



HolzKreislauf

Lösungsansätze für den zirkulären Holzbau in Österreich

Eine Studie im Auftrag des Waldfonds / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft

Waldfonds Republik Österreich

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

Architekturbüro Reinberg
ZT GmbH



Impressum AutorInnen Mag.^a DIⁱⁿ (FH) Veronika Reinberg, DIⁱⁿ Tina Tezarek/ÖGUT GmbH, Fiona Strolz, BSc/BOKU

Für den Inhalt verantwortlich Monika Auer/ÖGUT GmbH

Hollandstraße 10/46, A-1020 Wien Tel +43.1.315 63 93 Fax +43.1.315 63 93-22 Email office@oegut.at Web www.oegut.at

HolzKreislauf

Lösungsansätze für den zirkulären Holzbau in Österreich

Auftraggeber:

Waldfonds / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft

AutorInnen:

Mag.^a DIⁱⁿ (FH) Veronika Reinberg, ÖGUT GmbH

DIⁱⁿ Tina Tezarek, ÖGUT GmbH

Fiona Strolz, BSc, BOKU

Projektteam:

Veronika Reinberg, Tina Tezarek, Franziska Trebut, Erika Ganglberger, Petra Blauensteiner (ÖGUT GmbH)

Georg W. Reinberg, Tony Morawe, Margarita Pitis, Robert Rauscher (Architekturbüro Reinberg ZT GmbH)

Manfred Gronalt, Fiona Strolz (BOKU)

Thomas Timmel (BioBASE)

Wien, Oktober 2025 (korrigierte Version Februar 2026)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung.....	1
2	Summary.....	5
3	Einleitung.....	9
3.1	Ausgangslage.....	9
3.2	Projekthalt.....	9
3.2.1	Fragestellung.....	10
4	Methodik	11
4.1	Massenflussanalyse 2021.....	11
4.1.1	Bauprodukte aus Holz	13
4.1.2	Holzlager in Gebäuden	14
4.2	Hemmnisse & Forschungsbedarf	16
4.2.1	State of the Art nachhaltiger Baustofflogistik	16
4.3	Use Cases Gründerzeithaus.....	16
4.4	Use Case Modernes Bürogebäude.....	17
4.5	Entwicklung des Szenario 2050.....	18
4.5.1	Workshops für Lösungsansätze und Szenario 2050	18
4.5.2	Massenflüsse 2050.....	18
5	Ergebnisse.....	20
5.1	Holz-Massenfluss mit Fokus Bauwirtschaft 2021.....	20
5.1.1	Input Holzindustrie.....	22
5.1.2	Output Holzindustrie.....	23
5.1.3	Holz als Hilfsprodukte auf Baustellen.....	24
5.1.4	Detailgrafik Holzkreislauf Bauwirtschaft	24
5.1.5	Bauprodukte aus Holz	26
5.1.6	Bau- und Abbruchholz.....	27

5.1.7	Einschränkungen	28
5.1.8	Holzbestände und -zuwachs in Gebäuden 2021	29
5.2	Use Cases Gründerzeithaus.....	29
5.2.1	Holzbauteile eines Gründerzeithauses.....	30
5.2.2	Holzmasse in Gründerzeithäusern	31
5.2.3	Berechnete Holzmasse in den Use Cases	32
5.3	Use Case Modernes Bürogebäude (Tattendorf)	33
5.4	Lösungsansätze für eine zirkuläre Holznutzung in der Bauwirtschaft	35
5.4.1	Hemmnisse.....	35
5.4.1.1	Wissen, Kompetenz und Erfahrung	36
5.4.1.2	Technische und logistische Herausforderungen	36
5.4.1.3	Rechtliche und normative Unsicherheiten	36
5.4.1.4	Wirtschaftliche Hemmnisse	36
5.4.1.5	Kulturelle und soziale Barrieren.....	37
5.4.1.6	Institutionelle und strukturelle Rahmenbedingungen.....	37
5.4.2	Nachhaltige Baustofflogistik.....	37
5.4.3	Lösungsansätze	40
5.4.3.1	Herstellungsphase von Bauprodukten aus Holz	41
5.4.3.2	Planungsphase	41
5.4.3.3	Nutzungsphase.....	41
5.4.3.4	Rückbau	41
5.4.3.5	Entsorgung.....	42
5.4.3.6	Regulatorik, Forschung und Wirtschaft	42
5.4.4	Forschungsbedarf.....	45
5.5	Szenario Zirkuläre Holznutzung in der Bauwirtschaft 2050	46
5.5.1	Baustoffzusammensetzung in Gebäuden im Zeitverlauf	46

5.5.2	Entwicklung der Mengen an Bau- und Abbruchholz.....	47
5.5.3	Annahmen.....	47
5.5.3.1	Bau- und Abbruchholz.....	47
5.5.3.2	Sägeholz (Frischholz).....	48
5.5.3.3	Altholz für Remanufacture.....	48
5.5.3.4	Reuse-Holzbauteile	48
5.5.3.5	Altholz für Plattenindustrie.....	50
5.5.3.6	Rinde für Plattenindustrie.....	50
5.5.3.7	Bauprodukte aus Österreich	50
5.5.4	Massenflüsse im Szenario 2050	51
6	Ausblick.....	54
7	Abkürzungsverzeichnis	55
8	Danksagung	56
9	Quellen.....	60
10	Anhang.....	64
10.1	Abschätzung der Datenqualität (Holzmassenfluss 2021).....	64
10.2	Holz-Massenfluss als Sankey-Diagramm	68
10.3	Literature Review zu nachhaltiger Logistik	69

1 Kurzfassung

Ziel und Inhalt des Projekts

Im Projekt HolzKreislauf wurde der aktuelle Stand der Kreislaufführung von Holz in der Bauwirtschaft untersucht. Dazu wurden die Massenflüsse von Holz zwischen der Holzindustrie, der Bauwirtschaft und der Abfallwirtschaft erfasst und analysiert. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden Lösungsansätze entwickelt, die eine verstärkte und zirkuläre Nutzung von Holz in Gebäuden fördern sollen. Zudem wurden die zentralen Forschungsbedarfe identifiziert. Ein weiteres Ziel der Studie war die Erstellung eines Massenfluss-Szenarios für das Jahr 2050, das die möglichen Auswirkungen einer verbesserten Kreislaufführung von Holz aufzeigt.

Methodik

Die Massenflüsse wurden – ergänzt durch weitere Datenquellen – auf Basis der „Holzströme in Österreich 2021“ (klimaaktiv)¹ sowie der Daten der Statistik Austria (Leistungs- und Strukturdaten, Handelsstatistik) berechnet und anschließend in einem Sankey-Diagramm visualisiert. Zur besseren Veranschaulichung wurden zusätzlich eine Übersichts- und eine Detailgrafik erstellt, in der die Kreislaufführung von Holz im Mittelpunkt steht. Neben Literaturrecherchen zu Hemmnissen, Lösungsansätzen, nachhaltiger Baustellenlogistik und Forschungsbedarf wurden zehn leitfadengestützte Interviews mit Expert:innen aus den Bereichen Forschung (zirkuläres Bauen und Holztechnologie), Abfallwirtschaft, Verwaltung, Bauträger, Holzindustrie und Holz-Reuse² durchgeführt. In sechs Workshops wurden mögliche Entwicklungen bis zum Jahr 2050 diskutiert und darauf aufbauend Lösungsansätze in ein Szenario einer zirkulären Holznutzung für 2050 überführt. Dieses Szenario wurde anschließend grafisch dargestellt. Ergänzend wurden Fallstudien zu Holz in zwei Gründerzeithäusern sowie in einem Holz-Bürogebäude durchgeführt, um die architektonischen und logistischen Rahmenbedingungen einer zirkulären Holznutzung zu konkretisieren.

Ergebnisse

Die folgende Grafik stellt die ermittelten **Holzmassenflüsse in Österreich 2021** mit dem **Fokus auf Bauwirtschaft** dar.

¹ Austrian Energy Agency und Landwirtschaftskammer Österreich, *Holzströme in Österreich 2021* (klimaaktiv, 2023).

² Reuse: Wiederverwendung funktionsfähiger Produkte

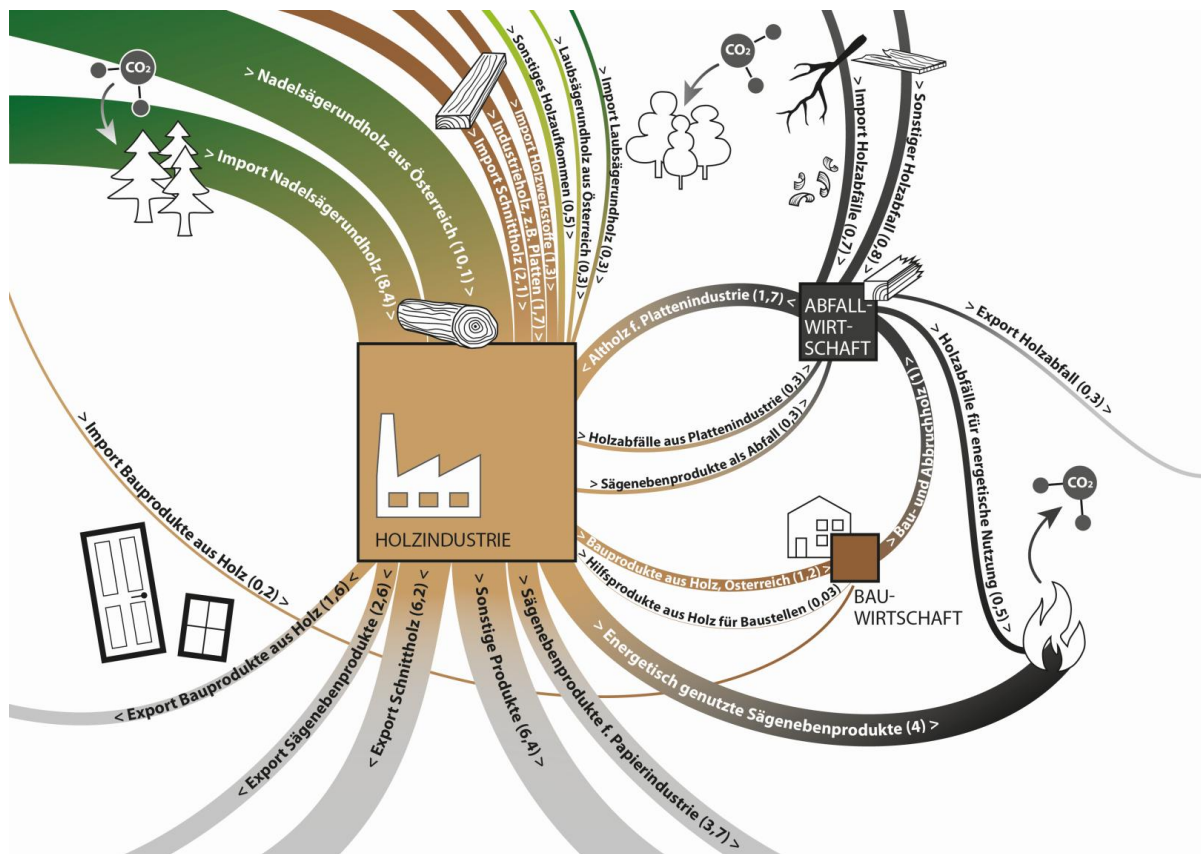


Abbildung 1: Holz-Massenfluss mit Fokus Bauwirtschaft in Österreich 2021 in Mio fme (gerundet auf 100 000 fme; Quelle: eigene Darstellung; dunkelgrün: Nadelsägerundholz, hellgrün: Laubsägerundholz, braun: Zwischenprodukte und Produkte, hellgrau: „Nicht-Bau-Produkte“ und Exporte, dunkelgrau: Abfälle und energetisch genutzte Holz mengen)

Der (zirkuläre) Holzbau wird momentan durch vielfältige **Hemmnisse** gebremst: mangelndes Wissen und Erfahrung, technische und logistische Herausforderungen beim Rückbau und der Lagerung, rechtliche Unsicherheiten, höhere Kosten und fehlende Förderungen. Zudem behindern kulturelle Vorbehalte, etablierte Vergabepaxen und die Dominanz traditioneller Baustoffindustrien die breite Umsetzung. Die Schwierigkeit der logistischen Optimierung der relativ geringen Massenströme an Altholz für Reuse und Remanufacture³ wurde im Rahmen der Studie bestätigt.

Für die Weiterentwicklung einer kreislauforientierten Holzbauwirtschaft bestehen zahlreiche **Forschungsbedarfe** entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Im Fokus stehen die Effizienzsteigerung in der Holzindustrie sowie die Entwicklung neuer Bauwerkstoffe, etwa durch den Einsatz von Rinde als Dämmstoff. Weitere Schwerpunkte liegen auf kostengünstigen, wiederlösbaren Verbindungssystemen, der Weiterentwicklung von Brand- und Schallschutzlösungen und der Erarbeitung technischer Standards für die Bewertung und Wiederverwendung von Altholz. Ergänzend sind KI-gestützte Screening-Verfahren, Analytik- und Sortiertechnologien für Altholz sowie Strategien zum Umgang mit Schadstoffen erforderlich. Schließlich braucht es angewandte Forschung in Umsetzungsprojekten, Pilot- und

³ Remanufacture: Wiederaufbereiten – Teile aus defekten Produkten werden für neue Produkte genutzt, die dieselben Funktionen erfüllen

Leuchtturmprojekte zum modularen Holzbau sowie Pilotanlagen, die die Wirtschaftlichkeit kombinierter stofflicher und energetischer Nutzung (z. B. Pyrolyse) jener Holzabfälle demonstrieren, welche nicht direkt stofflich genutzt werden können.

