



Altholz aus dem Gebäuderückbau

Begleitung von drei Rückbauprojekten sowie Berechnung der Mengen,
Rückbauzeiten, Kosten und Treibhausgasemissionen

Patrick Fuchs, Leonhard Seidl, Marco Arnold und Heiko Thömen

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

Version 1, 14.07.2026

Impressum

Berner Fachhochschule BFH

Architektur, Holz und Bau AHB
Solithurnstrasse 102, 2500 Biel

Autorenteam der Berner Fachhochschule BFH

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

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

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

Autor von OLWO AG

Marco Arnold absolviert im Rahmen seines Studiums BSc. Holztechnik (BFH) ein Praktikum bei der OLWO AG

Innosuisse Flagship Think Earth – Regeneratives Bauen

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

Vorschlag Zitierung

Fuchs P., L. Seidl, M. Arnold, H. Thoemen (2026). «Altholz aus dem Gebäuderückbau: Begleitung von drei Rückbauprojekten sowie Berechnung der Mengen, Rückbauzeiten, Kosten und Treibhausgasemissionen». Projektbericht. Berner Fachhochschule, Institut für Baustoffe und biobasierte Materialien, Biel

Titelbild

Bildquelle: Leonhard Seidl, BFH

Abstract

Altholz aus dem Gebäuderückbau stellt sowohl mengenmässig als auch hinsichtlich des Anteils an Vollholz im Altholzfluss eine relevante Rohstoffquelle für die stoffliche Verwertung zu Vollholzprodukten dar. Ziel dieser Studie ist es, das Potential sowie die Herausforderungen der stofflichen Verwertung von Altholz aus dem Gebäuderückbau zu untersuchen. Dazu wurden drei Rückbauprojekte begleitet, bei denen sowohl konventionelle als auch manuelle Rückbaumethoden eingesetzt wurden. Bei manuellen Rückbauten wurden die Rückbauzeiten unterschiedlicher Holzsortimente erfasst. Zudem wurden Kosten- und Umweltwirkungen der Wiederverwendung von Holzbauteilen berechnet und mit konventionellen Holzbauprodukten verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass beim Altholzrückbau, bei der Altholzqualität, den verfügbaren Mengen sowie bei der Wiederverwendung teils erhebliche Herausforderungen bestehen.

In den betrachteten Fällen lagen die Kosten für Aufbereitung, Transport und Lagerung von Altholzbauteilen über den aktuellen Marktpreisen konventioneller Produkte. Auch die Treibhausgasemissionen waren in einigen Verwertungsszenarien höher als bei vergleichbaren Produkten aus Rundholz. Insgesamt zeigt die Studie, dass die Wiederverwendung von Altholz nicht grundsätzlich mit einer Reduktion von Kosten oder Treibhausgasemissionen einher geht. Die identifizierten Herausforderungen sowie die berechneten Kosten- und Umweltwirkungen können eine Grundlage für die Weiterentwicklung stofflicher Verwertungsszenarien von Altholz aus Gebäuden dienen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Studentische Vorstudien	6
2.1 Bachelorarbeit zur Charakterisierung von Altholz beim Recyclingcenter	6
2.2 Projektarbeit zur Bestandesanalyse von Schweizer Holzbauten	8
3. Methodik	11
3.1 Übersicht Rückbauprojekte und Dokumentation	11
3.2 Einführung Rückbauprojekt Massivbau mit Holzdachstuhl in Zürich	12
3.3 Einführung Rückbauprojekt landwirtschaftliches Holzgebäude in Vordemwald	13
3.4 Einführung Rückbauprojekt Holz-Einfamilienhaus in Grindelwald	14
3.5 Erhebung Rückbauzeiten	15
3.6 Berechnung der Kosten und Treibhausgasemissionen	15
3.7 Berechnung der Altholz-Verfügbarkeit aus rückgebauten Dachstühlen	17
4. Resultate und Diskussion	20
4.1 Rückbauzeiten von manuellen Rückbauten	20
4.2 Kosten bei der Wiederverwendung	21
4.3 Treibhausgasemissionen bei der Wiederverwendung	22
4.4 Dokumentation Rückbauprojekt Massivbau mit Holzdachstuhl in Zürich	24
4.5 Dokumentation Rückbauprojekt landwirtschaftliches Holzgebäude in Vordemwald	25
4.6 Dokumentation Rückbauprojekt Holz-Einfamilienhaus in Grindelwald	28
4.7 Verfügbarkeit von Dachstühlen aus dem Gebäuderückbau	31
4.8 Zentrale Herausforderungen	32
5. Schlussfolgerung	36
6. Literaturquellen	37
7. Verzeichnisse	38
7.1 Abbildungsverzeichnis	38
7.2 Tabellenverzeichnis	40
7.3 Formelverzeichnis	40
Anhang: Erweiterte Berechnungsgrundlagen bei den Treibhausgasemissionen	41

1. Einleitung

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

In der Schweiz fallen jährlich rund 1 Mio. t Altholz an, wovon etwa 30 % dem Hochbau zuzuordnen sind. Der Altholzpoo umfasst Holzprodukte wie Konstruktionsvollholz, Bodenbeläge, Holzverkleidungen, Fensterrahmen, Türen, Treppen und Gartenzäune (Fuchs et al. 2025a). Der Gebäuderückbau stellt damit mengenmässig eine relevante Altholzquelle in der Schweiz dar. Insbesondere fallen dabei Produkte aus Vollholz an, die sich theoretisch für eine stoffliche Verwertung zu neuen Vollholzprodukten eignen. Im Gegensatz dazu lassen sich Möbel aus Holzwerkstoffen wie Spanplatten oder MDF-Platten am Ende der Lebenszeit nicht zu Vollholzprodukten verwerten (Prinzip der Kaskadennutzung von Holz). Um die im Gebäuderückbau anfallenden Altholzsortimente besser zu verstehen, werden diese in der vorliegenden Studie als Grundlage für die weitere Produkt- und Prozessentwicklung detailliert untersucht.

Ziel der Studie ist die Identifikation zentraler Herausforderungen der stofflichen Verwertung von Altholz aus dem Gebäuderückbau anhand von drei Rückbauprojekten. Der Fokus liegt dabei auf dem manuellen Rückbau von Holzbauteilen zur Wiederverwendung (Begriffsdefinitionen gemäss Glossar in Fuchs et al. 2025b). Dabei werden die Rückbauzeiten von manuell rückgebauten Holzbauteilen erfasst. Dies ermöglicht eine Kostenabschätzung für die Beschaffung von Holzbauteilen aus dem Gebäuderückbau. Neben den Kosten werden die Umweltwirkungen von verschiedenen wiederverwendeten Holzbauteilen berechnet und mit konventionellen Holzbauprodukten aus Rundholz verglichen. Ziel ist es, zu beurteilen, ob wiederverwendetes Altholz hinsichtlich der Kosten und Umweltwirkung im Vergleich mit konventionellen Holzprodukten aus Rundholz positiv oder negativ abschneidet. Für eine industrielle Skalierung der stofflichen Verwertung von Altholz aus dem Gebäuderückbau ist die verfügbare Menge geeigneter Altholzsortimente von zentraler Bedeutung. Am Beispiel rückgebauter Holzdachstühle in der Schweiz werden daher die potenziell verfügbaren Mengen pro Kanton berechnet. Holzdachstühle wurden ausgewählt, da die darin verbauten Balken in der Regel einheitliche und grosse Dimensionen aufweisen. Zudem werden Gebäude in der Regel von oben nach unten zurückgebaut. Altholz, welches in Dachkonstruktionen verbaut wurde, ist daher vergleichsweise gut zugänglich.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurden u.a. auch zwei studentische Arbeiten durchgeführt. Relevante Ergebnisse aus den beiden studentischen Arbeiten werden im Kapitel 2 kurz

zusammengefasst. Sie ergänzen die Resultate der nachfolgenden Ergebnisse der vorliegenden Studie und tragen zum Grundverständnis zum Thema Altholzwiderverwendung und Altholzverhalten bei.

2. Studentische Vorstudien

2.1 Bachelorarbeit zur Charakterisierung von Altholz beim Recyclingcenter

Die Ergebnisse der Bachelorarbeit von Steinemann (2025) werden im Folgenden dargestellt. In dieser Abschlussarbeit wird Holz aus unterschiedliche Altholz-Mulden charakterisiert (vgl. Abbildung 1):

Mulde 1:	Industrie-Restholz von einer Baustelle
Mulde 2:	Altholz von einem Dachstuhl
Mulde 3/4:	Altholz aus dem Innenausbau

Das Altholz wird im Hinblick auf eine stoffliche Verwertung zu Vollholzprodukten bezüglich seiner Dimension, Holzfeuchte und seines Metallanteils untersucht.



Abbildung 1: **Mulde 1:** Industrie-Restholz von einer Baustelle (oben links), **Mulde 2:** Altholz von einem Dachstuhl (oben rechts), **Mulde 3/4:** Altholz aus dem Innenausbau (unten links und rechts, Bilder J. Steinemann).

Bei der Sortierung der **Mulde 2** in Dimensions-Kategorien werden 26 % für die Verwertung von Altholz als nicht brauchbar eingestuft (z.B. Holzwerkstoffe, Spreissel, verklebtes Vollholz oder Materialverbund). Das verbleibende Material wird in folgende Kategorien eingeordnet: 2 % kurze

Lattung (Breite und Höhe < 0.1 m, Länge < 0.6 m), 5 % lange Lattung (Breite und Höhe < 0.1 m, Länge > 0.6 m), 7 % kurze Balken (Breite oder Höhe > 0.1 m, Länge < 1.5 m), und 60 % lange Balken (Breite oder Höhe > 0.1 m, Länge > 1.5 m, vgl. Abbildung 2). Die **Mulde 3** und **Mulde 4** besteht zu 81 % respektive 82 % aus nicht brauchbarem Altholz (Spanplatte) und zu 17 % respektive 16 % aus langer Lattung (Innen-Holzverkleidung). **Mulde 1** besteht zu 72 % aus nicht brauchbarem Restholz (verklebte Schalungsplatten) und zu 21 % aus kurzen Balken (kürzer als 1.5 m, vgl. Abbildung 3).



Abbildung 2: Sortierung der **Mulde 2** in verschiedene Dimensionskategorien (Bilder: J. Steinemann).

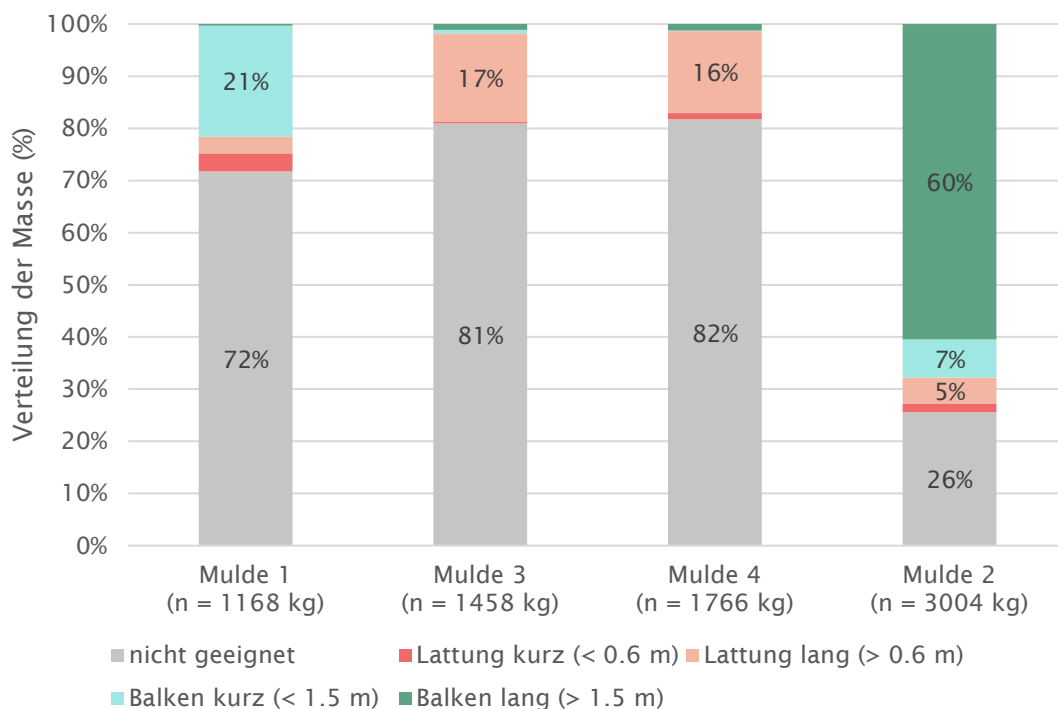


Abbildung 3: Prozentuale Verteilung der Masse der vier untersuchten Mulden über die Dimensions-Kategorien. Grau: nicht geeignet für die Verwertung in sekundären Vollholzprodukten (eigene Abbildung basierend auf Daten von Steinemann 2025).

