ökologisches Bauen ein Anliegen bei der Produktauswahl ist, können dadurch angesprochen werden.

Tabelle 13 Bedrohungen und Risiken im AP 5

BEDROHUNGEN (-)		RELEVANZ	
ALLGEMEIN	Produkt(e) sind nicht ausreichend lange gebrauchsfähig - Reputationsverlust		
ALLGEMEIN	Reklamationen (Image-Schaden, unzufriedener Kunden)		
ALLGEMEIN	zusätzliche Kosten für Nachfolgearbeiten		

Die **Bedrohungen**, die für holzschutzmittelfreie Anwendungen identifiziert wurden, sind auf das Risiko des Befalls durch holzverfärbende und/oder holzzerstörende Organismen und deren Folgen zurückzuführen. So verursachen nicht funktionierende Systeme Kosten für Reparaturen und geringere Gebrauchstauglichkeit, Imageverlust und unzufriedene Kund:innen. Diesen Bedrohungen wurde im Projekt umfangreiche Aufmerksamkeit geschenkt und ist im Kapitel AP3 detailliert nachzulesen.

## 4.4 Fazit der SWOT-Analyse

Zusammenfassend ist zu anzuführen, dass der Einsatz von Altholz und dessen Chancen und Möglichkeiten sehr stark von den Szenarien, handelnden Unternehmen sowie den Produkten und Dienstleistungen abhängig ist. Die hier postulierten Annahmen sind häufig sehr allgemein gehalten und gehen wenig auf bereits existierende, funktionierende oder etablierte Lösungen ein. Vor allem da es bereits Akteure gibt, die in diesem Feld viel tätig sind

Augenscheinlich geht aus der Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken hervor, dass jene Faktoren, die für die Wieder- und Weiterverwendung von Altholz sprechen größtenteils

ökologischer Natur sind. Bei Schwächen und Risiken sind vorwiegend die ökonomischen Faktoren verortet. Dies spiegelt die Ergebnisse aus der ökologischen Bewertung (Kapitel 2) sowie die qualitativen Umfrageergebnisse (Kapitel 3) wieder. Die Quantifizierung dieser Faktoren war teilweise nicht möglich, daher sind die einzelnen Kriterien häufig von deutlich unterschiedlicher Größenordnung geprägt beziehungsweise ist deren Vergleichbarkeit faktisch nicht möglich. Nichtsdestotrotz werden diese hier wertfrei genannt und eingeordnet.

Auch wenn mögliche technische Herausforderungen im Zuge dieses Projektes untersucht wurden und teilweise entkräftet, werden konnten, so bleiben technische und rechtliche Aspekte, die im Zuge dieses Projektes nicht bearbeitet werden konnten, offen.

Manche Faktoren, werden sowohl in den Analysen der tragfähigen als auch nicht tragfähigen Kreislaufführung genannt und sind teilweise auf werkstoffimmanente Eigenschaften von Holz zurückzuführen. Beispielsweise die CO<sub>2</sub>-Speicherung oder die Einsparung von Prozessenergie, wenn davon auszugehen ist, dass das vorliegende Altholz eine relativ geringe Holzfeuchtigkeit, im Vergleich zu Frischholz aufweist. Auch den Entfall der kompletten Produktherstellung zum Beispiel bei Re-Use ist sowohl als ökologischer als auch ökonomischer Faktor zu bewerten. Dies trifft auch auf die Schwächen der Altholzverwendung zu vom logistischen Mehraufwand der komplexen Rohstoffbeschaffung über die erhöhte Abnutzung bis hin zur geringeren Ausbeute. Bekannten Schwächen und Risiken wird teilweise in anderen Forschungsaktivitäten (siehe Teilbericht: Nationale und Europäische Forschungsprojekte in Zusammenhang mit Kreislaufführung von Massivholz) begegnet, oder es liegen bereits Lösungsansätze vor, wie in den Best-Practice Beispielen (Nationale und Europäische Best Practice Beispiele in der Praxis zur Kreislaufführung von Massivholz) beschrieben.

Speziell für tragende Zwecke sind die, im Zuge des Projektes festgestellten, hervorragenden mechanischen Eigenschaften von Altholz als Stärke zu nennen. Daher stellen aktuelle Ansätze wie die Herstellung qualitätsgesicherter Halbfertigprodukte aus Altholz, wie zum Beispiel die Stablamellen, einen potenziellen Lösungsansatz dar, der die Schwierigkeiten der Logistik und der Verfügbarkeiten, mit der rechtlichen Situation und der maschinellen Ausstattung der europäischen Holzindustrie auf einen Nenner bringt.