Zur Förderung des zirkulären Holzbaus werden entlang des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden verschiedene **Lösungsansätze** vorgeschlagen. In der Herstellungsphase soll durch innovative Materialforschung, den Einsatz von Altholz und Nebenprodukten sowie hybride Bauteile der Primärholzbedarf reduziert werden. In der Planungsphase wird sortenreines, rückbaufreundliches Bauen empfohlen, ebenso wie eine stärkere Bevorzugung von Holzbau und der Verwendung von Reuse-Bauteilen in Ausschreibungen. Während der Nutzungsphase kann ein umfassendes BIM-Datenmanagement die Wiederverwendung von Bauteilen erleichtern, wenngleich praktische und datenbezogene Hürden bestehen. Beim Rückbau sind Voruntersuchungen, digitale Bauteilbörsen und angepasste Rückbaumethoden entscheidend, um Reuse-Potenziale zu sichern. In der Entsorgung bieten thermochemische Verfahren wie die Pyrolyse neue stofflich-energetische Verwertungswege, sofern Wirtschaftlichkeit und Standards nachgewiesen werden. Übergreifend sind neue Geschäftsmodelle, Pilotprojekte, eine vereinheitlichte Regulierung, die Entwicklung von Standards (etwa für Laubholz) sowie eine verstärkte Aus- und Weiterbildung zentral, um den Übergang zu einer kreislauforientierten Holzbauwirtschaft zu unterstützen.

Im **Szenario 2050** werden Reuse-Holzbauteile, Altholz für Remanufacture in der Holzindustrie (z.B. als Bestandteil von Leimholz) und ein Teil der anfallenden Rinde in den Kreislauf integriert (siehe Abbildung 2). Den höchsten Anteil an der potenziellen Steigerung von bis zu 78 % von Holzbauprodukten für den Einsatz in Österreich hat allerdings das zusätzlich eingeschlagene Frischholz, das im Rahmen der Umstellung der Wälder auf klimaangepasste Baumarten in den nächsten Jahrzehnten zur Verfügung stehen wird.

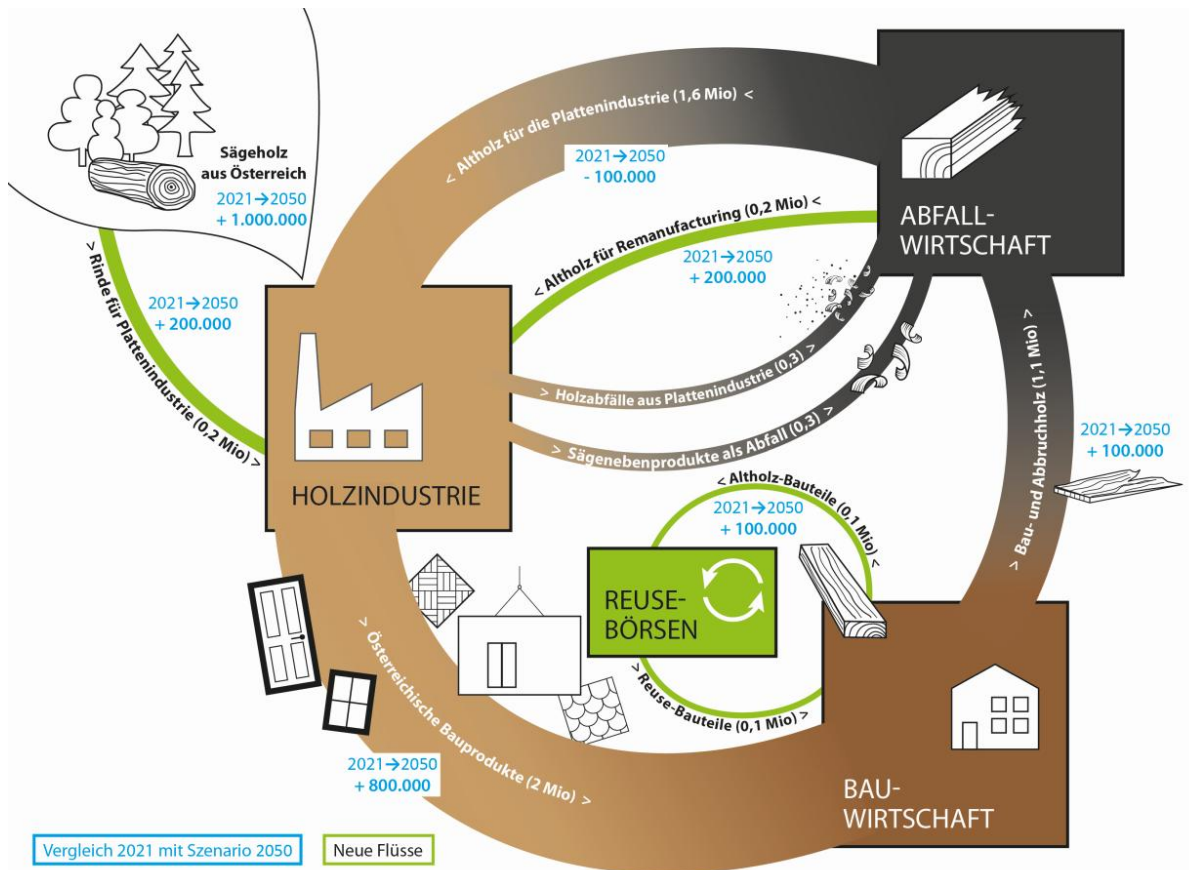


Abbildung 2: Holz-Massenflüsse mit Fokus Bauwirtschaft im Szenario 2050 für Österreich in fme (nicht dargestellt: Rohstoff, Importe/Exporte, energetisch genutzte Holz mengen und „Nicht-Bau-Produkte“)

Ausblick

Eine genauere Analyse langlebiger Holzprodukte im Bau ist notwendig, da aktuelle Statistiken die Masse bestimmter Produktgruppen nicht erfassen. Holz wird in Österreich bereits zirkulär genutzt, vor allem als Recycling zu Spanplatten, während Reuse und Remanufacture kaum umgesetzt werden und künftig bereits im Design berücksichtigt werden sollten. Die begrenzte Verfügbarkeit von Altholz und logistische Hürden erschweren die Umsetzung, weshalb neue Geschäftsmodelle, Plattformen wie Reuse-Börsen, verbesserte Rückbauprozesse und standardisierte Bauteile erforderlich sind. Ergänzend sind höhere Ausbeuten in der Holzindustrie, gezielte Förderung von Holzbau und Bildungsangebote für Planer:innen und Ausführende entscheidend. Auch die Nachnutzung nicht-konstruktiver Bauteile wie Fassaden bedarf neuer Lösungen, da Reparatur und Refurbishment derzeit oft teuer sind, als der Einsatz neuer Produkte.

2 Summary

Objectives and Content of the Project

The HolzKreislauf project investigated the current state of wood recycling in the construction industry. For this purpose, the mass flows of wood between the wood industry, the construction industry, and waste management were recorded and analyzed. Based on these results, solutions were developed to promote increased and circular use of wood in buildings. Furthermore, key research needs were identified. Another objective of the study was to create a mass flow scenario for the year 2050 that demonstrates the potential impacts of improved circular use of wood.

Methodology

The mass flows were calculated based on “Holzströme in Österreich 2021” (klimaaktiv)⁴ and data from Statistics Austria (performance and structural data, trade statistics), supplemented by additional data sources, and then visualized in a Sankey diagram. For better illustration, an overview and a detailed graphic were also created, focusing on circular use of wood. In addition to literature reviews on obstacles, solutions, sustainable construction site logistics, and research needs, ten guided interviews were conducted with experts from the fields of research (circular construction and wood technology), property development, waste management, administration, the wood industry, and wood reuse. Possible developments up to 2050 were discussed in six workshops, and based on these, solutions were translated into a scenario for circular wood use for 2050. This scenario was then presented graphically. In addition, case studies on wood in two Wilhelminian-era houses and a wood office building were conducted to concretize the architectural and logistical framework for circular wood use.

Results

The following graphic (Abbildung 3, labelling in German) shows the determined wood mass flows in Austria in 2021, with a focus on the construction industry.

⁴ Austrian Energy Agency und Landwirtschaftskammer Österreich, *Holzströme in Österreich 2021*.

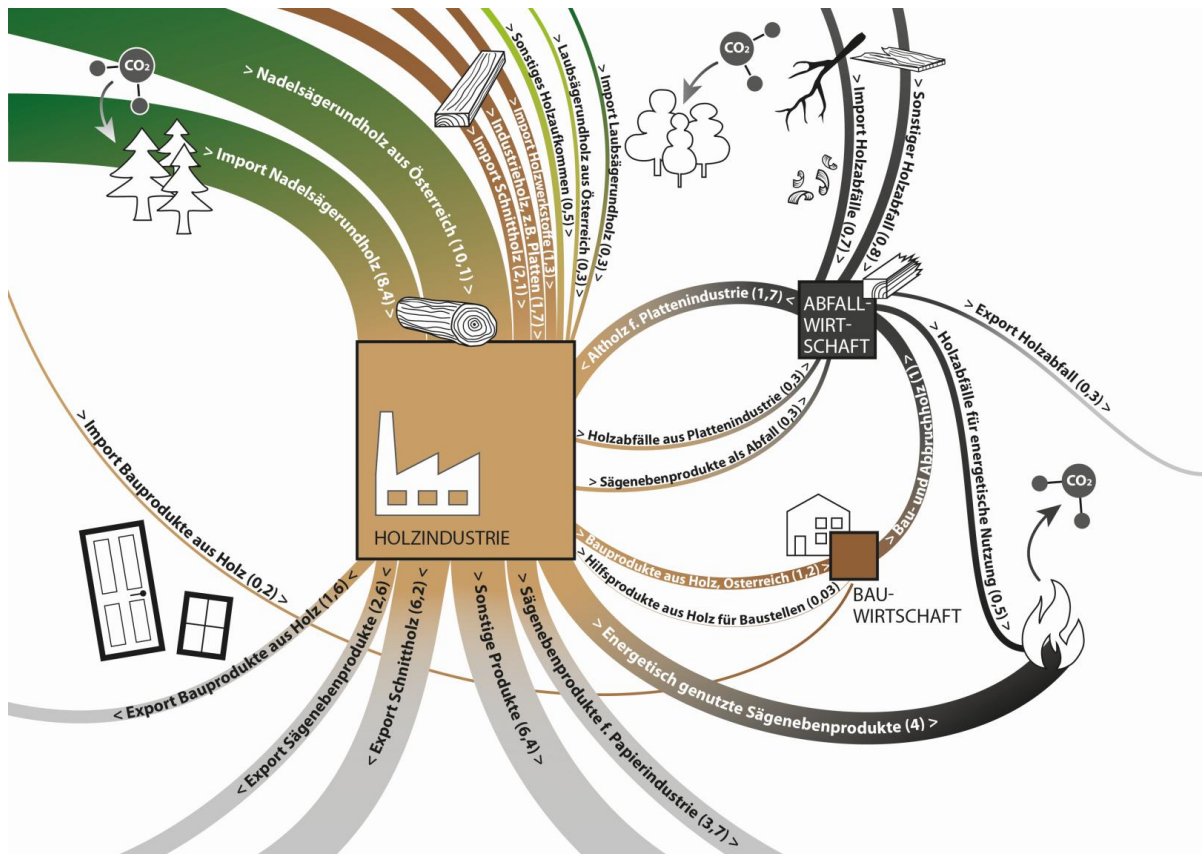


Abbildung 3: Wood mass flow with a focus on the construction industry in Austria in 2021 in million cubic meter equivalents (rounded to 100,000 cubic meters; source: own illustration; dark green: softwood sawlogs, light green: hardwood sawlogs, brown: intermediate products and products, light gray: "non-construction products" and exports, dark gray: waste and wood used for energy purposes)

Circular timber construction is currently being held back by a variety of obstacles: a lack of knowledge and experience, technical and logistical challenges during dismantling and storage, legal uncertainties, higher costs, and a lack of funding. Furthermore, cultural reservations, established procurement practices, and the dominance of traditional building materials industries are hindering widespread implementation. The study confirmed the difficulty of logistically optimizing the relatively small mass flows of waste wood for reuse and remanufacture.

To further develop a circular-oriented timber construction industry, there is a need for numerous research areas along the entire value chain. The focus is on increasing efficiency in the timber industry and developing new building materials, for example, through the use of bark as an insulating material. Other focal points include cost-effective, removable connection systems, the further development of fire and sound insulation solutions, and the development of technical standards for the assessment and reuse of waste wood. In addition, AI-supported screening methods, analytical and sorting technologies for waste wood, and strategies for dealing with pollutants are required. Finally, applied research is needed in implementation projects, pilot and flagship projects for modular timber construction, and pilot plants that demonstrate the economic viability of combined material and energy use (e.g., pyrolysis) of wood waste that cannot be directly used for material purposes.