Die Holzfeuchtemessungen über alle untersuchten Mulden ergeben Holzfeuchten von 9 % bis 26 % (Durchschnitt 14 %, n = 107). Diese Messwerte decken sich mit den Literaturangaben von Steinemann (2025). Die Holzfeuchte der Mulde 2 beträgt zwischen 9 % und 14 % (Durchschnitt 11 %, n = 107).

n = 62). Steinemann gibt zudem einen Metallanteil von durchschnittlich vier Verbindungsmittel pro Laufmeter Altholz an. 46 % (bezogen auf Anzahl Verbindungsmittel) davon waren Nägel, 48 % Klammern und 5 % Schrauben. Insgesamt wurden bei der Bewertung zu den Verbindungsmitteln 338 Laufmeter untersucht. Betrachtet man ausschliesslich die Mulde 2 (204 Laufmeter) waren 73 % Nägel, 22 % Klammern und 6 % Schrauben (vgl. Abbildung 4). Steinemann (2025) weist im Literaturteil darauf hin, dass andere Studien eine grössere Anzahl an metallischen Verbindungsmitteln je Laufmeter beobachtet haben. Böhm et al. (2025) haben durchschnittlich acht Verbindungsmittel pro Laufmetern festgestellt. Die prozentuale Aufteilung zwischen Schrauben, Nägel und Klammern ist jedoch vergleichbar mit dem Ergebnis der Arbeit von Steinemann (2025).



Abbildung 4: Metallische Verbindungsmittel in Altholz gezeigt am Beispiel Klammern oder Nägel (Bild: J. Steinemann)

2.2 Projektarbeit zur Bestandes Analyse von Schweizer Holzbauten

Die Ergebnisse aus der Projektarbeit von Arnold und Vallone (2025) werden hier zusammengefasst. In dieser Projektarbeit werden Holzbauten in der Schweiz in Typologien eingeteilt und anhand von Beispielobjekten untersucht. Es werden die Typologien Ständer-Bohlenbau (drei Referenzobjekte, Baujahr vor 1900), Blockbau-Alpwirtschaftsgebäude (drei Referenzobjekte, Baujahr vor 1900), Blockbau-Wohn- und -Vielzweckhäuser (drei Referenzobjekte, Baujahr vor 1900), Fachwerkbauten (drei Referenzobjekte, Baujahr vor 1900) und neuzeitliche Landwirtschaftsbauten (vier Referenzobjekte, Baujahr nach 1900) untersucht. Nicht betrachtet werden Gebäude in Massivbauweise mit einem Holzdach. Bei den Referenzobjekten werden jeweils die Dimensionen der tragenden Holzbauteile in Wand, Decke und Dach erhoben sowie das Volumen berechnet. Zusätzlich werden die Einbausituation sowie die Verbindungsmittel qualitativ mit Bildern und Beobachtungen vor Ort in der Projektarbeit dargestellt.

Mit durchschnittlich 48 m³ ist das grösste Volumen in den Blockbau-Wohnhäusern verbaut. Weniger Holz ist in den Bohlen Ständerbauten (24 m³), in den landwirtschaftlichen Nutzbauten (23 m³),

in den Fachwerkbauten (18 m^3) und in den Blockbauten der Alpwirtschaft mit (6 m^3) verbaut. Die Verteilung des Holzvolumens ist insbesondere bei den landwirtschaftlichen Nutzbauten hervorzuheben, wo 76 % im Dach und bei den Blockbauten der Wohnhäuser, wo 72 % in den Wänden verbaut ist (vgl. Abbildung 5).

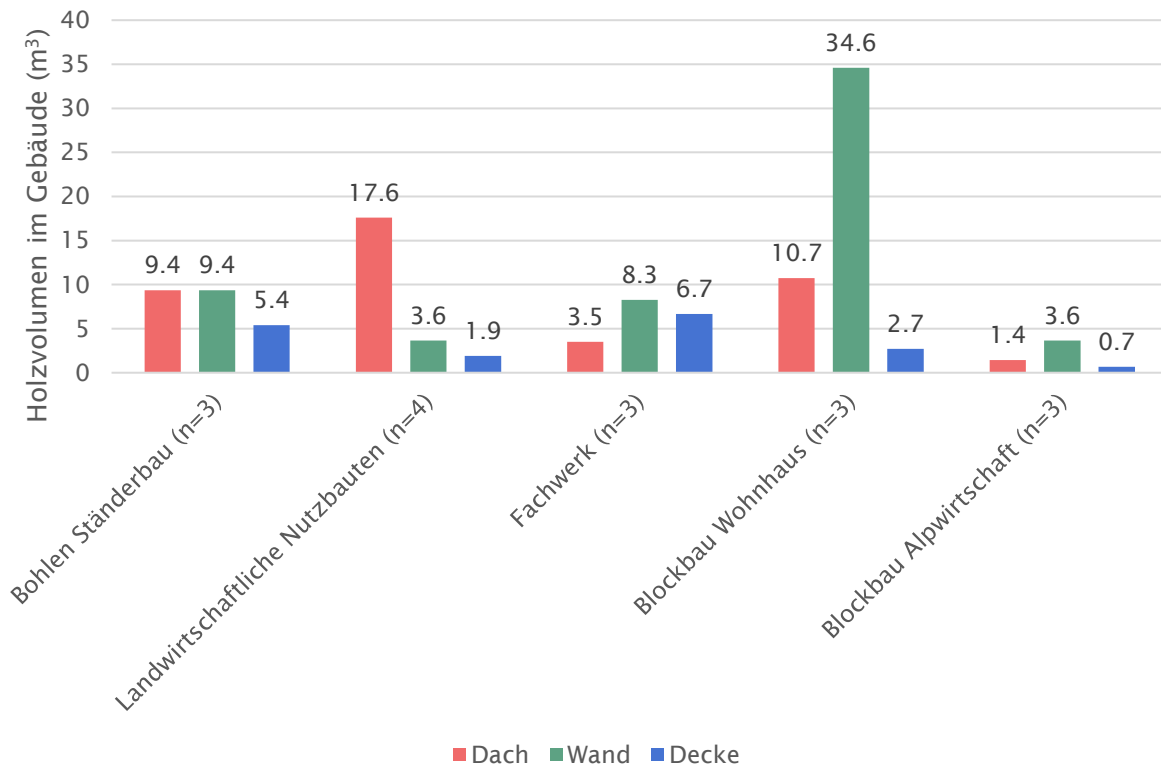


Abbildung 5: Holzvolumen nach Gebäudetypologie in Dach, Wand und Decke (eigene Abbildung basierend auf Daten von Arnold und Vallone 2025).

Bei den Dachkonstruktionen werden jeweils Sparren und Pfetten vermessen. Alle untersuchten Gebäude weisen ein Schrägdach aus Holz auf. Pro m^2 Grundrissfläche wurde in den untersuchten Gebäuden durchschnittlich 0.065 m^3 Holz im Dach verbaut ($n = 16$). Abbildung 6 zeigt die Abhängigkeit des Holzvolumens im Dach von der Grundrissfläche des Gebäudes.

Je nach untersuchter Gebäude-Typologie wurden zwischen 131 und 1'679 Holzbauteile vermessen. Insbesondere die Längen der Holzbauteile variieren je nach Einbausituation (Dach, Wand, Decke). Über alle Typologien und Bauteile hinweg hat ein Holzbalken aus der Dachkonstruktion einen durchschnittlichen Querschnitt von 15 cm mal 15 cm und eine Länge von 5.6 m , ein Holzbalken aus der Decke einen durchschnittlichen Querschnitt von 17 cm mal 17 cm und eine Länge von 7.9 m , ein Holzbalken aus der Wand einen durchschnittlichen Querschnitt von 15 cm mal 17 cm und eine Länge von 2.9 m . Abbildung 7 zeigt die durchschnittlichen Querschnitte und Längen der untersuchten Holzbauteile der einzelnen Typologien.

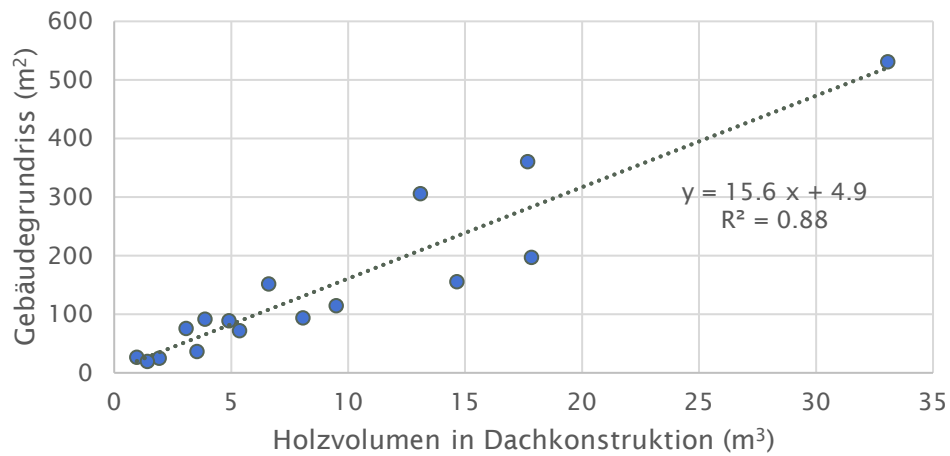


Abbildung 6: Abhängigkeit des Holzvolumens im Dach vom Gebäudegrundriss (eigene Abbildung basierend auf den Daten von Arnold und Vallone 2025)



Abbildung 7: Durchschnittliche Dimensionen der untersuchten Gebäudetypologien aufgeteilt in Dach, Decke und Wand (eigene Abbildung basierend auf Daten von Arnold und Vallone 2025).

3. Methodik

3.1 Übersicht Rückbauprojekte und Dokumentation

Im Rahmen dieser Studie wurden drei Rückbauprojekte begleitet. Beim landwirtschaftlichen Holzgebäude in Vordemwald wurden Holzprodukte für eine Wiederverwendung manuell rückgebaut. Der manuelle Rückbau wurde hier im Gegensatz zum konventionellen Rückbau mit einem Bagger verstanden. Bei einem manuellen Rückbau werden gezielt einzelne Holzbauteile schonend zurückgebaut. Das passiert vor dem Hintergrund, um geeignete Altholz-Dimensionen und -Qualitäten für eine Wiederverwendung zu erhalten.

Beim landwirtschaftlichen Holzgebäude in Vordemwald baute die Schreinerei von Känel Altholz GmbH Aussen-Holzverkleidungen an der Fassade, die Zimmerei Husner AG Sparren und ein Projektteam des Landschaftsarchitekten Christian Fluri diverse Holzprodukte zurück. Die durch das Projektteam zurückgebauten Holzprodukte waren für den dort entstehenden Neubau Lärchenhof als Reuse-Material vorgesehen. Weiter wurde ein konventioneller Rückbau eines Massivbaus mit Holzdachstuhl begleitet. Dabei wurde in Zürich die Schulanlage Triemli mit einem Bagger rückgebaut. Ausserdem wurde ein teilweiser manueller Abbruch eines Holz-Einfamilienhauses in Grindelwald begleitet. Dabei konnte die OLWO AG um Marco Arnold zusammen mit der Berner Fachhochschule Teile des manuellen Rückbaus selbst durchführen und dokumentieren. Insbesondere wurden so Aussen- und Innen-Holzverkleidungen, sowie der Holzdachstuhl (Sparren und Pfetten) manuell rückgebaut.

Bei den begleiteten Rückbauprojekten wurden Rückbauzeiten erfasst, Kosten sowie Treibhausgasemissionen berechnet und die Erkenntnisse aus der Begleitung qualitativ dokumentiert sowie fotografisch festgehalten. In Tabelle 1 ist dargestellt, welche Tätigkeiten innerhalb der vorliegenden Studie bei welchen Rückbauten durchgeführt wurden.

Tabelle 1: Übersicht der Tätigkeiten innerhalb der vorliegenden Studie bei den begleiteten Rückbauprojekten.