Die Nutzung von Frischholz wird nicht in Frage gestellt, denn der CO<sub>2</sub>-speichernde Baustoff Holz kann vergleichsweise umweltschonend produziert werden. Durch die Verwendung von Altholz lässt sich diese Wirkung allerdings potenzieren, da CO<sub>2</sub> auf diese Weise noch für weitere Nutzungszyklen im Holz gebunden bleibt. Zudem muss hier erwähnt werden, dass der Holzbedarf in Österreich bei weitem nicht ausschließlich durch Altholz gedeckt werden kann. 2022 wurden dem heimischen Wald 25,7 Millionen Festmeter Holz entnommen und zusätzlich 10,7 Millionen Festmeter importiert [9], dem gegenüber stehen nur 1,5 Millionen jährlich anfallende Tonnen Altholz [10].

Als Fazit für das AP5 (Holzschutzmittelfreie Anwendungen) kann postuliert werden, dass der Verzicht auf Holzschutzmittel deutliche ökologische und gesundheitliche Vorteile mit sich

bringt und das Wiedereinsatz- und Recyclingpotential erhöht. Zugleich bleibt die Resistenz gegen Umwelteinflüsse ein kritischer Faktor, der durch konstruktive Maßnahmen oder intelligente Nutzungskonzepte kompensiert werden muss. In einer Zeit zunehmender Umwelt- und Gesundheitsorientierung bieten holzschutzmittelfreie Anwendungen ein attraktives Marktsegment. Gleichwohl könnten veränderte Klimabedingungen, Schädlingsdruck und normative Vorgaben langfristig die Konkurrenzfähigkeit dieser Produkte beeinflussen.

Insgesamt verdeutlichen die SWOT-Analyse, dass die Strategien zur Wiederverwendung und Aufarbeitung von Holzprodukten stark vom **Zusammenspiel ökologischer Vorteile, wirtschaftlicher Rentabilität und technischer Machbarkeit** geprägt sind. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Forschung, Wirtschaft und Gesetzgebung ist daher essenziell, um die Kreislauffähigkeit im Bausektor nachhaltig zu stärken und den Baustoff Holz – in all seinen Anwendungen – optimal zu nutzen.

## Literatur

- [1] *Hoxha, E.; Birgisdottir, H.; Röck, M.*: Climate IMPACT of EU building materials – Data compilation and statistical analysis of global warming potential in environmental product declarations. *In: Sustainable Production and Consumption* 54 (2025), Heft 1, S. 64-74.
- [2] ÖNORM EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte (konsolidierte Fassung). Ausgabe Februar 2022.
- [3] Europäisches Parlament; Europäischer Rat: Richtlinie (EU) 2018/851 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle – Abfallrahmenrichtlinie (EU) 2018/851. Europäisches Parlament; Europäischer Rat, 2018.
- [4] baubook GmbH: baubook. baubook GmbH, <https://www.baubook.info/de>.
- [5] Deutsche Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: ÖKÖBAUDAT, [https://www.oekobaudat.de/no\\_cache/datenbank/suche.html](https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche.html) [Zugriff am: 03.02.2025].
- [6] KBOB – Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren, <https://www.kbob.admin.ch/de/oekobilanzdaten-im-baubereich> [Zugriff am: 02.02.2025].
- [7] Tudor Dobra: TimberBioC – Kritische Evaluierung des Effekts biogenen Kohlenstoffs in Holzprodukten auf den Klimawandel anhand dynamischer Modelle. *In: IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie (Hrsg.): Schon umgestellt! – Komponenten, Bauwerke, Quartiere.* IBO Verlag, Wien, Österreich, 2024, S. 16-17.
- [8] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und

- Wasserwirtschaft über Deponien – Deponieverordnung 2008 – DVO 2008.  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2008.
- [9] *Strimitzer, L.; Bergamo, A.; Wleck, B. et al.*: Holzströme in Österreich.  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und  
Technologie, 2024.
- [10] *Weigl-Kuska, M.; Winter, S.*: TRIPLE A HOLZ – Altholz Aufkommen Austria.  
Auftragsstudie des Fachverband der Holzindustrie, Wien Ausgabe August 2024.