To promote circular timber construction, various approaches are proposed along the entire life cycle of buildings. During the production phase, innovative material research, the use of waste wood and by-products, and hybrid components are intended to reduce the demand for primary wood. During the planning phase, deconstruction-friendly construction is recommended, as is a greater preference for timber construction and utilization of reused components in tenders. During the use phase, comprehensive BIM data management can facilitate the reuse of components, although practical and data-related hurdles remain. During demolition, preliminary investigations, digital component exchanges, and adapted demolition methods are crucial to secure reuse potential. In waste disposal, thermochemical processes such as pyrolysis offer new material and energy recovery routes, provided their economic viability and standards are demonstrated. Overarching, new business models, pilot projects, harmonized regulations, the development of standards (e.g., for hardwood), and increased training and education are key to supporting the transition to a circular-oriented timber construction industry.

In the 2050 scenario, reused timber components, waste wood for remanufacturing in the timber industry (e.g., as a component of glued laminated timber), and a portion of the resulting bark are integrated into the cycle (see Figure 4, labelling in German). However, the largest share of the potential increase of up to 78% of timber construction products used in Austria will come from the additional felled fresh timber that will be available in the coming decades as part of the conversion of forests to climate-adapted tree species.

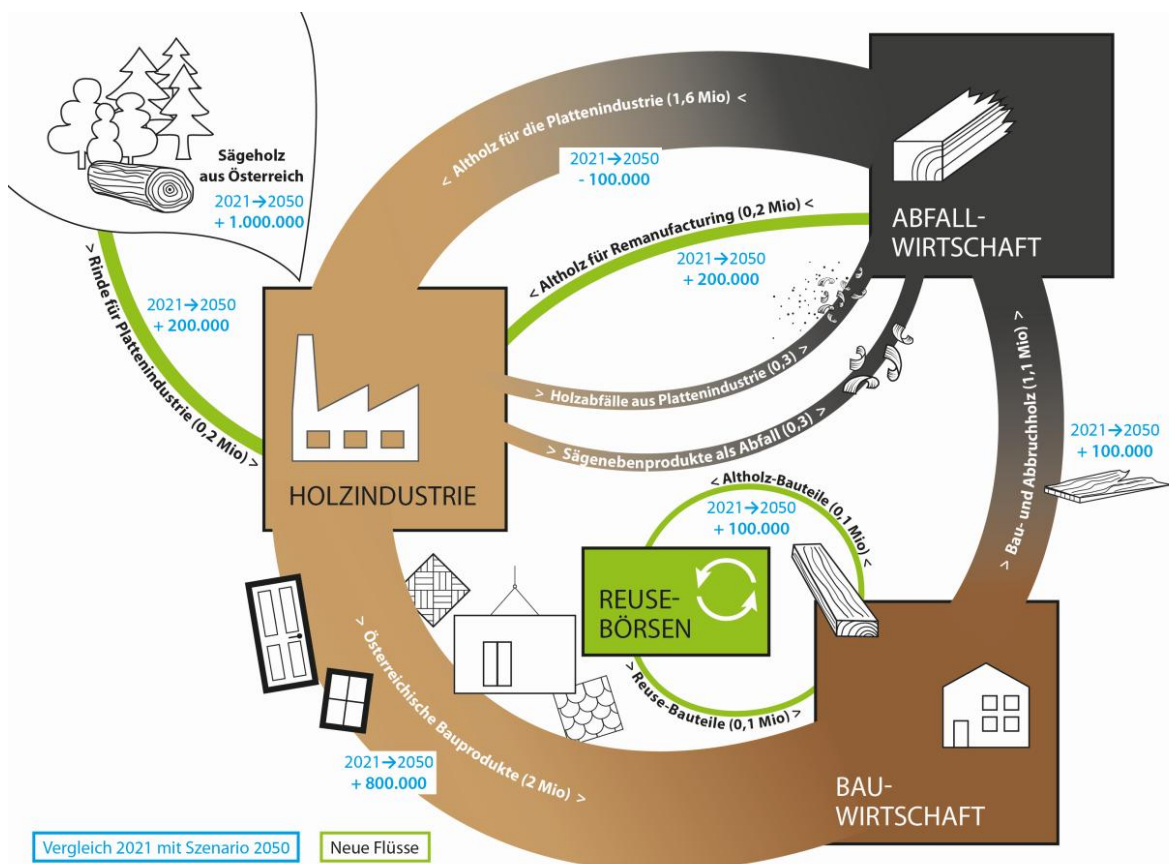


Abbildung 4: Wood mass flows with a focus on the construction industry in the 2050 scenario for Austria in million cubic meters equivalents (raw material, imports/exports, wood quantities used for energy production and "non-construction products" not shown)

Outlook

A more detailed analysis of wood products in construction is necessary, as current statistics do not capture certain product groups by mass. Wood is already used in a circular manner in Austria, primarily through recycling into particleboard, while reuse and remanufacture are rarely implemented and should be considered in the design phase in the future. The limited availability of waste wood and logistical hurdles complicate implementation, which is why new business models, platforms such as reuse exchanges, improved dismantling processes, and standardized components are required. In addition, higher yields in the wood industry, targeted support for timber construction, and educational opportunities for planners and contractors are crucial. The reuse of non-structural components such as facades also requires new solutions, as repair and refurbishment are currently expensive.

3 Einleitung

3.1 Ausgangslage

Die Baustoffindustrie steht vor großen Herausforderungen, um die Klimaziele durch Energie-, Emissions- und Ressourceneinsparungen zu erreichen. Der verstärkte Einsatz von Holz im Bauwesen kann wesentlich zur Dekarbonisierung beitragen. Eine Erhöhung des Holzbauanteils von derzeit 22 % auf 50 % würde jedoch einen erheblich größeren Holzbedarf (0,5–1 Mio. m³ jährlich)⁵ verursachen, sofern keine Maßnahmen zur Lebensdauerverlängerung oder Kreislaufführung von Gebäuden umgesetzt werden.

Der Holzbau bietet hierfür gute Voraussetzungen, etwa durch lösbare Verbindungen, modulare Bauweisen, hohen Vorfertigungsgrad und Digitalisierung. Dennoch wird Reuse bislang wenig genutzt, da die Verwendung neuer Baustoffe meist weniger aufwändig und damit kostengünstiger ist. Alte Holzbauten – vor allem aus der Gründerzeit – besitzen zwar hohes Wiederverwendungspotenzial, werden aber noch kaum in moderne Bauprozesse integriert.

Zentrale Herausforderungen für zirkuläres Design von Gebäuden bleiben unter anderem Nutzungsflexibilität, der Umgang mit chemischem Holzschutz sowie die Bewertung neuer Materialkombinationen wie Holzbeton hinsichtlich ihrer Kreislauffähigkeit.

3.2 Projektinhalt

Ziel der Studie war es, den Status quo zu Kreislaufwirtschaft bei der Holznutzung zu erheben und die wichtigsten Herausforderungen und Handlungsfelder in den verschiedenen Bau-Lebensphasen zur Verbesserung der Kreislaufführung herauszuarbeiten.

Die aktuellen Holz-Massenströme in und aus dem Baugewerbe wurden für Österreich aus bereits vorliegenden Primärdaten in Kombination mit Abschätzungen aus der Literatur und Expertinnen-Wissen ermittelt und mit Lösungsstrategien für die Erhöhung der Zirkularität der Holz-Baustrukturen und -stoffe zu einem Szenario mit einer optimierten Kreislaufführung auch unter Einbeziehung von neuen, alternativen Sekundär-Holzrohstoffen für Österreich verarbeitet.

Die in den kommenden Jahrzehnten als Reuse-Bauelemente und Recycling-Holz anfallenden Massen sind (in städtischen Gebieten) zu einem großen Anteil Gründerzeitbauten (in Mischbauweise mit Holzdecken und Dachkonstruktionen aus Holz). Vor 1919 erbaute Häuser, die in naher Zukunft renoviert oder rückgebaut werden müssen, haben in Österreich einen Anteil von 13,3%, in Wien von 18,1%⁶. Diese Gebäude erfüllen einerseits den Anspruch der Sortenreinheit auf Grund der bei Planung und Bau

⁵ Gerald Kalt, „Carbon dynamics and GHG implications of increasing wood construction: long-term scenarios for residential buildings in Austria“, *Carbon Management* 9, Nr. 3 (2018): 265–75, <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1469948>.

⁶ Statistik Austria, *Zensus Gebäude- und Wohnungszählung 2021 - Ergebnisse zu Gebäuden und Wohnungen aus der Registerzählung*, o. J., https://www.statistik.at/fileadmin/user_upload/Zensus-GWZ-2021.pdf.

damals verwendeten Techniken sehr gut, ihre Potenziale für Einsatzmöglichkeiten im modernen Holzbau (oder für alternative Sekundäranwendungen) werden allerdings noch nicht ausgeschöpft. Aus diesem Grund wurden zwei Gründerzeithäuser als Use Cases aus architektonischer und logistischer Sichtweise analysiert. Als Vergleichs-Use Case diente ein Holz-Bürobau, der vor zwanzig Jahren errichtet wurde.

3.2.1 Fragestellung

Die Studie untersuchte den aktuellen Stand der Kreislaufwirtschaft im Holzbau anhand von Literaturrecherchen und analysierte zentrale Herausforderungen und Handlungsfelder in den verschiedenen Phasen des Baulebenszyklus. Ziel war es, Strategien zur Verbesserung der Kreislaufführung zu entwickeln. Dabei wurden insbesondere folgende Ansätze betrachtet: Erhöhung des Holzanteils in Bauwerken, längere Lebensdauer und Nutzungsflexibilität von Gebäuden, höhere Ressourceneffizienz, Renovierung und Ausbau mit Holz, Wiederverwendung (Reuse), Recycling sowie die Nutzung alternativer Holzreststoffe.

Bezüglich des Status Quo (anhand des Bezugsjahres 2021) standen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt der Projektarbeit:

- Welcher Anteil des Sägeholzes wird in Österreich zu Bauprodukten verarbeitet (bzw. welcher Anteil der Produkte fließt in die Bauwirtschaft)?
- Welche Mengen an Altholz werden in Österreich momentan zirkulär genutzt (in Reuse, Remanufacture und Recycling)?
- Welche technischen, regulatorischen, wirtschaftlichen und logistischen Hemmnisse für die zirkuläre Holznutzung in der Bauwirtschaft bestehen und welche Lösungsansätze gibt es?
- Welcher Forschungsbedarf ist vorrangig, um Altholz in der Bauwirtschaft nutzen und zirkuläre Holzgebäude planen zu können?

Im Rahmen der Erstellung des Szenario 2050 mit zirkulärer Holznutzung wurde als Schwerpunkt auf folgende Fragen eingegangen:

- Wieviel sekundäres Holz könnte im Baubereich eingesetzt werden?
- Wie hoch ist die durch Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen erreichbare Reduktion des benötigten Primärrohstoffes?
- Wie hoch dürfte der Anteil an Holzbau bei einer Ausnutzung des gesamten Holz-Zuwachses in Österreich maximal sein?
- Ist der Anfall von Sekundärrohstoffen groß genug und auch planbar, dass damit nennenswerte Wiederverwendungsmengen entstehen können?
- Inwieweit wirkt sich die Nutzung neuer Holzsorten auf die Rohstoffversorgung im Holzbau aus?

4 Methodik

Dieser Bericht wurde teilweise mit Unterstützung von Künstlicher Intelligenz (ChatGPT) erstellt. Es wurden keine inhaltlich neuen Aspekte mit dem Tool produziert, sondern nur vereinzelt Zusammenfassungen von im Projekt erarbeiteten Inhalten generiert. Die Übersetzung der Zusammenfassung (Kapitel 2) erfolgte mit dem Google Übersetzer.

Die folgenden Tätigkeiten wurden im Zeitraum von März 2024 bis September 2025 durchgeführt.

4.1 Massenflussanalyse 2021

Die Holzflussströme wurden mittels in Literaturrecherchen und zwei Datenbanken (Statistik Austria⁷ und Statista⁸) eruiert Informationen zunächst qualitativ und dann quantitativ hinterlegt, wofür zahlreiche Literaturquellen und zwei Datenbanken herangezogen wurden. Ergänzend wurden 4 Leitfadengestützte Experten-Interviews mit Experten aus Forschung und Holzindustrie) durchgeführt und Anfragen an 11 Unternehmen verschickt. Die Darstellung der Massenflüsse wurde mit dem frei verfügbaren Programm STAN 2.7⁹ vorgenommen. Zur besseren Veranschaulichung wurde anschließend Grafiken mit Adobe Illustrator erstellt. Auf Grund der Datenverfügbarkeit zum Zeitpunkt der Massenflussanalyse wurde 2021 als Bezugsjahr für das Massenflussdiagramm festgelegt. Die wichtigsten Datenquellen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Da Rinde bisher in Österreich nicht stofflich verwendet wird, wurden dieser Massenfluss nicht in die Berechnungen und Darstellungen für 2021 aufgenommen.

Um die Kreislaufführung von Holz aus der Holzindustrie über die Bauwirtschaft zurück in die Industrie besser zu veranschaulichen, wurde eine Detailgrafik erstellt, die nur einen Ausschnitt der Stoffströme enthält (Detailgrafik).

⁷ Statistik Austria, „STATcube - Statistische Datenbank“, zugegriffen 8. September 2025, <https://www.statistik.at/datenbanken/statcube-statistische-datenbank>.

⁸ Statista, „Statista - Das Statistik-Portal“, zugegriffen 8. September 2025, <https://de.statista.com/>.

⁹ =. Cencic und H. Rechberger, „Material Flow Analysis with Software STAN“, *Journal of Environmental Engineering and Management* 18, Nr. 1 (2008), <https://www.stan2web.net/>.