	Landwirtschaftliches Holzgebäude Vordemwald			Massivbau mit Holzdachstuhl Zürich	Holz-Einfamilien- haus Grindelwald
	von Känel Altholz GmbH	Husner AG	Projektintern Lärchenhof		
Erfassung Rückbauzeiten	X	X	X		X
Berechnung Kosten		X			
Berechnung Treibhaus- gasemissionen	X	X	X		
Qualitative Auswertung der Erkenntnisse inkl. Fo- toprotokoll	X	X	X	X	X

3.2 Einführung Rückbauprojekt Massivbau mit Holzdachstuhl in Zürich

Die Schulanlagen Triemli und «in der Ey» in Zürich werden zwischen 2023 und 2028 durch Neubauten erweitert (Bauherrschaft: Stadt Zürich, Bauherrenvertretung: Amt für Hochbauten Stadt Zürich). Zwei Schulhäuser und eine angebaute Turnhalle werden bei der alten Schulanlage Triemli dafür rückgebaut (Abbildung 8). Die zwei Schulhäuser (Baujahr 1947) sowie die Turnhalle (Baujahr 1908) sind in Massivbauweise mit einem Holzdachstuhl gebaut. Nach einer Schadstoffsanierung wurden beide Gebäude entkernt (rund 14 Arbeitstage) und anschliessend konventionell mit einem Bagger rückgebaut (rund 31 Arbeitstage, April 2025). Das Altholz aus dem Dachstuhl der Schulhäuser wurde beim Rückbau aussortiert und für die Baugrubensicherung des Neubaus vorbereitet. Gemäss Rückbauunternehmen KIBAG handelte es sich bei diesem Rückbau um ein Standardverfahren.

Im Rahmen dieser Studie wurde der Rückbau der Schulhäuser vor Ort begleitet und Gespräche mit dem zuständigen Vorarbeiter des Rückbauunternehmens KIBAG geführt. Zusätzlich wurde ein Interview mit dem Bauleiter von Meichtry und Widmer geführt (Herr Severin Werner, 25. April 2025). Der Rückbau wurde mit Fotos protokolliert und die Erkenntnisse aus der Besichtigung und aus den Interviews werden qualitativ in den Ergebnissen dieser Studie zusammengefasst.



Abbildung 8: Schulanlage Triemli in Zürich vor dem Rückbau der Turnhalle (links) und dem Schulgebäude mit Klassenzimmern (rechts, Bild: Stadt Zürich)

3.3 Einführung Rückbauprojekt landwirtschaftliches Holzgebäude in Vordemwald

Der Lärchenhof in Vordemwald (Kanton Aargau) wird zwischen 2024 und 2026 zu einer Überbauung aus mehreren Wohnhäusern umgebaut. Dazu wurden Teile des alten Hofs rückgebaut. Der Landschaftsarchitekt C. Fluri erhielt dabei den Spielraum, um eine Wiederverwendung von rückgebauten Bauteilen projektintern aber auch mit externen Unternehmen anzustossen. Insbesondere wurde Altholz aus der alten Scheune für eine Wiederverwendung rückgebaut (Baujahr in den 1970er, Abbildung 9). Der 1. Stock der Scheune wurde in Holzbauweise, das Ziegeldach wurde ohne Unterdach und Dämmung gebaut. Projektintern war das rückgebaute Altholz für den Bau von Spielplatz, Sitzbänken, Unterständen und Hochbeeten angedacht. Zusätzlich konnte C. Fluri zwei weitere Unternehmer als Abnehmer für das Altholz organisieren. Die Zimmerei Husner AG baute insbesondere Sparren für die Wiederverwendung als Konstruktionsholz von Holzbauelemente zurück. Die Schreinerei von Känel Altholz GmbH baute Aussen-Holzverkleidungen für den dekorativen Einsatz im Innenausbau zurück.

Der Rückbau der Zimmerei Husner AG und der Schreinerei von Känel Altholz GmbH wird im Rahmen dieser Studie dargestellt (25. Juli 2024). Mit Christian Reimann (Husner AG), Niklaus von Känel (von Känel Altholz GmbH) und C. Fluri wurden Interviews vor Ort und im Anschluss per E-Mail geführt. Der Rückbau wurde mit Fotos protokolliert und die Erkenntnisse aus der Besichtigung und aus den Interviews werden qualitativ in den Ergebnissen dieser Studie zusammengefasst.



Abbildung 9: Landwirtschaftliches Holzgebäude in Vordemwald vor dem Rückbau (Foto C. Fluri)

3.4 Einführung Rückbauprojekt Holz-Einfamilienhaus in Grindelwald

Das oberste Stockwerk des Einfamilienhauses aus Holz in Grindelwald (Baujahr in den 1970er) wurde im Jahr 2025 rückgebaut und durch einen Neubau ersetzt. Das rückgebaute Dachgeschoss war in Holzbauweise gebaut. Der Dachaufbau beinhaltete eine Zwischensparrendämmung, eine Unterdachschalung mit bituminöser Unterdachbahn, Konter- sowie Dachlattung und war mit Faserzementplatten eingedeckt. Die Wände und Decken der Zimmer im Dachgeschoss innen waren meist mit einer Holzverkleidung, die Aussenwände mit einer gestrichenen Holzfassade verkleidet (Abbildung 10). Der Rückbau wurde von der Bauherrschaft in Zusammenarbeit mit der OLWO AG (Marco Arnold) und der Berner Fachhochschule durchgeführt. Den anschliessenden Ersatzneubau übernahm die Zimmerei Brawand AG.

Der Rückbau wurde mit Fotos protokolliert und die Erkenntnisse aus dem Rückbau werden qualitativ in den Ergebnissen dieser Studie dargestellt.



Abbildung 10: Einfamilienhaus aus Holz in Grindelwald vor dem Rückbau (Foto L. Seidl, BFH)

3.5 Erhebung der Rückbauzeiten

Beim landwirtschaftlichen Holzgebäude in Vordemwald stammen die Angaben zu den Rückbauzeiten und -volumen aus den Befragungen der Unternehmer von Känel Altholz GmbH und Husner AG sowie des Landschaftsarchitekten C. Fluri vom Projekt Lärchenhof. Der Rückbau der Ziegel ist nicht in den Rückbauzeiten inbegriffen, da diese auch bei einem konventionellen Rückbau zur Senkung der Entsorgungskosten separat rückgebaut werden.

Beim Holz-Einfamilienhaus in Grindelwald wurden die Rückbauzeiten und -volumen im Rahmen dieser Studie erhoben. Dabei wurde die Zeit zu Beginn und am Ende der Demontage notiert (Differenz ergibt Rückbauzeit). Zudem wurde das rückgebaute Altholz vermessen, um das Rückbauvolumen zu ermitteln. Die Rückbauzeiten und -volumina wurden für sieben verschiedene Flächen mit einer Innen-Holzverkleidung und zwei verschiedene Flächen mit einer Aussen-Holzverkleidung einzeln erhoben und werden als Summe im Ergebnisteil dargestellt. Die Rückbauzeit der Holzbalken aus dem Dachstuhl (Sparren und Pfetten) wurde ab dem Rückbau der Dachlattung und des Unterdachs bis zum Zeitpunkt, als die Holzbalken auf dem Vorplatz gestapelt waren, erhoben. Die Rückbauzeit des Eternitdaches wurde nicht miteingerechnet, da diese als Schadstoffsanierung separat zu betrachten ist.

3.6 Berechnung der Kosten und Treibhausgasemissionen

In Vordemwald wurde ein Rückbau eines landwirtschaftlichen Holzgebäudes begleitet (siehe auch Unterkapitel 3.3). Dabei wurden Sparren von der Zimmerei Husner AG, Aussen-Holzverkleidungen

von der Schreinerei von Känel Altholz GmbH und diverse Holzprodukte beim Neubauprojekt auf dem gleichen Grundstück wiederverwendet (Projektintern Lärchenhof). Kosten und Treibhausgasemissionen wurden für diese wiederverwendeten Holzprodukte berechnet. Nachfolgend wird die Berechnungsmethodik zuerst der Kosten und anschliessend der Treibhausgasemissionen vorgestellt.

Bei den Kosten wurden ausschliesslich Aufwände für die Entnahme und Aufbereitung der Sparren durch die Zimmerei Husner AG, sowie für Transport und Lagerung der Sparren berechnet. Die Kosten wurden zuerst branchenüblich angenommen (Holzbau Schweiz Sektion Bern 2022) und anschliessend mit der Zimmerei Husner AG (C. Reimann persönliche Kommunikation 29.07.2024) und mit dem Landschaftsarchitekten C. Fluri abgestimmt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Angenommene Kosten bei der Wiederverwendung von Sparren in Vordemwald.

	Angenommene Kosten
Zimmermann/Zimmerin	60 CHF/h
Lehrling	25 CHF/h
Vierseitenhobelmaschine und Formatkreissäge	40 CHF/h
Lagerung	100 CHF/(Jahr*m ³)
Motorkettensäge	15 CHF/h
Lieferwagen	1.5 CHF/km

Der Rückbau, Transport, die Bearbeitung sowie die Lagerung wurden wie folgt angenommen. Die Sparren (4.1 m³) wurden mit zwei Zimmerleuten in 13 h rückgebaut (2 Tage vor Ort). Dazu wurde für rund 3 h eine Motorsäge eingesetzt. Die Sparren wurden mit einem Lieferwagen mit Anhänger von Vordemwald nach Frick transportiert (An- und Rückfahrt, je 60 km). In der Zimmerei wurden die metallischen Verbindungsmittel in den Sparren durch einen Lehrling entfernt (10 h). Die Sparren wurden anschliessend von einer Person mit der Formatkreissäge und Vierseitenhobelmaschine bearbeitet (8 h). Es wurde eine Ausbeute von 70 % mitberücksichtigt, wonach von den 4.1 m³ rückgebauten Sparren 2.9 m³ Sparren wiederverwendet werden können. Die Lagerdauer vor der tatsächlichen Wiederverwendung wird mit zwei Jahren angenommen (bezogen auf 2.9 m³).

Die Berechnung der Treibhausgasemissionen basiert auf den Einschätzungen aus der Besichtigung des Rückbaus und den Gesprächen mit dem Landschaftsarchitekten C. Fluri. Im Unterschied zu den Kostenberechnungen, wurden die Treibhausgasemissionen für drei Wiederverwendungstätigkeiten berechnet: Wiederverwendung der Aussen-Holzverkleidungen durch die Schreinerei von Känel Altholz GmbH, Wiederverwendung der Sparren durch die Zimmerei Husner AG und Wiederverwendung diverser Holzprodukte projektintern beim Lärchenhof. In der Tabelle 3 sind die wichtigsten Annahmen zur Berechnung der Treibhausgasemissionen aufgeführt.

Tabelle 3: Berechnungsgrundlagen für Treibhausgasemissionen bei der Wiederverwendung von Holzprodukten in Vordemwald.

Unternehmen	Rückgebautes Material	Rückgebaute Menge (kg)	Ausbeute (%)	Wiederverwendete Menge (kg)	Rückbaugerät und Zeit	Transportweg (km)	Weiter-verarbeitung Maschine und Zeit	Lagerung
von Känel Altholz GmbH	Aussen-Holzverkleidungen	506	70%	354	nichts berechnet	100	Abrichtobelmaschine 8 h, Formatkreissäge 8 h	2 Jahre
Husner AG	Sparren	2054	70%	1438	Motorkettensäge Benzin 3 h	60	Formatkreissäge 4 h, Vierseiter 4 h	2 Jahre
Lärchenhof Projektintern	Diverse Holzprodukte	2052	85%	1744	Motorkettensäge Akku 2 h Stichsäge Akku 2 h	1	Formatkreissäge 4 h	Nicht berechnet

Die erweiterten Berechnungsgrundlagen mit den Annahmen zu den Maschinen, zum Transport und der Lagerung befinden sich im Anhang. Die Treibhausgasemissionen wurden auf der Grundlage von Angaben von Maschinenherstellern, aus der Ecoinvent Datenbank (Ecoquery 2025), bzw. der Liste der Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB 2022) berechnet. Bei der projektinternen Wiederverwendung in Vordemwald wurde darauf geachtet, dass möglichst viel Holz wiederverwendet werden kann. Diese Aussage bezieht sich nicht auf das Volumen, sondern auf die Ausbeute des rückgebauten Altholzes. Die beim Rückbau eingesetzten Maschinen wurden ausschliesslich elektrisch betrieben (mit 100 % Elektrizität der eigenen Photovoltaik-Anlage). Weiter wurden die Holzprodukte mit einem Elektro-Nutzfahrzeug transportiert. Für die Lagerung konnte ein altes Gebäude in Vordemwald zwischengenutzt werden. Aus diesem Grund wurden keine Treibhausgasemissionen für die Lagerung angenommen. Im Gegensatz zur projektinternen Wiederverwendung wurde die Wiederverwendung bei Husner AG und bei Känel Altholz GmbH gemäss dem Stand der Technik in Zimmereien und Schreinereien angenommen. Bei der Lagerung wurde dabei nur die Herstellung einer Halle mitberücksichtigt, nicht deren Betrieb.