Tabelle 1: Haupt-Datenquellen für die qualitative und quantitative Festlegung der Holzmassenströme im Projekt HolzKreislauf

Titel	Veröffentlicht von	Projektrelevante Informationen
Holzströme in Österreich 2021 ¹⁰	klimaaktiv	Grobgerüst Holzflüsse, Quantifizierung der Nebenprodukte
Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich ¹¹	BMK	Altholz mengen und -kategorien
Empfohlene Umrechnungsfaktoren für Energieholzsortimente bei Holz- bzw. Energiebilanzberechnungen ¹²	klimaaktiv	Werte für Umrechnung Holzmasse in Tonnen (t) in Festmeter-Äquivalente (fme)
Holzeinschlagsmeldung für das Jahr 2021 ¹³	BMLRT	Sägerundholz
Sawnwood and panels ¹⁴	Eurostat	Importe, Produktionsmengen und Exporte von Holz und Holzwerkstoffen
Außenhandelsstatistik, Import und Export ¹⁵	Statistik Austria, StatCube	Import und Export von Holzprodukten nach KN 2021
Leistungs- und Strukturdaten, Abgesetzte Produktion ¹⁶	Statistik Austria, StatCube	Abgesetzte Produktion von Holzbauprodukten nach ÖPRODCOM 2021
Branchenstatistik "Holz und Holzprodukte" 2021 ¹⁷	FHP	Importe und Exporte Rundholz, Sägeholz, Holzwerkstoffe, Sägenebenprodukte
Statista Datenbank ¹⁸	Statista	Absatz Objektholzbau, Umsatz Objekt-Holzbau (nach Objekttypen)

¹⁰ Austrian Energy Agency und Landwirtschaftskammer Österreich, *Holzströme in Österreich 2021*.

¹¹ Christian Neubauer u. a., *Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2023 für das Referenzjahr 2021* (Wien, 2023), <https://www.bmluk.gv.at/service/publikationen/klima-und-umwelt/die-bestandsaufnahme-der-abfallwirtschaft-in-oesterreich-statusbericht-2023-fuer-das-referenzjahr-2021.html>.

¹² *Empfohlene Umrechnungsfaktoren für Energieholzsortimente bei Holz- bzw. Energiebilanzberechnungen* (Austrian Energy Agency, 2009).

¹³ „Holzeinschlagsmeldung 2021 - Höhere Holzpreise führen zu höherem Holzeinschlag“, Holzeinschlagsmeldung 2021 - Höhere Holzpreise führen zu höherem Holzeinschlag, zugegriffen 15. Oktober 2024, <https://info.bml.gv.at/themen/wald/wald-in-oesterreich/wald-und-zahlen/Holzeinschlag/holzeinschlagsmeldung-2021.html>.

¹⁴ Eurostat, „[for_swpan] Sawnwood and panels“, zugegriffen 8. September 2025, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/for_swpan__custom_10109495/default/table?lang=de.

¹⁵ Statistik Austria, „STATcube - Statistische Datenbank“.

¹⁶ Statistik Austria, „STATcube - Statistische Datenbank“.

¹⁷ WKO und FHP, „Branchenstatistik ‚Holz und Holzprodukte‘ Außenhandel 01-12/2021 - Übersicht“, 2022, https://www.forsthilfepapier.at/images/01-12_2021.pdf.

¹⁸ Statista, „Statista - Das Statistik-Portal“.

4.1.1 Bauprodukte aus Holz

Die für die Berechnung der Mengen an in Österreich produzierten Holzbauprodukte wurden die in Tabelle 2 aufgelisteten Kategorien in der Datenbank StatCube der Statistik Austria (Abgesetzte Produktion) verwendet. Importe und Exporte wurden in den in Tabelle 3 angeführten Kategorien erhoben. Als Näherungswert für die Holz mengen pro Tür und Fenster und pro m² Holzparkett wurden Daten aus EPD-Datenblättern^{19, 20, 21} verwendet, der Anteil an Holz in Fertigteilhäusern aus Holz wurde mit 80% angenommen. Da für die Produktion von Fertigteilhäusern keine Mengen in der Statistik verfügbar waren, wurden die Werte in € mittels der bei den Import- und Export-Daten in den Kategorien ermittelten € pro fme für die Umrechnung verwendet.

Tabelle 2: Liste der für die Berechnung der in Österreich erzeugten Bauprodukten aus Holz verwendeten ÖNACE 2021 Kategorien (Abgesetzte Produktion, Quelle: Statistik Austria²²)

ÖPRODCOM 2021	Bezeichnung	Einheit
16221060	Parketttafeln aus Holz, nicht für Mosaikparkett	m ²
16231110	Fenster, Fenstertüren, Rahmen und Verkleidungen dafür, aus Holz	Stück
16231150	Türen und Rahmen dafür, Türverkleidungen und -schwellen, aus Holz	Stück
162320	Vorgefertigte Gebäude aus Holz	Wert (€)
162319	Bautischler- und Zimmermannsarbeiten, aus Holz, a.n.g.	kg
16231200	Verschalungen für Betonarbeiten, Schindeln ('shingles' und 'shakes'), aus Holz	kg

¹⁹ Bau EPD GmbH, „Umwelt Produktdeklaration Standard-Holzfenster mit den Abmessungen 1,23 m *1,48 m mit Mehrscheiben-Isolierglas“, 2022, https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/BAU-EPD-PLATTFORM-FENSTER-HOLZ-VERBAND-OESTERREICH-2022-1-Ecoinvent-Holzfenster-2022-11-09.pdf.

²⁰ Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e. V., „Umwelt-Produktdeklaration Innentüren aus Holz und Holzwerkstoffen“, 2020, https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/671bef59-7b98-43d5-add6-29710443d940/Innentueren_aus_Holz_und_Holzwerkstoffen_12471.pdf?version=00.01.000.

²¹ Verband der Deutschen Parkettindustrie e. V., „Umwelt-Produktdeklaration Massivholzböden und Massivholzparkett“, 2015, https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/d70832e4-db79-42c2-ac18-42d1e2da186a/Massivholzboeden_und_Massivholzparkett.pdf?version=00.02.000.

²² Statistik Austria, „Klassifikationsdatenbank“, zugegriffen 26. Juni 2025, <https://www.statistik.at/datenbanken/klassifikationsdatenbank>.

Tabelle 3: Liste der für die Berechnung der nach/aus Österreich importierten/exportierten Bauprodukte aus Holz verwendeten KN 2021 Kategorien (Quelle: Statistik Austria)²³

KN 2021	Bezeichnung	Einheit
4418.91.00, 4418.99.10, 4418.99.90	Bautischler- und Zimmermannsarbeiten (ausg. Fenster, Fenstertüren, Rahmen und Verkleidungen dafür, Türen und Rahmen dafür, Türverkleidungen und -schwelle, Pfosten und Balken, zusammengesetzte Fußbodenplatten, Verschalungen für Betonarbeiten, Schindeln ["shingles" und "shakes"] sowie vorgefertigte Gebäude)	kg
4418.20.10, 4418.20.50, 4418.20.80	Türen und Rahmen dafür, Türverkleidungen und -schwelle	Stück
4418.73.10, 4418.74.00, 4418.73.90, 4418.75.00, 4418.79.00	Fußbodenplatten, aus Holz	m ²
44.18.10.10, 4418.10.50, 4418.10.90	Fenster, Fenstertüren, Rahmen und Verkleidungen dafür, aus Holz	Stück
9406.10.00	Gebäude, vorgefertigt, aus Holz, auch unvollständig oder noch nichtmontiert	kg

Da auf Grund der erhobenen Einheiten (wie zB. Stück Möbel) und der Mehrfachzählung von Zwischenprodukten und Produkten in der Produktionsstatistik (zB. bei Verkauf von Betten, die anschließend zu Bauteilen zusammengesetzt werden) keine Quantifizierung der „Sonstigen Produkte“ („Nicht-Bau-Produkte“) möglich war, wurden sie durch die Differenz der Produkte im Massenfluss der Austrian Energy Agency und den ermittelten Bauprodukten berechnet.

Für die Einschätzung der Datenqualität wurde die Methodik von Laner et al. (2016) eingesetzt. Jeder Massenfluss wurde in den Kategorien „Reliability“, „Completeness“, „Temporal correlation“, „Geographical correlation“ und „Other correlation“ von 1 bis 4 bewertet, anschließend wurden die Scores in Schwankungsbreiten in % und Volumen (fme) umgerechnet (siehe Anhang Kapitel 10.1).

4.1.2 Holzlager in Gebäuden

In der Literatur wird in Studien meist der Holzlagerbestand in bestehenden Gebäuden über die verbaute Fläche ermittelt und dann mithilfe eines Schätzwerts bestimmt, wie viel Holz pro Quadratmeter in einem Gebäude verbaut ist. Die Datenlage hierzu ist deutlich besser für Wohngebäude als für Nicht-

²³ Statistik Austria, „Importe und Exporte von Gütern“, STATISTIK AUSTRIA, zugegriffen 10. Juli 2025, <https://www.statistik.at/statistiken/internationaler-handel/internationaler-warenhandel/importe-und-exporte-von-guetern>.

Wohngebäude. Der jährliche Zuwachs an Holz in Gebäuden wird in der Regel über die neu gebaute Fläche, die in der Statistik erfasst wird, mit einem festgelegten Holzbedarf pro Quadratmeter multipliziert. Dieser Top-down-Ansatz kann einem Bottom-up-Ansatz gegenübergestellt oder mit diesem verglichen werden, bei dem die in der Statistik erfassten Holz mengen verwendet werden, die jedes Jahr von der Industrie in den Bau fließen. Diesen Studien steht der Ansatz gegenüber, den Gebäudebestand nach Wohngebäuden und Nicht-Wohngebäuden aus der Statistik zu ermitteln und diese mit einem Holzanteil zu multiplizieren. Bei den eigenen Berechnungen wurden für den Wohnbau wurde ein Holzanteil von 0,108 m³ pro m² Wohnnutzfläche (siehe Kalt et. al, 2018²⁴) herangezogen, und für Dienstleistungsgebäude ein nutzungsspezifischer Anteil laut Materialkataster des IÖR²⁵. Für die Berechnung der Änderung des Holz lagers in Gebäuden im Jahr 2021 wurde die Anzahl der Baubewilligungen herangezogen, die ebenfalls mit den nutzungsspezifischen Holzanteilen multipliziert werden. Dabei wurde das Bau- und Abbruchholz abgezogen. Die verwendeten Quellen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Für die Abschätzung der Holzlagermenge in Gebäuden verwendete Quellen

Titel der Publikation / Statistik	Quelle	Daten
High-Resolution Maps of Material Stocks in Buildings and Infrastructures in Austria and Germany ²⁶	Haberl et al., 2021	Materiallager in Gebäuden
Quantification of future availabilities of recovered wood from Austrian residential buildings ²⁷	Kalcher et al., 2017	Materiallager in Wohngebäuden, Potenzial an Holz aus dem Wohnbau
Carbon dynamics and GHG implications of increasing wood construction: long-term scenarios for residential buildings in Austria ²⁸	Kalt, 2018	Holz lager im Bau, Holzanteil Wohngebäude
Baubewilligungen, Neuerrichtung ganzer Gebäude ²⁹	Statistik Austria	Fläche Neubau 2021
IÖR Materialkataster ³⁰	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.	Holzanteil von Dienstleistungsgebäuden

²⁴ Kalt, „Carbon dynamics and GHG implications of increasing wood construction“.

²⁵ IÖR Forschungsdatenzentrum, „Materialkataster - IÖR ISBE“, zugegriffen 23. Oktober 2025, <https://ioer-isbe.de/ressourcen/materialkataster>.

²⁶ Helmut Haberl u. a., „High-Resolution Maps of Material Stocks in Buildings and Infrastructures in Austria and Germany“, *Environmental Science & Technology* 55, Nr. 5 (2021): 3368–79, <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05642>.

²⁷ Jasmin Kalcher u. a., „Quantification of future availabilities of recovered wood from Austrian residential buildings“, *Ressources, Conservation and Recycling*, Nr. 123 (2017): 143–52.

²⁸ Kalt, „Carbon dynamics and GHG implications of increasing wood construction“.

²⁹ „Baubewilligungen“, STATISTIK AUSTRIA, zugegriffen 4. Juni 2025, <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/wohnen/baubewilligungen>.

³⁰ IÖR Forschungsdatenzentrum, „Materialkataster - IÖR ISBE“.

4.2 Hemmnisse & Forschungsbedarf

Für die Erhebung von Hemmnissen und den Forschungsbedarf wurden im Zeitraum von Dezember 2024 bis März 2025 insgesamt 10 leitfadengestützte, qualitative Interviews mit Expertinnen und Experten aus den Bereichen Holzbau (Praxis und Forschung), Abfallwirtschaft und Altholzverwertung, Reuse von Bauteilen, Verwaltung (rechtliche Rahmenbedingungen) und Wohnbau geführt.

4.2.1 State of the Art nachhaltiger Baustofflogistik

Zur ganzheitlichen Betrachtung und Analyse von nachhaltigen und zirkulären Bauoperationen ist es wichtig, Transportprozesse miteinzubeziehen. In Ergänzung zu den qualitativen Interviews und Workshops, die auch Hemmnisse und Erfordernisse für eine nachhaltige Baustofflogistik behandeln, wurde eine Literaturanalyse sowie auch ein Literature Review durchgeführt, um den State of the Art zu Baustofflogistik im Raum Österreich darzustellen und Forschungs- bzw. Wissenslücken zum Thema abzubilden.

4.3 Use Cases Gründerzeithaus

Auf Basis verschiedener Studien - u.a. Lederer et al. (2021)³¹ - kann eruiert werden, welche Holzmasse in Gründerzeithäusern Wiens mit Wohnbauzweck verbaut ist (Berechnung siehe Abbildung 5). Für die Quantifizierungen wurde ein mixed method Ansatz gewählt. Die Resultate basieren auf Literaturrecherche, Referenzwerten aus den zwei Use Case Gebäuden sowie der Nutzung von Microsoft Excel zur Berechnung. Für die zwei Gründerzeithäusern in Wien (Beringgasse 19, 1170 Wien und Gentzgasse 6, 1180 Wien) wurden anhand von Plänen (Decken und Dach) und Daten aus Begehungen (Fenster und Türen) Volumen der in den Gebäuden verbauten Holzmassen berechnet.

Ausgehend von Berechnungen von Lederer und Blasenbauer (2024)³² kann zudem eingeschätzt werden, wie viel Holzmasse durch Abrissprozesse von Gründerzeithäusern (theoretisch) für verschiedene Verwertungs- und Nutzungszwecke anfällt. Die Prognosen gehen bis zum Jahr 2050. Abbildung 6: Hochrechnung der anfallenden Holzmasse durch Abrissoperationen in Wien für 2021 sowie Prognosen für 2030, 2040 und 2050 (nach Lederer und Blasenbauer 2024) zeigt eine Hochrechnung der anfallenden Holzmasse pro m² Nettobodenfläche, die durch Abrissprozesse von Gründerzeitbauten (Bauperiode vor 1919) verfügbar wäre.

³¹ Jakob Lederer u. a., „Raw Materials Consumption and Demolition Waste Generation of the Urban Building Sector 2016–2050: A Scenario-Based Material Flow Analysis of Vienna“, *Journal of Cleaner Production* 288 (März 2021): 125566, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125566>.

³² Jakob Lederer und Dominik Blasenbauer, „Material Flow Analysis-Based Sustainability Assessment for Circular Economy Scenarios of Urban Building Stock of Vienna“, *Sustainability* 16, Nr. 17 (2024): 17, <https://doi.org/10.3390/su16177319>.

A total wood mass - square meter based calculation for residential buildings							
						total mass of wood material in residential building stock of Vienna (study year 2021)	
m ² net floor area		"x"	material intensity kg/m ² net floor area	"="	kg	t	1 000 t
original	12 678 942		original	54,8	694 806 022		
renovated	5 476 882		renovated	54,8	300 133 134		
attic extension	4 601 947		attic extension	23	105 844 781		
	22 757 771				1 100 783 936	1 100 783,94	1 100,78394
B total wood mass - cubic meter based calculation for residential building sample (n=207)							
gross volume (m ³) above ground mass		"x"	intensity (t per cubic meter above ground area) of embedded wood in sampled buildings	"="	wood mass in total (t) for sampled buildings		
residential (unweighted)	223 301		residential (unweighted)	0,01246	2781,409		
< 1 000 m ³	7 063		< 1 000 m ³	0,00718	50,737		
1 000 - 5 000 m ³	99 858		1 000 - 5 000 m ³	0,01331	1328,872		
> 5 000 m ³	116 381		> 5 000 m ³	0,01444	1680,819		

Abbildung 5: Berechnung der verbauten Holzmasse auf Basis von Quadrat- und Kubikmetern nach Lederer et al. (2021)³³

C total wood mass of demolished residential buildings (t) for 2021, as well as proposed for 2030, 2040, 2050						
study results and data on demolition square meters of residential buildings < 1919						
material intensity kg/m ² net floor area			2021	2030	2040	2050
54,8	"x m ² demolition square area"		175 731	158 132	138 576	119 022
	"="		9 630 059	8 665 634	7 593 965	6 522 406
			9 630,059	8 665,634	7 593,965	6 522,406 t

Abbildung 6: Hochrechnung der anfallenden Holzmasse durch Abrissoperationen in Wien für 2021 sowie Prognosen für 2030, 2040 und 2050 (nach Lederer und Blasenbauer 2024)³⁴

4.4 Use Case Modernes Bürogebäude

Für die Recherche von Fallbeispielen des Holzbaus wurde Literatur zu dem Bauprojekt analysiert. Genutzte Dokumente inkludieren Hochschularbeiten, technische Berichte, Projektseiten, Dokumente zur Projektvorstellung, sowie auch Elemente von Vorträgen und Vortragsreihen, in denen das Projekt beschrieben wurde. Zudem wurden verschiedene Akteur:innen, die Expertise zu dem Projekt haben (z.B. Planungsteam, Bauträger) konsultiert, um Informationen zu dem Bauprojekt zu erhalten und diese in dieses Projekt einarbeiten zu können.

³³ Lederer u. a., „Raw Materials Consumption and Demolition Waste Generation of the Urban Building Sector 2016–2050“.

³⁴ Lederer und Blasenbauer, „Material Flow Analysis-Based Sustainability Assessment for Circular Economy Scenarios of Urban Building Stock of Vienna“.

4.5 Entwicklung des Szenario 2050

Ergänzend zu Literaturrecherchen und Erkenntnissen aus den Interviews zu Hemmnissen und Forschungsbedarf wurden Workshops durchgeführt. Im Anschluss wurden Annahmen für die Holz-Massenflüsse in der Bauwirtschaft 2050 in einem zirkulären Optimal-Szenario getroffen.

4.5.1 Workshops für Lösungsansätze und Szenario 2050

Im Verlauf des Projekts wurden sechs Workshops durchgeführt. In Tabelle 5 sind die Themen und Daten der Workshops zu finden.

Tabelle 5: Im Rahmen des Projekts durchgeführte Workshops

Workshop-Thema	Datum	Externe Teilnehmer:innen
Aktuelle Entwicklungen und Lösungsansätze: Energetische vs. Stoffliche Holznutzung, Reststoffnutzung	12.02.2025, 10-11:30h (online)	3
Lösungen für die Wiedernutzung von Bau- und Abbruchholz (Reuse, Repurpose und Recycling)	18.02.2025, 10-11:30h (online)	6
Zirkulärer Holzbau (Lösungsansätze für den Neubau (und Renovierung))	13.03.2025, 14-15:30h (online)	5
Review der erarbeiteten Lösungsansätze	05.06.2025, 15-17:15h	7
Entwicklungen in Forstwirtschaft und Holzindustrie	11.06.2025, 14-15:30h (online)	6
Review des Szenario 2050	09.09.2025, 10-12h (online)	20

4.5.2 Massenflüsse 2050

Basis dieser Resultate ist die Analyse der Workshopinhalte und Expert:innen-Interviews, ebenso wie die Analyse verschiedener Studien zum Thema zirkulärer Holzbau. Die Massenflüsse „Bau- und Abbruchholz“ (stoffliche Nutzung), „Altholz für Remanufacturing“, „Reuse-Holzbauteile“, „Altholz f. d. Plattenindustrie“, „Bauprodukte aus Holz“ (Produktion in Österreich) sowie „Rinde-Massenflüsse“ standen für die Analyse im Mittelpunkt.

Für diesen Projektteil wurden zur Abschätzung des zukünftigen Aufkommens an Bau- und Abbruchabfällen verschiedene Studien analysiert. Hierbei lag Fokus darauf, Studien verschiedener Jahre zu finden, um den zeitlichen Verlauf der Baustoffzusammensetzung abbilden zu können. Ebenso wurden Studien genutzt, die diesen Zeitverlauf bereits als Resultat aufbereitet hatten. Für die Abschätzung der

Entwicklung wurden insbesondere Kleemann et al. (2016)³⁵, Lederer et al. (2019)³⁶ Kalt (2018)³⁷ und Kalcher et al. (2017)³⁸ herangezogen.

Der erste im Projektteam entwickelte Entwurf des Szenarios wurde im sechsten Projektworkshop mit den teilnehmenden Expertinnen und Experten überarbeitet. Es wurde zusammengetragen, welche Annahmen Expert:innen zur Entwicklung von verschiedenen Holz-Masseflüssen treffen. In Verbindung mit diesen Annahmen wurde eruiert, welche Auswirkungen die Annahmen auf verschiedene betrachtete Holz-Masseflüsse haben, welche Maßnahmen die Annahme begünstigen bzw. welche Maßnahmen für die Annahme nötig sind. Ebenso wurde ergänzt, welche Rahmenbedingungen bzw. Faktoren (Szenarien-abhängig oder unabhängig vom Szenario) Einfluss haben können.

Die quantifizierten Massenflüsse wurden mittels Adobe Illustrator grafisch umgesetzt.

³⁵ Fritz Kleemann u. a., „GIS-based Analysis of Vienna’s Material Stock in Buildings“, *Journal of Industrial Ecology* 21, Nr. 2 (2016): 368–80.

³⁶ Jakob Lederer et al., „Projektvorstellung Gebäude in Wien aus materieller Perspektive. Ein Überblick bisheriger Erkenntnisse aus den Projekten CD Labor für Anthropogene Ressourcen (2012-2019).“, 2019.

³⁷ Kalt, „Carbon dynamics and GHG implications of increasing wood construction“.

³⁸ Kalcher u. a., „Quantification of future availabilities of recovered wood from Austrian residential buildings“.

5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden der ermittelte Holzmassenfluss im Jahr 2021, ein Use Case zu Holzmassen in Gründerzeithäusern, ein Use Case zu zirkulärem Holzbau, Hemmnisse und Forschungsbedarf für zirkuläres Bauen mit Holz und abschließend das „Optimal-Szenario Zirkulärer Holzbau“ dargestellt.

5.1 Holz-Massenfluss mit Fokus Bauwirtschaft 2021

Bei der Interpretation der Daten und der Ableitung von Schlussfolgerungen ist zu beachten, dass sich das Referenzjahr 2021 durch hohe Einschlagsmengen und ein überdurchschnittlich hohes Aufkommen an Bau- und Abbruchholz auszeichnet. So lag der Holzeinschlag 10 % über dem von 2020 und 3,5 % über dem zehnjährigen Mittel, bei gleichzeitig weniger Schadholzaufkommen als in den Jahren davor und bei gestiegenen Holzpreisen im Vergleich mit 2020. Insgesamt wurden im Jahr 2021 25 % des gesamten österreichischen Einschlags energetisch, 55 % als Sägeholz und 20 % als Industrierundholz genutzt.³⁹

In Abbildung 7 ist der Holzmassenfluss für Österreich mit dem Fokus auf die Bauwirtschaft dargestellt, was bedeutet, dass nur Sägeholz und der Anteil an Industrielholz, der in der Plattenindustrie verwendet wurde, dargestellt sind. Ein Sankey-Diagramm ist im Anhang (siehe 10.2) zu finden.

Da das reale Volumen für Nadelholz ca. ein Drittel höher liegt als der theoretische Wert in Festmeter-Äquivalenten (dem eine durchschnittliche Holzdichte des österreichischen Holzsortiments zugrunde liegt), ist der Unterschied zwischen theoretischem und realem Volumen bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass die Bauprodukte aus Holz in Wirklichkeit ein höheres Volumen einnehmen als im Massenflussdiagramm dargestellt, während Massenflüsse, die vorrangig Laubholz umfassen (wie hier etwa Laubrundholz) überrepräsentiert sind.

³⁹ BMLUK, „Holzeinschlagsmeldung 2021 - Höhere Holzpreise führen zu höherem Holzeinschlag“, Holzeinschlagsmeldung 2021 - Höhere Holzpreise führen zu höherem Holzeinschlag, zugegriffen 13. Oktober 2025, <https://www.bmluk.gv.at/themen/wald/wald-in-oesterreich/wald-und-zahlen/Holzeinschlag/holzeinschlagsmeldung-2021.html>.