Die berechneten Treibhausgasemissionen der wiederverwendeten Holzprodukte wurden mit der Herstellung von Holzprodukten aus Rundholz verglichen. Die wiederverwendeten Aussen-Holzverkleidungen bei von Känel Altholz GmbH wurden mit gehobeltem und technisch getrocknetem Fichtenholz verglichen (0.156 kg CO₂-eq./kg, KBOB 2022), und die wiederverwendeten Sparren bei Husner AG sowie die projektinternen diversen Holzprodukte wurden mit herkömmlichem Konstruktionsvollholz verglichen (0.288 kg CO₂-eq./kg, KBOB 2022).

3.7 Berechnung der Altholz-Verfügbarkeit aus rückgebauten Dachstühlen

Die Verfügbarkeit von einzelnen Altholz-Produktgruppen wurde in dieser Studie beispielhaft anhand der Holzdachstühle berechnet. Altholz aus Dachstühlen fällt beim Rückbau von Wohngebäuden mit einem Steildach, da die meisten Steildächer von Wohngebäuden aus Holz sind (unabhängig davon, ob das Gebäude in Massivbau- oder Holzbauweise gebaut ist) an. Die Altholzbalken (Sparren und Pfetten) aus Dachstühlen stellen somit ein interessantes Volumen hinsichtlich der

industriellen Weiterverarbeitung dar. Zudem sind heute rückgebaute Dachstühle meist aus unverklebtem Vollholz gefertigt und besitzen im Gegensatz zu vielen anderen Altholzprodukten grosse und einheitliche Dimensionen. Hervorzuheben ist ebenfalls, dass Altholz aus Dachstühlen, bei einem Gebäuderückbau von oben nach unten, relativ gut zugänglich ist.

Das jährlich anfallende Altholzvolumen aus Dachkonstruktionen wurde pro Kanton und als Summe für die ganze Schweiz berechnet. Die Aufschlüsselung je Kanton zeigt die geografische Verteilung des Altholzvolumens über die Fläche der Schweiz. Das Altholzvolumen wurde über die Anzahl an bestehenden Wohngebäuden in der Schweiz (BFS 2023) unter Einbezug des Anteils an Wohngebäuden mit Steildach, einer jährlichen Abbruchquote von 0.4 % (Guerra und Kast 2015) sowie eines durchschnittlichen Holzvolumens je Dachstuhl berechnet (Formel 1).

Formel 1: Berechnung des jährlichen Altholzvolumens aus Dachstühlen.

$$WG \times a \times b \times c = AV$$

WG: Anzahl an Wohngebäuden

a: Anteil an Steildächern (%)

b: Jährliche Abbruchquote (%)

c: Durchschnittliches Holzvolumen im Dachstuhl (m³/Gebäude)

AV: Altholzvolumen aus Dachstühlen (m³)

Der Anteil an Steildächern bei Wohngebäuden wurde anhand einer stichprobenartigen Zählung abgeschätzt. Dafür wurden Ausschnitte aus Satelliten Karten (www.map.geo.admin.ch) von vier Gemeinden (Hutzikon, Schöftland, Summiswald, Granges-pres-Marnand, n = 528 Gebäude) und vier Städten (Aarau, Bern, Lausanne, Winterthur, n = 748 Gebäude) ausgewählt und die Anzahl an Steil- sowie Flachdächern erfasst. Abbildung 11 zeigt beispielhaft das Vorgehen dieser Erhebung. Da davon ausgegangen werden muss, dass die Verteilung zwischen Steildächern und Flachdächern in Gemeinden und in der Stadt nicht gleich ist, wurde eine Gewichtung angewendet. Gemäss der SSV und BFS (2021) liegen 30 % der Wohngebäude in Schweizer Städten. Demnach wurde die Aufteilung zwischen Steil- und Flachdächern zu 70 % aus der Zählung der Gemeinden und zu 30 % aus der Zählung in den Städten berücksichtigt.



Abbildung 11: Beispiel für die Zählung von Steildächern (rot) und Flachdächern (blau) in Schöftland (links) und Aarau (rechts, Kartenausschnitte von www.map.geo.admin.ch).

Das durchschnittliche Holzvolumen in einem Dachstuhl für ein einzelnes Gebäude wurde aus der Projektarbeit von Arnold und Vallone (2025) abgeleitet. In der betrachteten Stichprobe weist ein Gebäude 0.065 m^3 Holz im Dachstuhl (Sparren und Pfetten) pro m^2 Gebäude-Grundrissfläche auf. Die durchschnittliche Gebäude-Grundrissfläche von Wohnbauten beträgt in der Schweiz 174 m^2 (BFS 2025). Demnach ist in einem durchschnittlichen Wohngebäude 11.3 m^3 Holz im Dachstuhl verbaut ($0.065 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 174 \text{ m}^2$).

4. Resultate und Diskussion

4.1 Rückbauzeiten von manuellen Rückbauten

Beim landwirtschaftlichen Holzgebäude in Vordemwald und beim Holz-Einfamilienhaus in Grindelwald wurden die Zeiten für den manuellen Rückbau über verschiedene Holzprodukte erhoben. Die beiden Rückbauprojekte zeigen für die gleichen Holzprodukte vergleichbare Rückbauzeiten. Die beobachteten Rückbauzeiten liegen zwischen 4.3 und 8.9 h/m³ (vgl. Abbildung 12).

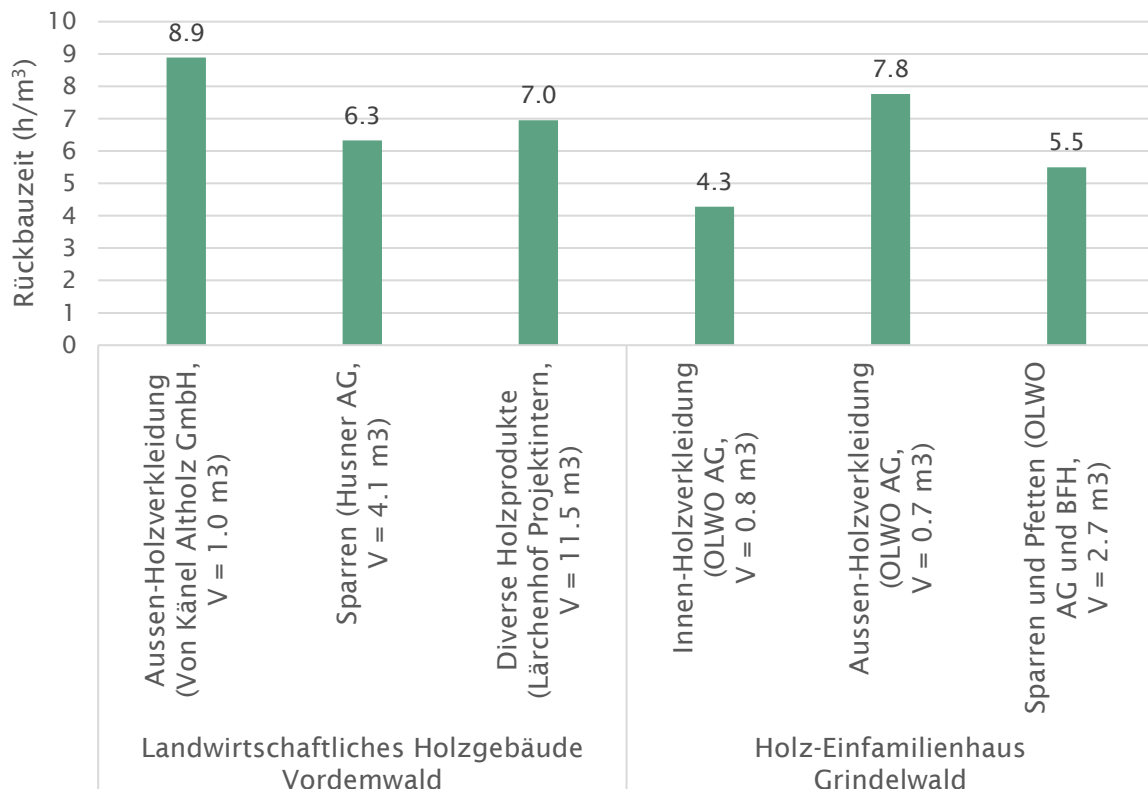


Abbildung 12: Zeitlicher Aufwand bei den manuellen Rückbauten beim landwirtschaftlichen Holzgebäude in Vordemwald und dem Holz-Einfamilienhaus in Grindelwald (Rückbauunternehmen in Klammern, V = rückgebautes Holzvolumen in m³).

Die erhobenen Rückbauzeiten geben erste Erkenntnisse über den Aufwand eines manuellen Rückbaus. Wie im Unterkapitel 4.8 beschrieben, wird dieser Aufwand unter anderem durch die Einbausituation der Holzprodukte beeinflusst. Die Wahl der Rückbaugeräte dürfte ebenfalls einen Einfluss auf die Rückbauzeiten haben. Dementsprechend kann der Zeitaufwand bei anderen Rückbauprojekten höher bzw. tiefer ausfallen.

Mit den vorhandenen Daten können keine Aussagen zu Unterschieden zwischen den untersuchten Holzprodukten (Innen- und Aussen-Holzverkleidung, Sparren und Pfetten) bezüglich der Rückbauzeiten gemacht werden. Bei den Resultaten fällt auf, dass die Aussen-Holzverkleidung bei beiden Rückbauprojekten den grössten Rückbauaufwand verursacht hat. Ob sich daraus ein Hinweis auf einen grundsätzlich höheren Aufwand beim Rückbau von Aussen-Holzverkleidungen ableiten

lässt, dazu lässt sich aufgrund der limitierten Probengrösse keine abschliessende Aussage machen (vgl. Unterkapitel 4.6).

4.2 Kosten bei der Wiederverwendung

Für die durch die Husner AG wiederverwendeten Sparren wurden beim Rückbauprojekt im Vordemwald die Kosten berechnet. Dabei wurde der Rückbau, Transport zur Zimmerei Husner AG, das Entnageln, Hobeln sowie die Lagerung mitberücksichtigt. Die Wiederverwendung der Sparren kostete die Husner AG rund 1'251 CHF/m³ (Tabelle 4).

Tabelle 4: Berechnete Kosten für 1 m³ wiederverwendeter Sparren in einer Zimmerei. Ausbeuteverluste von 30 % sind in die Werte einbezogen.

	CHF/m ³
Transportkosten	125
Lohnkosten Rückbau	544
Kettensäge Rückbau	16
Lagerkosten	200
Lohnkosten Entnageln, Sägen und Hobeln	254
Maschinenkosten Vierseitenhobelmaschine und Formatkreissäge	111
Total	1'251

Der Grossteil der Kosten entfällt dabei auf den Lohn (64 %). Rund 16 % der Kosten werden durch die Lagerung verursacht. Die Transportkosten (10 %) und Maschinenkosten (10 %) stellen vergleichsweise kleine Kostenanteile dar (Abbildung 13).

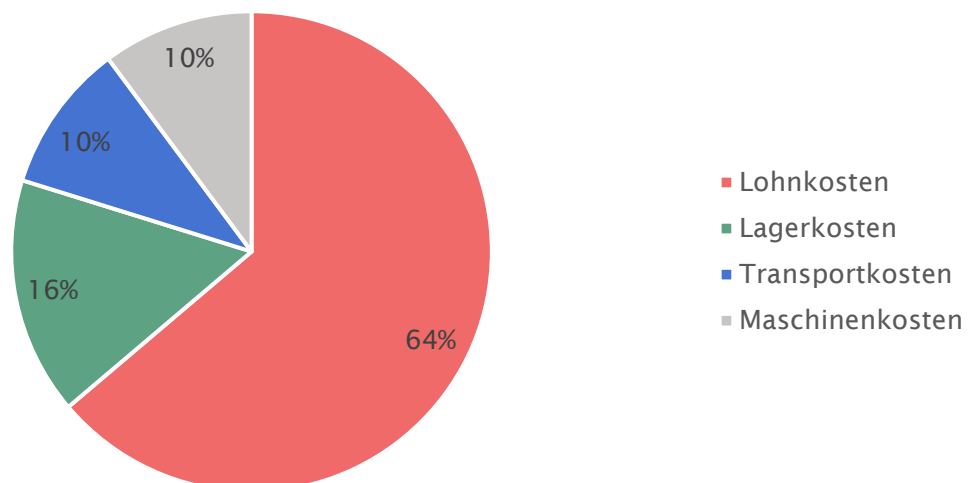


Abbildung 13: Aufteilung der Kosten bei der Wiederverwendung von Sparren in einer Zimmerei.

Konstruktionsvollholz aus Fichte (*Picea abies*) für den nicht sichtbaren Bereich wird heute für 800 bis 900 CHF/m³ gehandelt (OLWO 2025). Die Kosten für eine Wiederverwendung der Sparren aus dem Rückbauprojekt in Vordemwald sind mit 1'251 CHF/m³ deutlich höher. Bei einer detaillierten Kostenberechnung würden zusätzlich zu den bereits betrachteten Kosten noch weitere Kosten wie allgemeine Betriebskosten, Verwaltungskosten und Aufschläge für Gewinn und Risiko hinzukommen. Dementsprechend würde ein realistischer Verkaufspreis auf dem freien Markt deutlich höher ausfallen als die hier verglichenen Preise von Konstruktionsvollholz der OLWO AG. Die hier aufgeführten Kosten gelten beispielhaft für das Rückbauprojekt in Vordemwald. Bei anderen Rückbauprojekten können diese Kosten höher oder tiefer ausfallen, insbesondere durch andere Rückbauzeiten sowie kürzere oder längere Lagerzeiten.

4.3 Treibhausgasemissionen bei der Wiederverwendung

Bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen wurden, neben der Wiederverwendung der Sparren durch die Husner AG, auch die Wiederverwendung der Aussen-Holzverkleidungen durch die von Känel Altholz GmbH und die projektinterne Wiederverwendung beim Neubau Lärchenhof berücksichtigt. Die berechneten Treibhausgasemissionen der wiederverwendeten Holzprodukte werden den Treibhausgasemissionen der Herstellung von neuen Holzprodukten gegenübergestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit werden die Resultate auf die Bezugsgrösse von 1 t umgerechnet. Die Wiederverwendung von 1 t Sparren durch die Husner AG verursacht tiefere Treibhausgasemissionen als die Herstellung von neuem Konstruktionsvollholz (181 kg CO₂-eq./t vs. 288 kg CO₂-eq./t). Hingegen verursacht die Wiederverwendung der Aussen-Holzverkleidungen bei der von Känel Altholz GmbH mehr Treibhausgasemissionen als neue Holzbretter (243 kg CO₂-eq./t vs. 156 kg CO₂-eq./t). Kaum Treibhausgasemissionen werden bei der projektinternen Wiederverwendung verursacht (2 kg CO₂-eq./t, vgl. Abbildung 14).

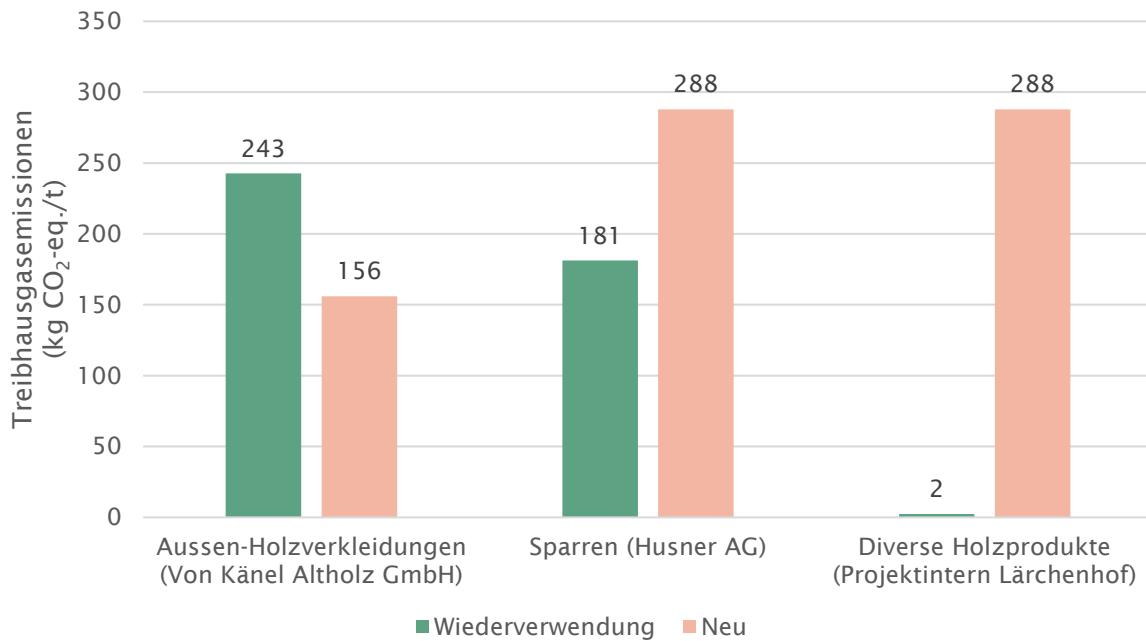


Abbildung 14: Vergleich der Treibhausgasemissionen bei der Wiederverwendung von Holzprodukten mit der Herstellung von neuen Holzprodukten.

Die Treibhausgasemissionen bei der Wiederverwendung der Aussen-Holzverkleidungen bei der von Känel Altholz GmbH und der Sparren durch die Husner AG werden mehrheitlich durch die Lagerung verursacht (51 % respektive 67 %). Ebenfalls hat der Transport grosse Anteile (32 % respektive 26 %). Die Maschinen für den Rückbau und die Bearbeitung verursachen hingegen nur 17 % respektive 7 % der Treibhausgasemissionen. Die sehr tiefen absoluten Treibhausgasemissionen bei der projektinternen Wiederverwendung (2 kg CO₂-eq./t) werden zu 94 % von den Maschinen und zu 6 % vom Transport verursacht (bei der Lagerung wurden keine Treibhausgasemissionen angenommen).

Die Treibhausgasemissionen bei der Lagerung könnten halbiert werden, wenn die Lagerdauer von 2 Jahren auf 1 Jahr reduziert wird. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts ist die tatsächliche Lagerdauer noch nicht bekannt.

Die tiefen Treibhausgasemissionen bei der projektinternen Wiederverwendung beim Neubau Lärchenhof resultieren insbesondere aus dem vernachlässigbaren Transportweg von 1 km und der Zwischenlagerung der Holzprodukte in einem ungenutzten Gebäude in der gleichen Gemeinde (für welches keine Treibhausgasemissionen für die Lagerung angenommen wurden). Zudem sind alle eingesetzten Maschinen sowie auch das Transportmittel elektrisch betrieben.

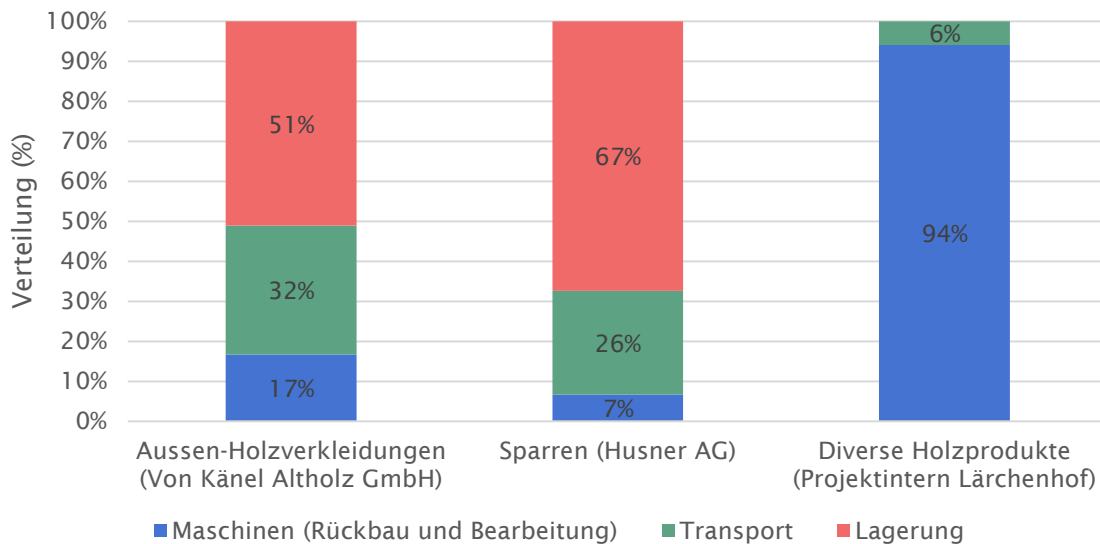


Abbildung 15: Aufteilung der Treibhausgasemissionen bei der Wiederverwendung von Holzprodukten in Lagerung, Transport und Maschinen. Das Total der jeweiligen Treibhausgasemissionen ist in Abbildung 14 dargestellt.

An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass die hier präsentierten Berechnungen auf den realen oder prognostizierten Rahmenbedingungen der betrachteten Fälle basieren. Es wurde bewusst auf vereinheitlichte Rahmenbedingungen verzichtet. Es können daher keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden, die sich auf die Ergebnisse dieser Studie beziehen.

4.4 Dokumentation Rückbauprojekt Massivbau mit Holzdachstuhl in Zürich

Die Schulanlage in Zürich wurde konventionell mit einem Bagger rückgebaut. Der Massivbau mit einem Holzdachstuhl wurde in horizontaler Richtung abgebrochen und das Untergeschoss etappenweise mit mineralischem Rückbaumaterial aufgefüllt, damit der Abbruch-Bagger während der Arbeiten nicht in den unterkellerten Untergrund einbricht. Beim Rückbau des Dachstuhl wurde Balken für Balken mit einem Greifaggregat des Baggers entfernt. Wie in den nachfolgenden Abbildung 16 und Abbildung 17 zu sehen ist, verbleiben die Holzbalken nach dem Rückbau häufig im Verbund mit anderen Holzbauteilen (Dachlatten und Unterdach). Da die Holzbalken projektintern für die Baugrubensicherung der Neubauten wiederverwendet wurden, wurden diese mit einem kleineren Bagger, einem Brecheisen und einer Winkelschleifmaschine am Boden aus dem Verbund gelöst (Abbildung 18 und Abbildung 19). Im Laufe des Rückbaus und der Aufbereitung am Boden wurden die Holzbalken zerkleinert und teilweise stark beschädigt (vgl. Abbildung 20).



Abbildung 16: Rückbau der Schulanlage (Turnhalle) Triemli in Zürich mit einem Bagger (Foto L. Seidl, BFH).



Abbildung 17: Rückgebautes Holzelement (Schulgebäude) wird mit Wasser besprüht, um die Staubbildung zu minimieren (Foto L. Seidl, BFH)



Abbildung 18: Separierte Holzbalken werden mit einem Minibagger von den Dachlatten befreit (Foto L. Seidl, BFH).



Abbildung 19: Rückgebautes Altholz für die Wiederverwendung als Baugrubensicherung beim Neubau vor Ort (Foto L. Seidl, BFH).

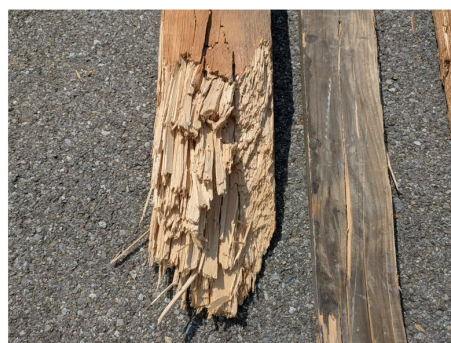
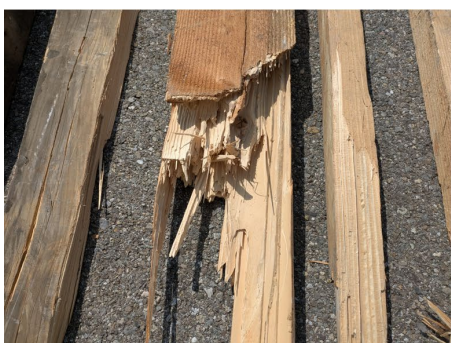


Abbildung 20: Rückbauschäden vom Baggereinsatz am Altholz (Foto L. Seidl, BFH).

4.5 Dokumentation Rückbauprojekt landwirtschaftliches Holzgebäude in Vordemwald

Beim landwirtschaftlichen Holzgebäude in Vordemwald wurden die Dachziegel im Vorfeld separat rückgebaut. Anschliessend war das Dach nach oben offen, da kein Unterdach vorhanden war. Einzig die Dachlatten waren auf die Sparren genagelt (vgl. Abbildung 21). In diesem Gebäudezustand

haben die Unternehmen von Känel Altholz GmbH Aussen-Holzverkleidungen und Husner AG Sparren rückgebaut. Die Aussen-Holzverkleidungen waren genagelt und musste mit einem Brecheisen rückgebaut werden. Um die Bretter für den Transport vorzubereiten, wurden die Nägel direkt auf der Baustelle mit Hammer und Zange entfernt (vgl. Abbildung 22). Beim Rückbau der Sparren durch die Husner AG wurde zuerst die Dachlattung entlang der Sparren und dann die Sparren unten sowie oben mit einer Kettensäge getrennt. Anschliessend konnten die Sparren auf der Mittelpfette abgedreht und nach unten gehoben werden (vgl. Abbildung 23, Abbildung 24). Nach dem gleichen Prinzip wurden auch diverse andere Holzbauteile für das Neubauprojekt vor Ort rückgebaut.