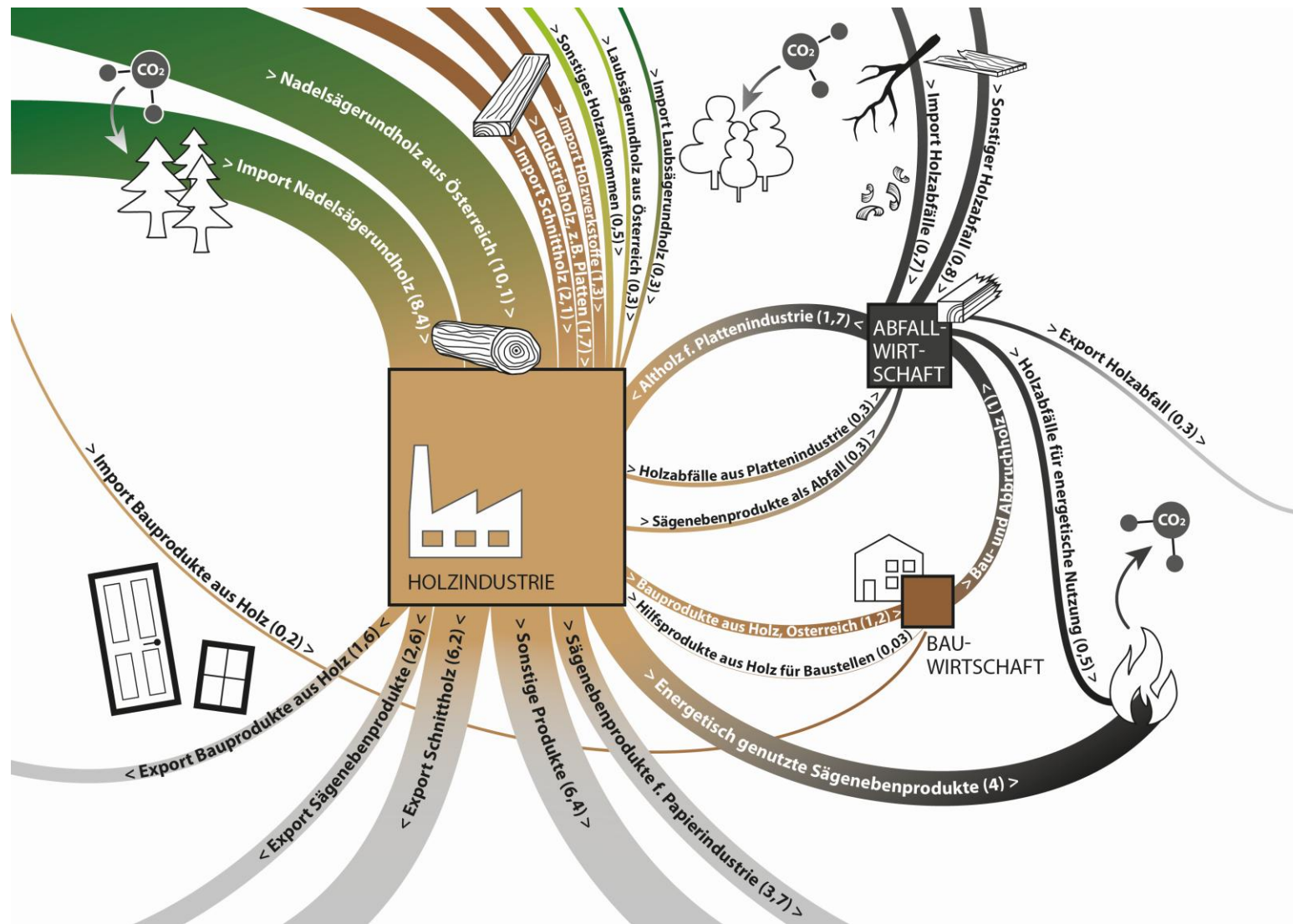


Abbildung 7: Holz-Massenfluss mit Fokus Bauwirtschaft in Österreich 2021 in Mio fme (gerundet auf 100 000 fme; Quelle: eigene Darstellung; dunkelgrün: Nadelsägerundholz, hellgrün: laubsägerundholz, braun: Zwischenprodukte und Produkte, hellgrau: „Nicht-Bau-Produkte“ und Exporte, dunkelgrau: Abfälle und energetisch genutzte Holz mengen)

Reuse von Bau- und Abbruchholz ist aktuell auf Grund der geringen Menge – Schätzungen von Experten in diesem Projekt gehen von ca. 1 % der Altholzmengen aus dem Abriss aus – in den hier gezeigten Massenflüssen nicht dargestellt. Es handelt sich dabei v.a. um hochwertige Holzteile, wie gehackte Balken, Dippelbäume oder BSH-Träger⁴⁰.

5.1.1 Input Holzindustrie

Abbildung 8 zeigt die Holzströme in die Holzindustrie als Anteile des Gesamtinputs an. Im Jahr 2021 waren 6% der verwendeten Massen Holzabfälle und Altholz für die Plattenindustrie (sekundärer Rohstoff). Der Rest wurde aus primären Quellen (Sägerundholz, importiertes Schnittholz, importierte Holzwerkstoffe, Industrieholz für Plattenindustrie) gedeckt. Den weitaus größten Anteil machte Nadel-sägerundholz aus Österreich mit 38 % aus, 32 % war importiertes Nadel-sägerundholz. 8 % war importiertes Schnittholz, 7 % Industrierundholz (für Platten), 5 % importierte Holzwerkstoffe und 2 % sonstiges Holzaufkommen (Holzmengen aus Kleinstwald, Flurgehölze etc., siehe „Sonstiges Holzaufkommen“ in klimaaktiv, 2023)⁴¹. Laubsägerundholz machte mit je 1 % aus heimischen Wäldern und 1 % Import einen geringen Teil aus. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass der Anteil an Laubholz an importiertem Sägerundholz auf Basis des Anteils von Laubholz an inländischem Sägeholz nur abgeschätzt wurde.

⁴⁰ S. Winter und M. Weigl-Kuska, *TRIPLE A HOLZ Altholz Aufkommen Austria* (Holzforschung Austria, 2024), https://www.holzforschung.at/fileadmin/user_upload/Downloads/Broschueren/gratisdownloads/Endbericht-Triple-A-Altholz-Aufkommen-Austria-2024.pdf.

⁴¹ Austrian Energy Agency und Landwirtschaftskammer Österreich, *Holzströme in Österreich 2021*.

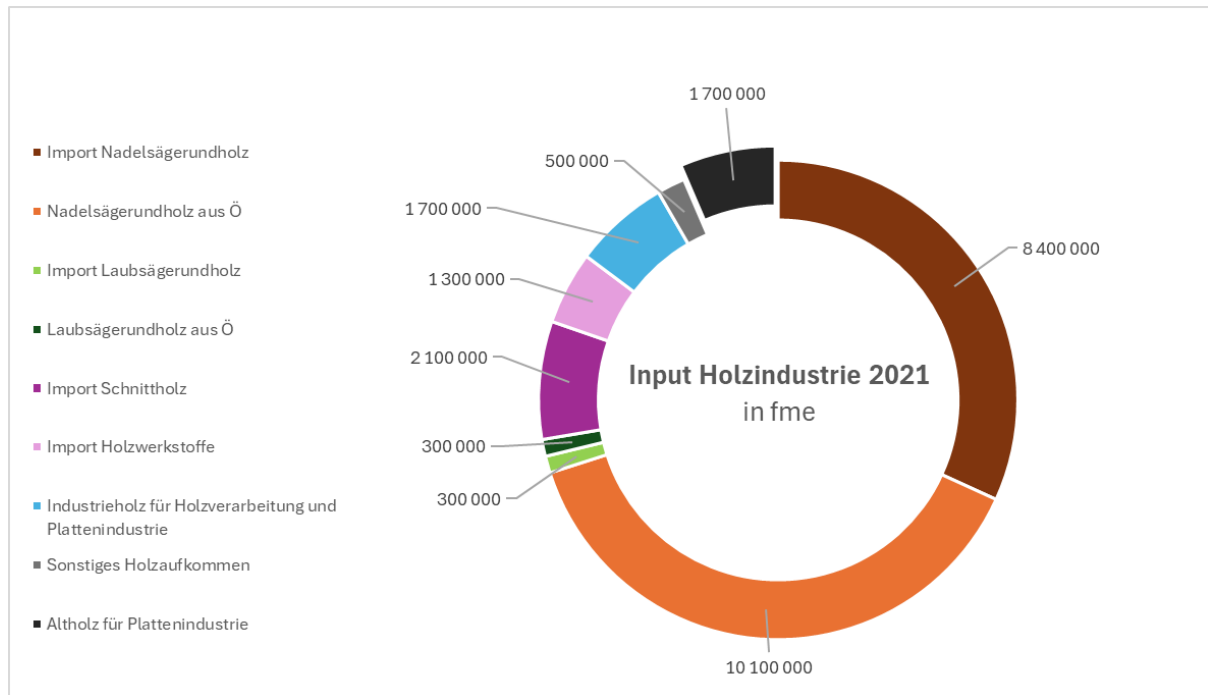


Abbildung 8: Input an Holzmassenflüssen für die Holzindustrie in Österreich 2021 in fme (gerundet auf 100 000 fme, Quelle: eigene Darstellung)

5.1.2 Output Holzindustrie

Jeweils 25 % des Outputs der Holzindustrie in der Massenflussanalyse machen exportiertes Schnittholz und Produkte aus Holz aus, die nicht für die Bauwirtschaft verwendet werden (siehe Abbildung 9). Dabei ist zu betonen, dass vor allem für die Quantifizierung der Gesamtmasse an Holzprodukten weitere Arbeiten nötig wären, um die Zahlen aus dem klimaaktiv Massenflussdiagramm⁴² zu untermauern, da die Masse an stofflichen Produkten im Verhältnis mit der Gesamtmasse einen sehr geringen Anteil ausmacht und als Differenzwert (zwischen Input, Nebenprodukten und energetischer Nutzung) berechnet wird. Außerdem ist davon auszugehen, dass auch ein Teil des exportierten Schnittholzes in die Verwendung als Bauprodukt geht. Dieser Anteil konnte allerdings im Projekt nicht eruiert werden.

Sägenebenprodukte für die Nutzung in der Papierindustrie machten ~~1521~~ % aus, 16 % der Holzmasse (Sägenebenprodukte) wurde in den Betrieben energetisch genutzt und 2 % (ebenfalls Sägenebenprodukte) wurden als Abfall entsorgt.

⁴² Austrian Energy Agency und Landwirtschaftskammer Österreich, *Holzströme in Österreich 2021*.

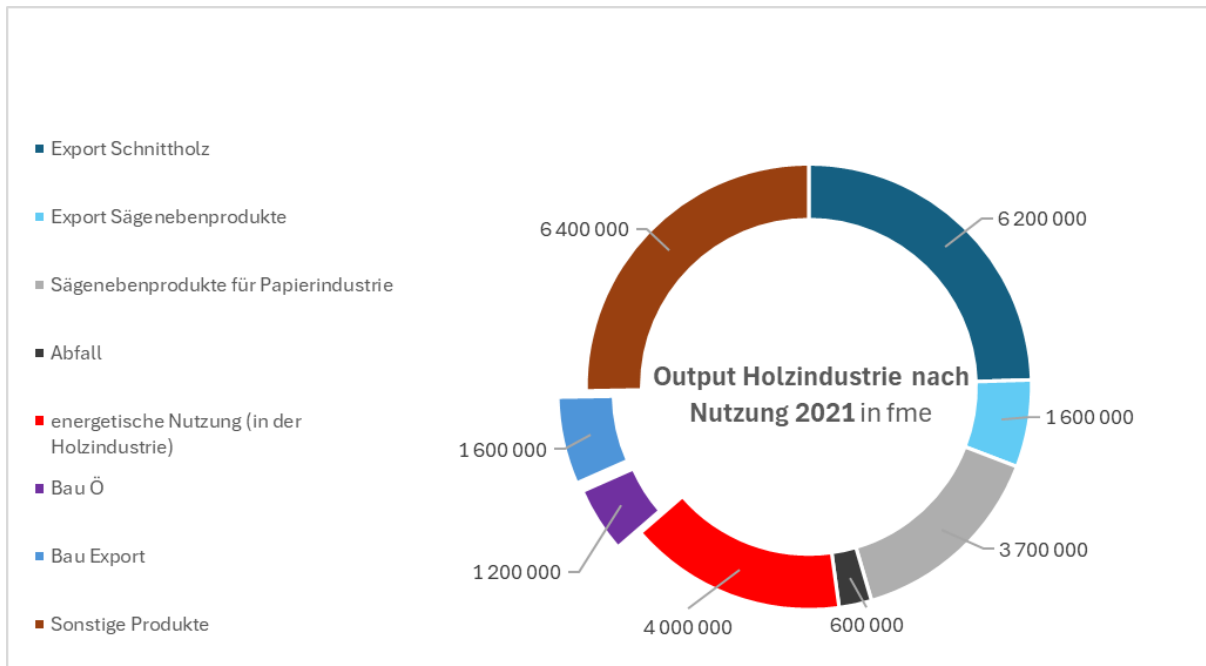


Abbildung 9: Holzmasse-Output der österreichischen Holzindustrie 2021 mit Fokus auf Bauwirtschaft in fme (gerundet auf 100 000 fme, Quelle: eigene Darstellung)

Den Berechnungen im Projekt zufolge machen Holzbauprodukte 11 % des Outputs der Holzindustrie aus (6 % Export, 5 % Verwendung im Inland). Dabei sind die bereits beschriebenen Unsicherheiten bei der realen Menge an Holzprodukten insgesamt zu bedenken. Da davon auszugehen ist, dass Holzbauprodukte den größten Teil der gesamten Holzprodukte ausmachen und grobe Berechnungen der Menge an Paletten (als zweitgrößte Produktgruppe) nur 400 000 fme ergab, ist zu betonen, dass eine ergänzende quantitative Bewertung der Holzprodukte in Österreich nötig wäre. Dies war im Rahmen des Projekts HolzKreislauf nicht möglich, da die verfügbare Statistikdaten für Möbel (aber auch andere Holzprodukte) nicht als Masse, sondern nur als Stück (und als Geld-Wert) vorliegen.

5.1.3 Holz als Hilfsprodukte auf Baustellen

Abschätzungen zur Nutzung von Holz als Hilfsprodukte (wie Gerüstpfosten, Bretter und Staffeln für Absicherungen) auf Baustellen auf Basis von Holzmenge pro m² auf zwei Wohnbaustellen und der genehmigten Fläche für Neubauten in Österreich legen nahe, dass nur sehr geringe Mengen in diese Anwendung fließen (ca. 30 000 fme), daher wurde dieser Anteil in Abbildung 9 nicht einbezogen. Dieses Holz wird normalerweise auf Baustellen wiederverwendet - wenn Bedarf besteht - allerdings nach der Verwendung auf einer Baustelle als Abfall entsorgt.