Insbesondere beim älteren Teil des Gebäudes hatte das Altholz eine mindere Qualität. Risse, Insektenbefall und Querschnitte mit einem grossen Anteil an Baumkante führten dazu, dass diese Holzbalken nicht wiederverwendet werden konnten (vgl. Abbildung 25). Durch das Abtrennen der Sparren oben und unten vor der Pfette konnten die Sparren schnell rückgebaut, und das zeitaufwändige Herausziehen der Sparrennägeln oben und unten konnte umgangen werden. Jedoch führte dies zu einem vermeidbaren Materialverlust.



Abbildung 21: Landwirtschaftliches Holzgebäude nach dem Rückbau der Ziegel (Foto P. Fuchs, BFH)



Abbildung 22: Rückbau der Aussen-Holzverkleidungen mit einem Brecheisen (Foto C. Fluri).



Abbildung 23: Abtrennen der Sparren mit einer Kettensäge unten und oben (Foto links) und Abdrehen des Sparrens auf der Mittelpfette (Foto rechts, Fotos C. Fluri).



Abbildung 24: abgetrennte Sparren mit Dachlattung (Foto P. Fuchs, BFH)



Abbildung 25: niedrige Qualität von Altholz durch Risse, nicht-rechteckige Balkenquerschnitte und Schäden durch Insektenbefall (Foto P. Fuchs, BFH)

4.6 Dokumentation Rückbauprojekt Holz-Einfamilienhaus in Grindelwald

Beim Rückbau des Holz-Einfamilienhauses in Grindelwald wurden Innen- und Aussen-Holzverkleidungen sowie Teile des Dachstuhls manuell rückgebaut. Dafür wurden folgende Werkzeuge und Maschinen eingesetzt: Brecheisen, Handkreissäge, Hammer, oszillierendes Multitool, Kettensäge, Akkuschrauber und Teppichmesser. Der manuelle Rückbau stellte sich teilweise als zeitaufwändig heraus (siehe auch Unterkapitel 4.2), insbesondere, wenn die Verbindungsmittel der Holzbauteile verdeckt waren. Das Herausdrehen von Schrauben verursachte nur geringe Schäden am Holzbauteil, war jedoch zeitaufwändig (unterschiedliche Schrauben mit diversen Schraubenantrieben). Hervorzuheben ist der Rückbau der Innen-Holzverkleidung, wo die Holzbretter in der Nut der Bretter befestigt waren. Der Rückbau führte bei diesem Holzprodukt teils zu gravierenden Rückbauschäden. Eine direkte Wiederverwendung ohne eine vorgelagerte Bearbeitung wäre in diesem Szenario nicht möglich. Beim Rückbau der Aussenfassade wurde festgestellt, dass sich verzinkte Nägel nur sehr schwer lösen lassen. In Kombination mit den engen Platzverhältnissen zwischen Gerüst und Fassade, sowie eingnuteten Holzverkleidungen in die Dachbalken, führte dies zu einem zeitaufwändigen Rückbau. Bei den Innen- und Aussen-Holzverkleidungen war das Herauslösen ganzer Bretter aufgrund der Festigkeit des Holzes nur bedingt möglich. In einigen Fällen kam es zu Brüchen oder Rissen im Brett.

Für den manuellen Rückbau der Sparren und Pfetten, mussten die Ziegel- und Konterlattung, sowie die bituminöse Unterdachbahn und die Dachschalung (aufgenagelte Bretter) entfernt werden. Die Zwischensparrendämmung war mit Leisten seitlich an die Sparren genagelt, welche mit geringem Kraftaufwand mithilfe eines Nageleisens entfernt werden konnten (zusätzlicher Zeitaufwand). Das Herausheben der Sparren war im Anschluss einfach umzusetzen. Die einzige zu lösende Verbindungen waren die Nägel, die Sparen und Pfette miteinander verbinden. Da die Pfetten und Sparren seinerzeit mit Mark verbaut wurden und die Holzfeuchtigkeit nach dem Einbau gesunken ist, weisen die meisten Holzbalken Risse auf. Besonders bei Holzbalken in Wandkonstruktionen wurden viele einige Löcher und Aussparungen aufgrund von Holzverbindungen und Gebäudeinstallationen festgestellt. Nachfolgend sind einige der hier beschriebenen Beobachtungen fotografisch dargestellt (vgl. Abbildung 26 bis Abbildung 41).

Rückbau Innen-Holzverkleidung:



Abbildung 26: Rückbau der Innen-Holzverkleidung mit einem Trennschnitt oben und unten (Foto M. Arnold, OLWO).

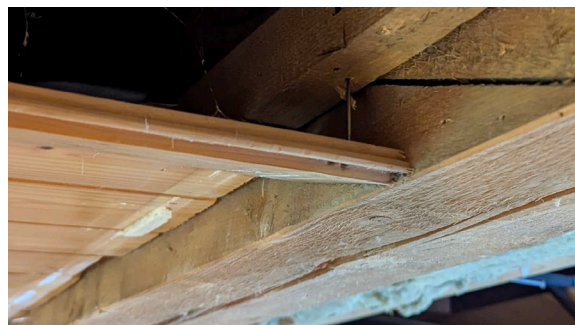


Abbildung 27: Im Kamm genagelte Holzverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO)



Abbildung 28: Erschwerter Rückbau der beplankten Holzverkleidungen mit Gipsfaserplatten (Foto. M. Arnold, OLWO).



Abbildung 29: Rückbauschäden an Kamm und Nut der Holzverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO)



Abbildung 30: Verschiedene Schraubentypen und -längen mit unterschiedlichen Bit-Einsätzen (Foto M. Arnold, OLWO)



Abbildung 31: Gebundene rückgebaute Innen-Holzverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO)

Rückbau Aussen-Holzverkleidung:



Abbildung 32: Rückbau der Aussen-Holzverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO)



Abbildung 33: Erschwerter Rückbau der Aussen-Holzverkleidung durch die teils eingenetete oder von innen befestigte Aussenverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO)



Abbildung 34: Rückbauschaden und erschwelter Ausbau durch die gute Befestigung der Aussen-Holzverkleidung mit verzinkten Nägeln (Foto M. Arnold, OLWO)



Abbildung 35: Rückgebaute Aussen-Holzverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO)

Rückbau Dachstuhl:

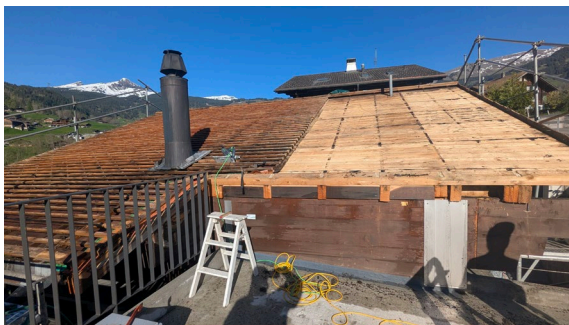


Abbildung 36: Rückbau der Dachlattung (Foto M. Arnold, OLWO)



Abbildung 37: Rückbau der genagelten Unterdachbretter mit einem Brecheisen (Foto M. Arnold, OLWO)



Abbildung 38: heraushebeln der Sparren mit einem Brecheisen (Foto P. Fuchs, BFH)



Abbildung 39: rückgebautes Altholz aus dem Dachstuhl mit Sparren-Nägeln (Foto P. Fuchs, BFH)



Abbildung 40: Holzverbindungen beim Rückgebauten Altholz aus der Wand. (Fotos P. Fuchs, BFH)



Abbildung 41: Risse in den rückgebauten Sparren durch das Schwindverhalten von Holzbalken mit Markröhre oder Streifmark (Fotos P. Fuchs, BFH)

4.7 Verfügbarkeit von Dachstühlen aus dem Gebäuderückbau

Die stichprobenartige Zählung von Steildächern und Flachdächern hat ergeben, dass 84 % der Wohngebäude in der Schweiz ein Steildach besitzen. Es wird für diese Überslagsrechnung zudem angenommen, dass alle Steildächer aus Holz gebaut sind. Von den rund 1.8 Mio. Wohngebäuden in der Schweiz haben demnach rund 1.5 Mio. Gebäude ein Steildach aus Holz. Mit einer Abbruchquote von 0.4 % ergibt dies rund 6'000 Wohngebäude mit Steildach, welche jährlich in der Schweiz rückgebaut werden. Dies entspricht einem theoretischen Altholzvolumen aus Dachstühlen von rund 68'000 m³. Bei rund 1 Mio. m³ Altholzvolumen in der Schweiz (Fuchs et al. 2025) würde Altholz aus Dachstühlen 6.8 % ausmachen. In Abbildung 42 sind die Altholzvolumina aus Dachstühlen pro Kanton dargestellt.

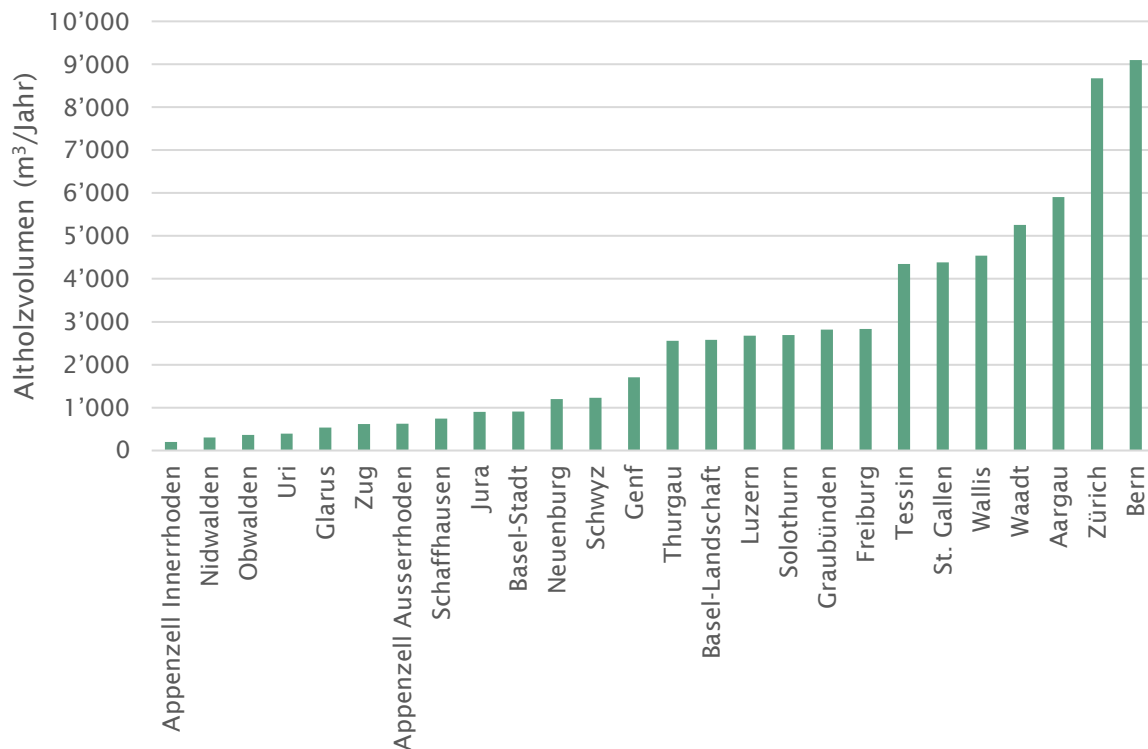


Abbildung 42: Berechnete jährliches Altholzvolumen nach Kanton aus rückgebauten Dachstühlen.

Die hier dargestellten Altholzvolumen aus Dachstühlen stellen das maximale verfügbare Volumen dar. In der Realität ist jedoch zu beachten, dass es für Unternehmen, welche sich auf die stoffliche Verwertung genau dieses Altholzflusses spezialisieren, schwierig sein wird, das ganze Potential abzugreifen. Das lässt sich mit den teilweise sehr weiten Transportdistanzen der Abbruchstellen zu dem Ort der Aufbereitung sowie des erneuten Einsatzortes begründen. Ausserdem ist der organisatorische Aufwand heute noch sehr gross. Die Abbruchfirmen denken stand heute noch nicht an Wiederverwendungs-Szenarien. Stoffliches Recycling von Altholz spielt bisher lediglich in der Spanplattenproduktion eine Rolle.

4.8 Zentrale Herausforderungen

Durch die Begleitung der drei Rückbauprojekte konnten einige zentrale Herausforderungen identifiziert werden. Diese basieren auf den Beobachtungen bei der Begleitung der Abbrüche, den Gesprächen mit den beteiligten Personen, aber auch auf dem Mithelfen beim manuellen Rückbau in Grindelwald. Zusätzlich sind die Erfahrungen bei der Sortierung der Altholzmulden bei Schneider Umweltservice (im Rahmen der Bachelorarbeit von J. Steinemann), aber auch die mehrfachen Besichtigungen der Altholzaufbereitung bei Schneider Umweltservice AG in die Ergebnisse eingeflossen. Die Herausforderungen bei der stofflichen Verwertung von Altholz werden nachfolgend qualitativ beschrieben. Die in diesem Kapitel genannten Punkte haben einen Einfluss auf die Altholz-Ausbeute bzw. beeinflussen den Aufwand bei der Herstellung von Vollholzprodukten aus Altholz. Ausbeute und der Aufwand beeinflussen wiederum Kosten und Umweltwirkungen der verschiedenen stofflichen Verwertungs-Szenarien.

Einbausituation

Wie ein Holzprodukt verbaut ist, beeinflusst massgeblich den Aufwand bei dessen Rückbau. Besonders bei einem manuellen Rückbau, bei dem die Bauteile möglichst unbeschädigt erhalten bleiben sollen, kann hat die Einbausituation einen starken Einfluss auf die Kosten. Bei einem konventionellen Rückbau eines Gebäudes mit einem Bagger spielt die Einbausituation eine untergeordnete Rolle. Die Einbausituation respektive der Aufwand bei einem manuellen Rückbau wird unter anderem durch Zugänglichkeit (offen oder verdeckt, Dachgeschoss oder tiefergelegenes Geschoss), der statischen Relevanz des Bauteiles sowie der Montageart (verklebt, geschraubt, genagelt oder geklammert) beeinflusst. Leicht zugängliche, nicht tragende Bauteile mit gut lösbaren Verbindungen ermöglichen einen schnellen Rückbau der Holzprodukte. Auf der anderen Seite führen schwer zugängliche, tragende Bauteile mit schwer lösbaren Verbindungen zu einem hohen Rückbauaufwand.

Platzverhältnisse Baustelle

Oft behindern die engen Platzverhältnisse beim Gebäuderückbau das Vorsortieren der Rückbaumaterialien in verschiedene Mulden. So entstehen Mulden mit gemischten Materialien (zum Beispiel gemischte brennbare Bauabfälle mit Kunststoff und Holz). In einigen Rückbauprojekten fehlt zudem der Platz für grosse Rückbaumaschinen, welche z.B. für das Herausheben grossvolumiger Holzbauteile erforderlich wären.

Altholzqualität

Abgesehen von den Rückbauschäden am Altholz weist Altholz durch seine Vorgeschichte nach heutigen Standards teilweise eine mindere Qualität auf. Bei der Verwertung zu neuen Vollholzprodukten, bei der man in der Regel mit Rundholz konkurriert, wirkt sich die niedrigere Holzqualität als Nachteil aus. Beobachtet wurden dabei unter anderem Risse, Verformungen der Bauteile, Ausschnitte, Löcher und Verfärbungen durch metallische Verbindungsmittel, sowie Insekten- und Pilzbefall. Bei der Herstellung von Vollholzprodukten führen diese Mängel zu einer vergleichsweise geringen Ausbeute (Auskappen oder Abhobeln der Mängel) und damit zu einer Erhöhung des Bearbeitungsaufwandes. Zum Beispiel wurden viele Dachsparren nach damaligen Standards mit Mark und waldfrisch verbaut. Dies führte zu einem Nachtrocknen der Dachsparren im Gebäude und zur Bildung von Trocknungsrisen in Wuchsrichtung der Holzbalken. Diese Risse bilden sich meist auf beiden Seiten und reichen bis zum Mark. Bei einem konventionellen Gebäuderückbau kommt es zudem durch die eingesetzten Maschinen zu Rückbauschäden. Das Altholz weist häufig Quetschungen, Risse und Brüche auf. Meist werden diese Schäden durch die Greifzange der eingesetzten Bagger verursacht.

Vielfalt an Dimensionen

Für industrielle Holzbearbeitungsprozesse werden standardisierte, homogene Dimensionen gleicher Qualität vorausgesetzt. Sie ermöglichen es, grosse Holzmengen mit der gleichen Maschineneinstellung zu bearbeiten und die Automatisierung präzise an die standardisierten Dimensionen anzupassen. Einige Altholzsortimente weisen variierende Dimensionen auf. Die Dimensionen

sowie die Qualität ist stark geprägt durch die verschiedenen Holzproduktgruppen und Anwendungen während der ersten Lebensphase. Die Sortierung in standardisierte Altholzdimensionen und deren Lagerung ist derzeit nicht Stand der Technik.

Metallische Verbindungsmittel

Holzbearbeitungsmaschinen sind darauf ausgelegt, dass sich keine Fremdkörper im Holz befinden. Aus diesem Grund muss Altholz vor der Bearbeitung von jeglichen Störstoffen befreit werden. Heute werden metallische Verbindungsmittel ausschliesslich manuell durch Mitarbeitende entfernt. In einer industriellen Altholzaufbereitung muss die Störstoffbeseitigung aber automatisiert stattfinden. Die Störstoffbeseitigung, speziell die Metallentfernung, stellen dabei eine zentrale Herausforderung hinsichtlich der Altholzverarbeitung dar; hier besteht ein grosser Entwicklungsbedarf.

Holzschutzmittel

In den letzten 100 Jahren haben sich die Anforderungen an chemische Holzschutzmittel stark verändert. Viele Holzschutzmittel, welche vor 50 Jahren eingesetzt wurden, sind heute nicht mehr zulässig. In der Schweiz existieren keine Vorschriften bezüglich eines Holzschutzscreenings vor einem Rückbau. Dementsprechend kann mit problematischen Holzschutzmitteln behandeltes Holz in den Altholzfluss gelangen. Besonders kritisch sind dabei nicht sichtbare Holzschutzmittel, da damit behandeltes Altholz in Recycling-Zentren nicht optisch aussortiert werden können. In der Schweiz sind die Anforderungen an stofflich verwertetes Altholz in der Abfallverordnung geregelt. Um die jeweiligen Grenzwerte einhalten zu können, muss entsprechendes Altholz aussortiert und beseitigt oder speziell aufbereitet werden. Ca. 30 % der heute abgebrochenen Dachkonstruktionen sind mit Holzschutzmitteln behandelt. Es wird daher an Verfahren gearbeitet, Holzschutzmittel über mechanische (Sägen, Hobeln) oder chemische Prozesse (dampfgestützte Desorption) zu entfernen. Ebenfalls in der Entwicklung befinden sich Methoden zum sicheren und praxistauglichen Detektieren von Holzschutzmitteln, wobei die Überprüfung bereits im Gebäude oder im nachgelagerten Altholzstrom stattfinden kann. Entsprechende Verfahren haben allerdings noch keine Marktreife erreicht.

Geografische Verteilung und verfügbare Mengen

Altholz fällt geografisch dort an, wo Holzprodukte das Ende ihres Lebens erreicht haben und entsorgt oder rückgebaut werden. Dementsprechend fällt Altholz in kleinen Mengen verteilt über die gesamte Schweiz an. Stand heute wird es gesammelt und in Mulden zu einem Recyclinghof transportiert. In der Schweiz sind die Recycling-Zentren dezentral verteilt und sammeln jeweils nur einen kleinen Teil des schweizweit anfallenden Altholzes. Bei einem Gebäuderückbau fallen eher kleine Mengen an Altholz an, verglichen mit Materialmengen, wie sie für einen industriellen Prozess erforderlich wären (siehe Unterkapitel 3.7). Für eine industrielle stoffliche Verwertung ab dem Gebäuderückbau müsste man dementsprechend Zugang zu einer grossen Zahl an Rückbauten erhalten und diese entsprechend koordinieren. Altholz, welches in Mulden beim Recyclinghof vorliegt, hat zwar eine niedrigere Qualität. Insbesondere sind die Dimensionen kleiner, und das Material liegt als Gemisch aus verschiedenen Holzprodukten vor. Dafür sind aber die Mengen

grösser. Die verfügbaren Altholzmengen für eine industrielle Weiterverarbeitung sind einerseits durch die Anforderungen (Produktgruppen und Qualität) und andererseits durch die Wirtschaftlichkeit der Transportdistanzen begrenzt.

Verklebtes Altholz

Verklebtes Altholz ist mit Unsicherheiten bezüglich der mechanischen Eigenschaften der Klebstofffugen verbunden, und zwar insbesondere, wenn das Alter und die Nutzungsgeschichte des Bauteiles nicht bekannt sind. Damit eine Wiederverwendung ermöglicht werden kann, müssen zerstörungsfreie Prüfungen den Nachweis für intakte Klebefugen erbringen. Alternativ muss die Anwendung so gewählt werden, dass der Zustand der Klebefuge keinen Einfluss auf die Bauteilsicherheit hat, zum Beispiel im nicht tragenden Bereich.

5. Schlussfolgerung

Durch die Begleitung der drei Rückbauprojekte wurden zentrale Herausforderungen sichtbar. Als wichtigste sind zu nennen: die Einbausituation der Holzprodukte im Gebäude, Platzverhältnisse auf der Baustelle, Altholzqualität, metallischen Verbindungsmittel, Holzschutzmittel, die lokale Verfügbarkeit von Altholz und Komplexität des Altholzflusses durch unterschiedliche Dimensionen. Diese Faktoren beeinflussen sowohl die Ausbeute als auch den Aufwand für die Herstellung von Vollholzprodukten aus Altholz. In der Folge wirken sie sich direkt auf die Kosten und die Umweltwirkungen stofflicher Verwertungsszenarien aus.

Der manuelle Rückbau erwies sich in den begleiteten Projekten als zeitintensiv. Der durchschnittliche Aufwand betrug rund 6.5 h pro m³ Altholz. Im Rückbauprojekt in Vordemwald lagen die Kosten der wiederverwendeten Sparren über dem Marktpreis vergleichbarer Primärholzprodukte. Die Berechnung der Treibhausgasemissionen des wiederverwendeten Altholzes beim Rückbauprojekt in Vordemwald zeigt, dass die Treibhausgasemissionen je nach Szenario nicht immer niedriger als bei der Herstellung vergleichbarer Holzprodukte aus Rundholz sind. Damit wird die verbreitete Annahme in Frage gestellt, dass die Wiederverwendung von Altholz grundsätzlich mit tieferen Treibhausgasemissionen gegenüber der Primärherstellung verbunden ist. Wesentliche Einflussfaktoren sind hier die transport- und lagerbedingten Emissionen. Insgesamt lässt sich vermuten, dass durch Skalierungseffekte (z.B. in der Logistik) und technologische Entwicklungen zukünftig Kosten und Umweltwirkungen weiter optimiert werden können.

Die in dieser Studie identifizierten Herausforderungen bei der Verwertung von Altholz aus dem Gebäuderückbau, die berechneten Kosten und Umweltwirkungen sowie die exemplarisch ermittelten verfügbaren Mengen von Altholz aus Dachstühlen in der Schweiz bilden eine wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung von Wiederverwendungs- und Recyclingstrategien. Wesentliche Handlungsfelder für Entwicklungen sind die automatisierte Beseitigung von Störstoffen, insbesondere von metallischen Verbindungsmitteln, sowie die mechanische und/oder chemische Entfernung von seinerzeit eingesetzten und heute nicht mehr zulässigen chemischen Holzschutzmitteln und der anschliessende Nachweis der Unbedenklichkeit des dekontaminierten Altholzes.