5.1.4 Detailgrafik Holzkreislauf Bauwirtschaft

In der folgenden Grafik (Abbildung 10) ist der Holz-Kreislauf im Jahr 2021 ohne Rohstoffe (Sägeholz, sonstige Holzabfälle, energetisch genutztes Holz, Sägenebenprodukte, Exporte und „sonstige Holzprodukte“) dargestellt. Hier wurden die Bauprodukte nach ÖPRODCOM-Kategorien unterteilt, um die Verteilung der Holznutzung aufzuzeigen. Analog dazu wurde auch das Bau- und Abbruchholz nach Schlüsselnummern aufgeteilt.

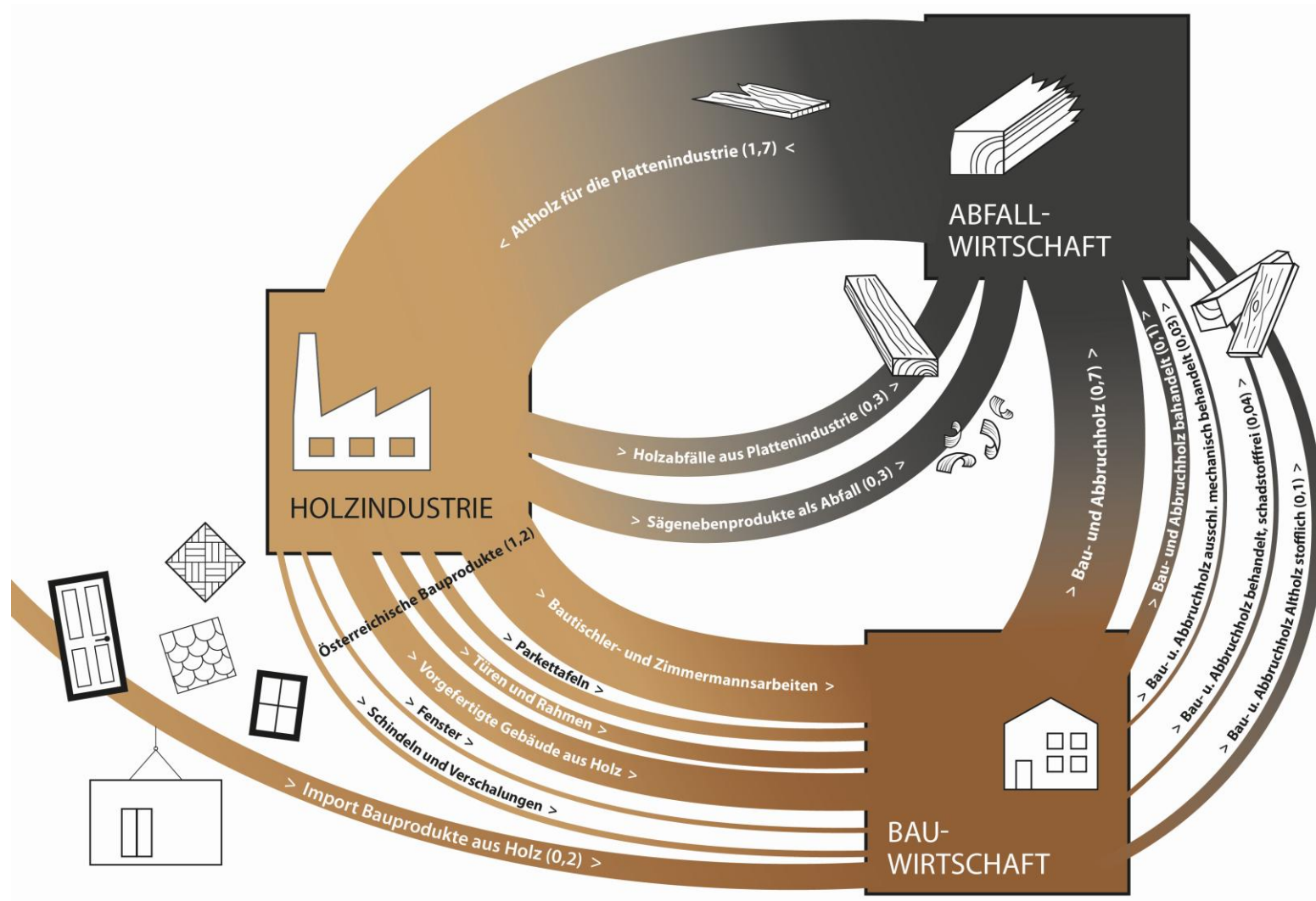


Abbildung 10: Detailgrafik der Holz-Massenflüsse mit Fokus Bauwirtschaft in Österreich 2021 in Mio fme (Ausschnitt aus Gesamtmassenfluss ohne Darstellung der Rohstoffe, Exporte, Nebenprodukte und anderer Produkte als Bauprodukte; Einteilung des Bau- und Abbruchholzes nach Abfallklassen; Quelle: eigene Darstellung; braun: Zwischenprodukte und Produkte, dunkelgrau: Altholz / Holzabfälle)

Wie in Abbildung 10 zu sehen ist, wurden 2021 1,7 Mio fme Altholz und Holzabfälle recycelt, während ca. 1 Mio fme Bau- und Abbruchholz anfielen. Neben Bau- und Abbruchholz werden vor allem „Holzballagen und Holzabfällen, nicht verunreinigt“ und Spanplattenabfälle in der Plattenindustrie eingesetzt.

Berechnet am gesamten Aufkommen an Holzabfällen wurden 72 % recycelt (stofflich genutzt) bzw. 55 %, wenn die Menge an importiertem (und in Österreich behandelten) Holzabfall einbezogen wird. Es ist darauf hinzuweisen, dass zwischen der Meldung an Holzabfällen und der behandelten Menge eine Differenz von ca. 0,6 Mio fme besteht, was mit Lageränderungen in der Abfallwirtschaft, Verschiebung von Schlüsselnummern und fehlende Meldungen⁴³ zu begründen ist.

Nähere Informationen zu Holzbauprodukten und Bau- und Abbruchholz werden in den folgenden zwei Kapiteln erläutert (5.1.5 und 5.1.6).

5.1.5 Bauprodukte aus Holz

Im Jahr 2021 wurden 2,8 Mio fme Bauprodukte in Österreich hergestellt. Mehr als die Hälfte davon (57 %) wurden exportiert. 200 000 fme Bauprodukte wurden importiert. In Österreich wurden demnach 1,4 Mio fme Bauprodukte (1,2 Mio fme davon aus inländischer Produktion) verwendet (siehe Abbildung 11).

Die Bauproduktgruppen teilen sich bei inländischer Produktion und Verwendung (1,2 Mio fme) von größter nach geringster Menge gereiht folgendermaßen auf (Kategorisierung nach ÖPRODCOM 2021):

- Bautischler- und Zimmermannsarbeiten
- Vorgefertigte Gebäude aus Holz
- Türen und Rahmen
- Parketttafeln
- Schindeln und Verschalungen
- Fenster und Rahmen

Bei den exportierten Bauprodukten (1,6 Mio fme) sieht die Reihung folgendermaßen aus (Kategorisierung nach KN 2021):

- Bautischlerei
- Verschalungen für Betonarbeiten
- Parkett
- Vorgefertigte Gebäude
- Fenster
- Schindeln

⁴³ Neubauer u. a., *Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2023 für das Referenzjahr 2021*.

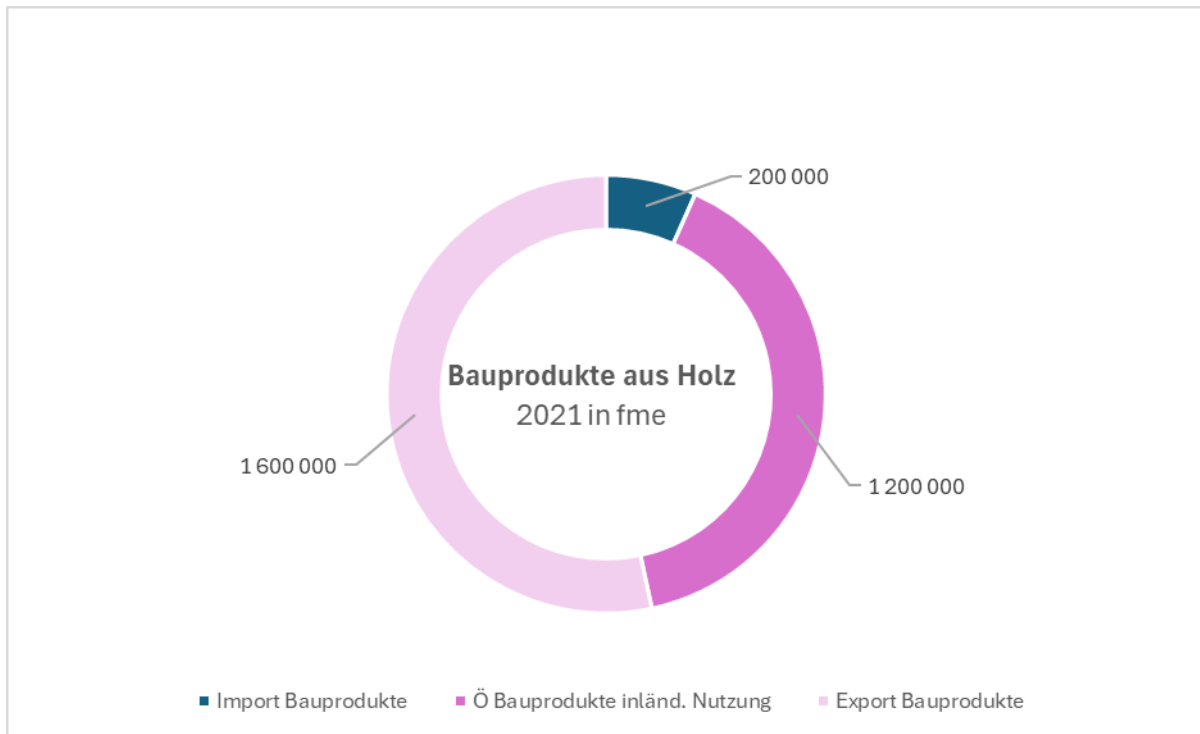


Abbildung 11: In Österreich produzierte und importierte Bauprodukte aus Holz 2021 in fme (gerundet auf 100 000 fme, Import Bauprodukte: Importierte Menge an Bauprodukten aus Holz, Ö Bauprodukte inländ. Nutzung: Differenz aus abgesetzter österreichischer Produktion und Export von Bauprodukten aus Holz, Export Bauprodukte: exportierte Menge an Bauprodukten aus Holz; Quelle: eigene Berechnungen aus Daten der Statistik Austria)

Auch bei den Importen überwiegen Bautischlereiwaren, gefolgt von Parkett, Verschalungen für Betonarbeiten, Türen, Vorgefertigten Gebäuden und Fenstern.

5.1.6 Bau- und Abbruchholz

Von den 2021 angefallenen Mengen an Bau- und Abbruchholz wurde der Großteil (72 %) der Schlüsselnummer 17202 („Bau- und Abbruchholz“) zugeordnet. Die restlichen Mengen verteilen sich auf Schlüsselnummern 17202 1 (14 % „Bau- und Abbruchholz, behandeltes Holz“), 17202 4 (7 % „Bau- und Abbruchholz, Altholz stofflich“), 17202 3 (4 % „Bau- und Abbruchholz, behandeltes Holz, schadstofffrei“) und 17202 2 (3 % „Bau- und Abbruchholz, nachweislich aussch. mechanisch behandeltes Holz“).⁴⁴

Für die stoffliche Nutzung werden Abfälle der Schlüsselnummern 17202, geringe Teile von 17202 1 (Parkettböden ohne größere Kleberanteile), 17202 2 und 17202 3 (mit der Ausnahme von

⁴⁴ Neubauer u. a., *Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2023 für das Referenzjahr 2021*.