6. Literaturquellen

- Arnold M., E. Vallone** (2025). «Bestandesanalyse von Schweizer Holzbauten für eine Wiederverwendung der Tragkonstruktion». Projektarbeit, Berner Fachhochschule, Biel
- BFS** (2023). «Allgemeine Übersicht Gebäude nach Kantonen 2023». www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen/ (abgerufen am 01.09.2025)
- BFS** (2025). «Durchschnittliche Gebäudegrundfläche nach Gebäudekategorie und Kanton». www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen (abgerufen am 12.12.2025)
- Böhm F., K. Richter, M. Risse** (2025). "Cascading potential of salvaged rafters from building demolition and deconstruction in southern Germany". *Journal of Cleaner Production*, 495
- Ecoquery** (2025). Ecoinvent database Version 3.10.1 cutoff. <https://ecoquery.ecoinvent.org/> (abgerufen am 14.11.2025)
- Fuchs P., L. Seidl, H. Thömen** (2025a). «Altholzflüsse der Schweiz: eine literaturbasierte Analyse». Projektbericht. Berner Fachhochschule, Institut für Baustoffe und biobasierte Materialien, Biel
- Fuchs P., L. Seidl, H. Thömen** (2025b). «Terminologie für die stoffliche Verwertung von Altholz und Restholz». Glossar. Berner Fachhochschule, Institut für Baustoffe und biobasierte Materialien, Biel
- Guerra F., B. Kast** (2015). «Bauabfälle in der Schweiz, Hochbau Studie 2015». Wüest und Partner, Zürich
- Holzbau Schweiz Sektion Bern** (2022). «Regieansätze 2022». www.holzbau-schweiz.ch (abgerufen am 14.11.2025)
- KBOB** (2022). "Liste der Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2022, Version 7.0". www.kbob.admin.ch/de/oekobilanzdaten-im-baubereich (abgerufen am 19.12.2025)
- OLWO** (2025). Webshop, Konstruktionsvollholz KVH NSI. www.olwo.ch (abgerufen am 05.12.2025)
- SSV und BFS** (2021). «Statistik der Schweizer Städte 2021: Statistisches Jahrbuch des Schweizerischen Städteverbandes». Schweizerischer Städteverband SSV und Bundesamt für Statistik BFS, Bern
- Steinemann J.** (2025). "Charakterisierung von Altholz: Untersuchung von Dimension, Holzfeuchte und Metallverbindungsmittel auf einem Schweizer Recyclingzentrum zur Förderung der Kreislaufwirtschaft". Bachelorarbeit, Berner Fachhochschule, Biel

7. Verzeichnisse

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersucher Muldeninhalt von Industrie-Restholz von einer Baustelle (oben links), von Altholz aus einem Dachstuhl (oben rechts) und von Altholz aus dem Innenausbau (unten links und rechts, Bilder J. Steinemann).	6
Abbildung 2: Sortierung einer Altholz-Mulde von einem Dachstuhl in Dimensionskategorien (Bilder: J. Steinemann).	7
Abbildung 3: Prozentuale Verteilung der Masse von vier Mulden in Dimensions-Kategorien. Grau: Nicht geeignet für die Verwertung von Vollholzprodukten (eigene Abbildung basierend auf Daten von Steinemann 2025).	7
Abbildung 4: Metallische Verbindungsmittel beim Altholz wie zum Beispiel Klammern oder Nägel (Bild: J. Steinemann).	8
Abbildung 5: Holzvolumen nach Gebäudetypologie in Dach, Wand und Decke (eigene Abbildung basierend auf Daten von Arnold und Vallone 2025).	9
Abbildung 6: Abhängigkeit des Holzvolumens im Dach vom Gebäudegrundriss (eigene Abbildung basierend auf Daten von Arnold und Vallone 2025)	10
Abbildung 7: Durchschnittliche Dimensionen der untersuchten Gebäudetypologien (eigene Abbildung basierend auf Daten von Arnold und Vallone 2025).	10
Abbildung 8: Schulanlage Triemli Zürich vor dem Rückbau der Turnhalle (links) und dem Schulgebäude mit Klassenzimmern (rechts, Bild: Stadt Zürich)	13
Abbildung 9: Landwirtschaftliches Holzgebäude in Vordemwald vor dem Rückbau (Foto C. Fluri)14	
Abbildung 10: Einfamilienhaus aus Holz in Grindelwald vor dem Rückbau (Foto L. Seidl, BFH)....	15
Abbildung 11: Beispiel für die Zählung von Steildächern (rot) und Flachdächern (blau) in Schöftland (links) und Aarau (rechts, Kartenausschnitte von www.map.geo.admin.ch).....	19
Abbildung 12: Manuelle Rückbauaufwände beim landwirtschaftlichen Holzgebäude in Vordemwald und Holz-Einfamilienhaus in Grindelwald (Rückbauunternehmen in Klammern, V = rückgebautes Holzvolumen in m^3).....	20
Abbildung 13: Aufteilung der Kosten bei der Wiederverwendung von Sparren in einer Zimmerei.21	
Abbildung 14: Vergleich der Treibhausgasemissionen bei der Wiederverwendung von Holzprodukten mit der Herstellung von neuen Holzprodukten.....	23
Abbildung 15: Aufteilung der Treibhausgasemissionen bei der Wiederverwendung von Holzprodukten in Lagerung, Transport und Maschinen.	24
Abbildung 16: Rückbau der Schulanlage (Turnhalle) Triemli in Zürich mit einem Bagger (Foto L. Seidl, BFH).	25
Abbildung 17: Rückgebautes Holzelement (Schulgebäude) wird mit Wasser besprüht, um die Staubentwicklung zu minimieren (Foto L. Seidl, BFH)	25

Abbildung 18: Separierte Holzbalken werden mit einem Minibagger von den Dachlatten befreit (Foto L. Seidl, BFH).....	25
Abbildung 19: Rückgebautes Altholz für die Wiederverwendung als Baugrubensicherung beim Neubau vor Ort (Foto L. Seidl, BFH).	25
Abbildung 20: Rückbauschäden vom Baggereinsatz am Altholz (Foto L. Seidl, BFH).....	25
Abbildung 21: Landwirtschaftliches Holzgebäude nach dem Rückbau der Ziegel (Foto P. Fuchs, BFH).....	26
Abbildung 22: Rückbau der Aussen-Holzverkleidungen mit einem Brecheisen (Foto C. Fluri).	26
Abbildung 23: Abtrennen der Sparren mit einer Kettensäge unten und oben (Foto links) und Abdrehen des Sparrens auf der Mittelpfette (Foto rechts, Fotos C. Fluri).	27
Abbildung 24: Abgetrennte Sparren mit Dachlattung (Foto P. Fuchs, BFH)	27
Abbildung 25: Niedrige Qualität von Altholz durch Risse, nicht-rechteckige Balkenquerschnitte und Löcher durch Insektenbefall (Foto P. Fuchs, BFH).....	27
Abbildung 26: Rückbau der Innen-Holzverkleidung mit einem Trennschnitt oben und unten (Foto M. Arnold, OLWO).	28
Abbildung 27: Im Kamm genagelte Holzverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO)	28
Abbildung 28: Erschwerter Rückbau der beplankten Holzverkleidungen mit Gipsfaserplatten (Foto. M. Arnold, OLWO).	29
Abbildung 29: Rückbauschäden an Kamm und Nut der Holzverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO)29	
Abbildung 30: Verschiedene Schraubentypen und -längen mit unterschiedlichen Bit-Einsätzen (Foto M. Arnold, OLWO)	29
Abbildung 31: Gebundene rückgebaute Innen-Holzverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO).....	29
Abbildung 32: Rückbau der Aussen-Holzverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO)	29
Abbildung 33: Erschwerter Rückbau der Aussen-Holzverkleidung durch die teils eingenetete oder von innen befestigte Aussenverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO).....	29
Abbildung 34: Rückbauschaden und erschwerter Ausbau durch die gute Befestigung der Aussen- Holzverkleidung mit verzinkten Nägeln (Foto M. Arnold, OLWO)	30
Abbildung 35: Rückgebaute Aussen-Holzverkleidung (Foto M. Arnold, OLWO).....	30
Abbildung 36: Rückbau der Dachlattung (Foto M. Arnold, OLWO)	30
Abbildung 37: Rückbau der genagelten Unterdachbretter mit einem Brecheisen (Foto M. Arnold, OLWO)	30
Abbildung 38: Heraushebeln der Sparren mit einem Brecheisen (Foto P. Fuchs, BFH).....	30
Abbildung 39: Rückgebautes Altholz aus dem Dachstuhl mit Sparren-Nägeln (Foto P. Fuchs, BFH)	30
Abbildung 40: Holzverbindungen beim Rückgebauten Altholz aus der Wand. (Fotos P. Fuchs, BFH)	31

Abbildung 41: Risse in den rückgebauten Sparren durch das Schwindverhalten von Holzbalken mit Markröhre oder Streifmark (Fotos P. Fuchs, BFH)	31
Abbildung 42: Berechnete jährliche Altholzvolumen nach Kanton von rückgebauten Dachstühlen.	32

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Tätigkeiten innerhalb der vorliegenden Studie bei den begleiteten Rückbauprojekten.....	12
Tabelle 2: Angenommene Kosten bei der Wiederverwendung von Sparren in Vordemwald.....	16
Tabelle 3: Berechnungsgrundlagen für Treibhausgasemissionen bei der Wiederverwendung von Holzprodukten in Vordemwald.....	17
Tabelle 4: Berechnete Kosten für 1 m ³ wiederverwendeter Sparren in einer Zimmerei (Ausbeute von 70 % mitberücksichtigt).....	21

7.3 Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung des jährlichen Altholzvolumens aus Dachstühlen.....	18
--	----

Anhang: Erweiterte Berechnungsgrundlagen bei den Treibhausgasemissionen

Betrifft ausschliesslich die Wiederverwendung beim landwirtschaftlichen Holzgebäude in Vordemwald.

Motorkettensäge:

building machine production, RER, cutoff (10t, pro Stück, 10'000h): 31'230 kg CO₂-eq.

Quelle:

- <https://www.stihl.ch/de/p/kettensaegen-motorsaegen-ms-291-13953?alD=11412000698>

Prozesse/Maschinen	Gewicht (kg)	CO ₂ Motorsäge (kg CO ₂ /kWh)	Nutzungsfaktor (%)	CO ₂ -Emissionen Betrieb (kg CO ₂ -eq./h)	CO ₂ -Emissionen Maschine Herstellung (kg CO ₂ -eq./h)
Motorkettensäge (Stihl, MS 291, 2.8kW)	6.87	0.841	60%	1.41	0.0021

Akku-Kettensäge:

building machine production, RER, cutoff (10t, pro Stück, 10'000h): 31'230 kg CO₂-eq.

Quellen:

- <https://www.stihl.ch/de/p/kettensaegen-motorsaegen-msa-60-ak-system-164117#msa-60-c-b-164117>
- <https://www.bosch-professional.com/ch/de/products/gst-18v-155-sc-06015B0001>

Prozesse/Maschinen	Gewicht (kg)	CO ₂ -Emissionen Betrieb (kg CO ₂ -eq./h)	CO ₂ -Emissionen Maschine Herstellung (kg CO ₂ -eq./h)
Aku-Kettensäge, 100 % Solarstrom (Stihl MSA 60, AK-System)	3.4	0.00	0.0011
Aku-Stichsäge, 100 % Solarstrom (Bosch, GST 18V-155 SC Professional)	2.5	0.00	0.0008

Holzbearbeitungsmaschinen:

building machine production, RER, cutoff (10t, pro Stück, 10'000h): 31'230 kg CO₂-eq.

KBOB, CH Verbauchermix Elektrizität: 0.125 kg CO₂-eq./kWh

Quellen:

- <https://martin.info/de/maschine/abrichthobelmaschine-t54/>
- <https://martin.info/de/maschine/formatkreissaege-t77/>
- https://holzprofi.com/maschinen/vierseiterhobelmaschinen/_/4-PM180-5/Quadroprofiler%20PM180-5%20mit%20Universalspindel

Prozesse/Maschinen	Gewicht (kg)	Antriebsleistung (kW)	Nutzungsfaktor (%)	CO ₂ -Emissionen Betrieb (kg CO ₂ -eq./h)	CO ₂ -Emissionen Maschine Herstellung (kg CO ₂ -eq./h)
Abrichthobelmaschine (Martin, T54)	1200	5.5	60%	0.41	0.37
Formatkreissäge (Martin, T77)	1900	5.5	60%	0.41	0.59
Vierseiter (Holzprofi, Quadroprofiler PM180/5 mit Universalspindel)	1650	24	60%	1.80	0.52

Transporte:

Prozesse/Maschinen	CO ₂ -Emissionen Betrieb (kg CO ₂ -eq./tkm)	CO ₂ -Emissionen Fhz Herstellung und Infrastruktur (kg CO ₂ -eq./tkm)
PW mit Anhänger (KBOB, Lastwagen 3.5-7.5t)	0.444	0.104
Lieferwagen mit Anhänger (KBOB, Lastwagen 3.5-7.5t)	0.444	0.104
Elektro-Nutzfahrzeug, 100 % Solarstrom (Personenwagen, elektrisch, Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien)	0.01	0.114

Lagerung:

building construction, hall, cutoff, Switzerland (50 Jahre Lebensdauer): 366 kg CO₂-eq./m²

Unternehmen	m ³ Holz	Schätzung Lagerfläche (m ²)	Lagerdauer (Jahre)	kg CO ₂ -eq.
von Känel Altholz GmbH	1	3	2	44
Husner AG	4.1	12	2	176