Holzfaserdämmplatten) verwendet. Altholz der Schlüsselnummern 17202 4, 17202 1 (außer Parkett ohne Kleber) und Holzfaserdämmplatten (Teil der Schlüsselnummer 17202 3) fallen unter „Altholz thermisch“.⁴⁵

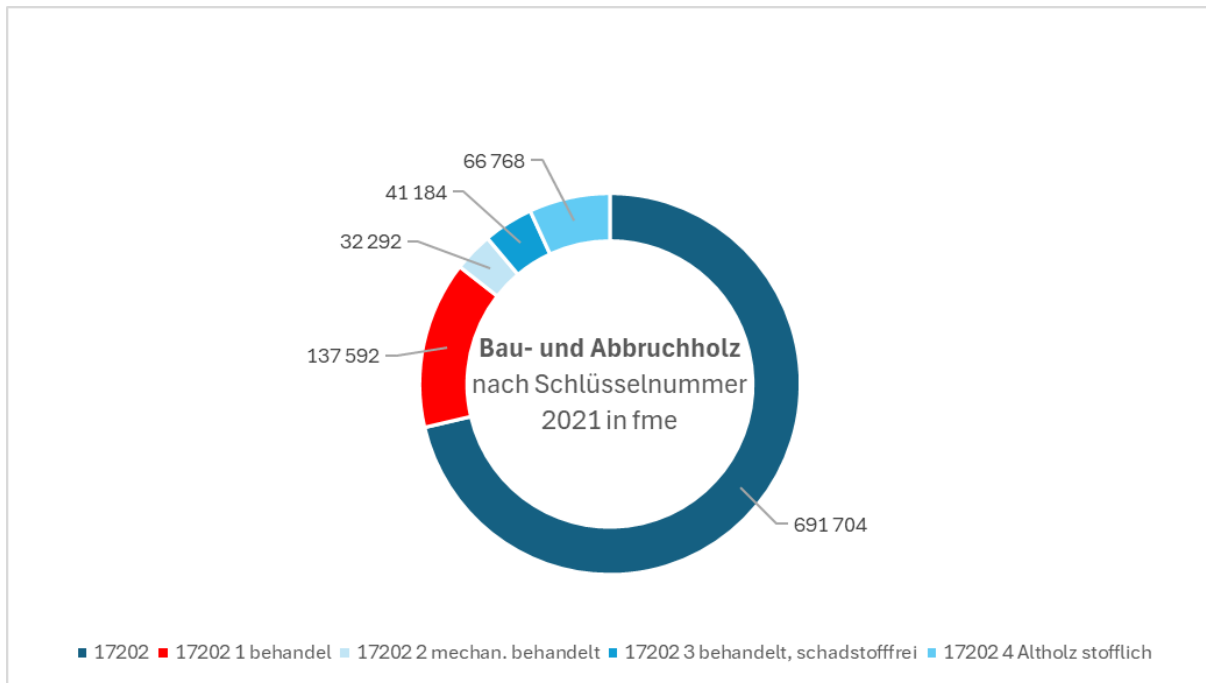


Abbildung 12: Aufkommen an Bau- und Abbruchholz 2021 in Österreich nach Abfallschlüsselnummern in fme (gerundet auf 100 000 fme, Quelle: Berechnung aus Daten des Umweltbundesamts, eigene Darstellung)

Bauteile, die für Reuse verwendet werden, fallen nicht unter das Abfallregime und damit auch nicht in die Abfallstatistik. Wie bereits dargestellt, ist davon auszugehen, dass momentan nur ca. 1 % der Holz-Mengen, die bei Abbrüchen anfallen, einer Wiederverwendung zugeführt werden. Daher wurden sie in den Massenfluss-Grafiken nicht dargestellt.

5.1.7 Einschränkungen

Bei den hier dargestellten Zahlen ist zu berücksichtigen, dass zum Teil hohe Unsicherheiten vorliegen (Details dazu siehe 10.1). So ergab die Abschätzung der Schwankungsbreite der Menge an „sonstigen Produkten“ (Holzprodukte ohne Bauprodukte, Sägenebenprodukte und Exporte an Schnittholz) 1,3 Mio fme (bei einem Betrag von 6,4 Mio fme) und 0,1 Mio fme bei den inländisch produzierten und verwendeten Bauprodukten aus Holz. Dies liegt einerseits an den groben Abschätzungen der Holzanteile in Produkten für Export- und Importmengen und der Verwendung der Produktmengen aus dem klimaaktiv Holzflussdiagramm⁴⁶, indem Produktmengen als Differenzen aus Input und Mengen

⁴⁵ ÖWAV, „Altholzsortierung - Quellensortierung am Anfallort (z. B. Altstoffsammelzentren, Baustellen) und bei Sortieranlagen“, 2018, <https://www.oewav.at/Kontext/WebService/SecureFileAccess.aspx?fileguid=%7B5e2e1d8d-03ac-4a9a-a592-b5612be8f089%7D>.

⁴⁶ Austrian Energy Agency und Landwirtschaftskammer Österreich, *Holzströme in Österreich 2021*.

anderen Nutzungswege berechnet werden. Die Unterschiede zwischen gemeldeten Holzabfällen und der behandelten Menge (unter Berücksichtigung von Importen und Exporten) sind ein weiterer Unsicherheitsfaktor, weil nicht bekannt ist, welche Anteile als Lageränderung zu bewerten sind und welche Teile durch Änderungen von Schlüsselnummern oder fehlende Meldungen entstehen.

5.1.8 Holzbestände und -zuwachs in Gebäuden 2021

Die Ergebnisse aus Literaturrecherchen und eigenen Berechnungen (siehe 4.1.2) liegen für den Holzbestand in Gebäuden zwischen rund 40 und 58 Mio fme Holz und für den jährlichen Lagerzuwachs bei 100 000 bis 500 000 fme. Die Schwankungsbreite ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die meisten wissenschaftlichen Arbeiten ausschließlich Wohnbau berücksichtigen. In der hier dargestellten Massenflussanalyse ergab sich ein Zuwachs von 400 000 fme im Jahr 2021 (als Differenz von Input und Output der Bauwirtschaft), was im oberen Bereich der Literaturwerte liegt. Eine mögliche Erklärung ist, dass Holzbauteile für alle Anwendungen – nicht nur für den Wohnbau - einbezogen wurden. Für das Jahr 2013 zeigten Kleemann et al. (2016)⁴⁷, dass organische Materialien 3% der gesamten Bau-masse des Wiener Gebäudebestandes ausmachen (innerhalb dieser Materialklasse macht Holz 74% aus).

5.2 Use Cases Gründerzeithaus



Abbildung 13: Use Case Gründerzeithaus Beringgasse 19, 1170 Wien (Quelle: Architekt Reinberg)

⁴⁷ Kleemann u. a., „GIS-based Analysis of Vienna’s Material Stock in Buildings“.



Abbildung 14: Use Case Gründerzeithaus Gentsgasse 6, 1180 Wien (Quelle: Architekt Reinberg)

5.2.1 Holzbauteile eines Gründerzeithauses

Als Zwischendecken wurden meist Tramdecken verwendet, während die oberste Geschoßdecke vorwiegend als Dippelbaumdecke ausgeführt wurde. Als typisches Dachwerk wurden Pfettendachstühle gebaut. Weiters wurden Fensterrahmen, Türen und Böden aus Holz verwendet. In kleineren Mengen wurde Holz auch für Fußbodenleisten und Handläufe in den Stiegenhäusern verbaut.

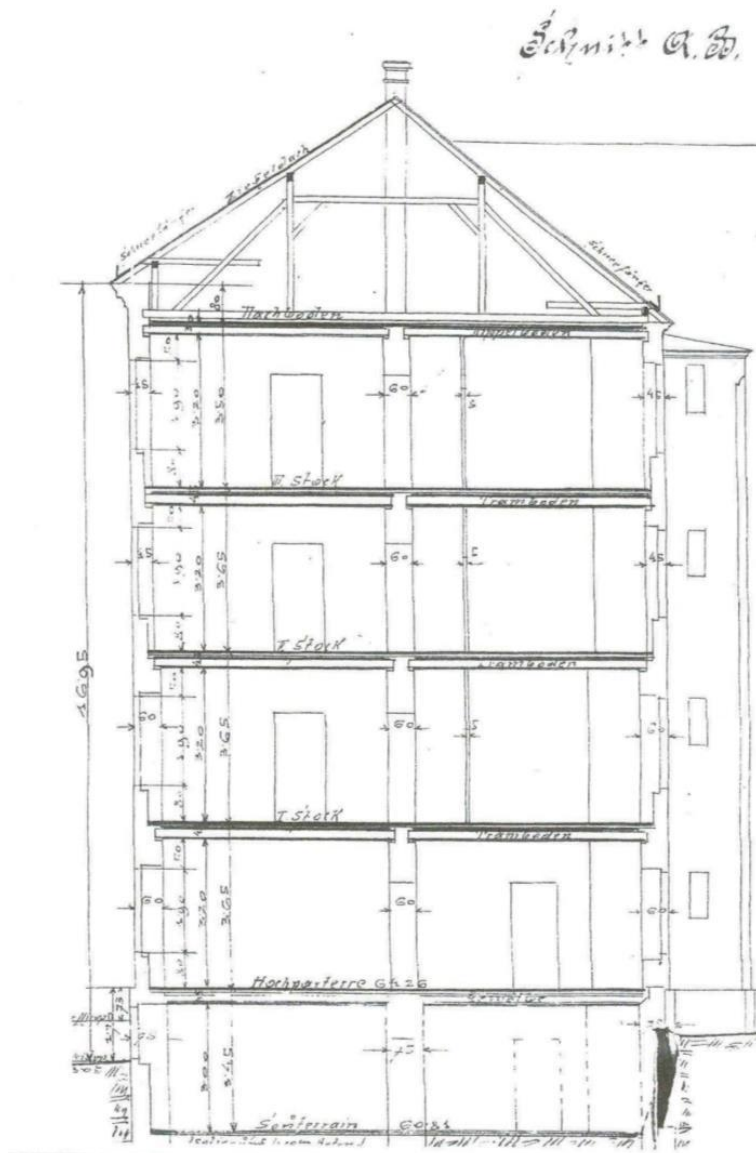


Abbildung 15: Plan eines Gründerzeithauses mit Tram- und Dippelbaumdecken und Dachwerk aus Holz (Quelle: Architekt Reinberg)

5.2.2 Holzmasse in Gründerzeithäusern

Bei der Berechnung der Holzmasse nach Fläche und Volumen von Wohnhäusern, basierend auf Lederer et al. (2021)⁴⁸ ergeben sich für den gesamten Bestand an Gründerzeitbauten in Wien im Bezugsjahr 2021 über 1,1 Mio t (umgerechnet 1,7 Mio fme) verbaute Holzmasse bei einer Nettobodenfläche von mehr als 2 270 km². Bezogen auf ein Volumen von über 223 000 m³ für 207 untersuchte Wiener

⁴⁸ Lederer u. a., „Raw Materials Consumption and Demolition Waste Generation of the Urban Building Sector 2016–2050“.

Gründerzeitbauten besteht ein verbauter Holzvorrat von ca. 2 800 t (umgerechnet 4 340 fme) in den Studienobjekten.

Ausgehend von Berechnungen von Lederer und Blasenbauer (2024)⁴⁹ kann zudem eingeschätzt werden, wie viel Holzmasse durch Abrissprozesse von Wiener Wohngebäuden (theoretisch) für verschiedene Verwertungs- und Nutzungszwecke anfällt. Die Prognosen gehen bis zum Jahr 2050. Im Jahr 2021 wurden rund 175 700 m² Baufläche abgerissen. So fielen im Jahr 2021 durch Abrissprozesse von Gründerzeitbauten in Wien rund 9 630 t (umgerechnet 15 023 fme) Holzmasse an. Für die Prognosejahre wurde die theoretisch anfallende Holzmasse auf ca. 8 666 t (2030), 7 594 t (2040) sowie 6 522 t (2050) – und damit rückläufig - beziffert (eigen Berechnungen basierend auf Lederer und Blasenbauer 2024)⁵⁰. Der quantitativen Einschätzung der Abbruchmasse für 2050 ist hinzuzufügen, dass – nach der Einschätzung von ExpertInnen in den im Projekt HolzKreislauf durchgeführten Workshops – Abrissprozesse von Gründerzeithäusern mit 2030 zurückgehen werden. Ein Grund dafür ist auch der hohe Anteil an denkmalgeschützten Gründerzeitbauten, beispielsweise in Wien.

5.2.3 Berechnete Holzmasse in den Use Cases

Die Ergebnisse der Holzmassen in den zwei analysierten Gründerzeithäusern sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Vergleich der in den zwei analysierten Beispielen verbauten Holzmassen

Element	Gründerzeithaus Beringgasse 19, 1170 Wien 1020 m ² BGF inkl. KG	Gründerzeithaus Gentsgasse 6, 1180 Wien 4500 m ² BGF inkl. KG
Holzdecken (inkl. Holzböden)	115 m ³	364 m ³
Dachkonstruktion	8 m ³	38 m ³
Außentüre und Fenster	6 m ³	4 m ³
Innentüren	13 m ³	21 m ³
Sesselleisten, Handlauf	4 m ³	4 m ³
Holzvolumen gesamt	143 m ³ 71,5 t	431 m ³ 215,5 t
Holzmenge relativ	0,140 m ³ /m ² BFG inkl. KG 70,10 kg/m ² BFG inkl. KG 0,022 t/m ³	0,096 m ³ /m ² BFG inkl. KG 47,89 kg/m ² BFG inkl. KG 0,016 t/m ³

Die zwei Fallbeispiele zeigen kleine Abweichungen im Vergleich zur Studie von Lederer et al. (2021)⁵¹. Dabei ergab die Berechnung für die HolzKreislauf-Beispiele in einem Fall eine etwas größere

⁴⁹ Lederer und Blasenbauer, „Material Flow Analysis-Based Sustainability Assessment for Circular Economy Scenarios of Urban Building Stock of Vienna“.

⁵⁰ Lederer und Blasenbauer, „Material Flow Analysis-Based Sustainability Assessment for Circular Economy Scenarios of Urban Building Stock of Vienna“.

⁵¹ Lederer u. a., „Raw Materials Consumption and Demolition Waste Generation of the Urban Building Sector 2016–2050“.

Holzmenge und einmal eine etwas kleinere Holzmenge. Grund dafür ist, dass die Studie von Lederer et al. auf über 200 Gebäuden bezieht und ein durchschnittlicher Wert ermittelt wird (ca 55 kg Holz pro m²), während sich die HolzKreislauf-Studie nur zwei Einzelfälle betrachtet. Die Eigenschaften der einzelnen Beispiele können sich miteinander sehr unterscheiden, da die meisten Gründerzeithäuser nicht mehr im Originalzustand bestehen, sondern bereits Umbauten erfolgt sind. Außerdem wurden alle Holzteile des Gebäudes in der Fallstudie HolzKreislauf berücksichtigt (nicht nur Dachstuhl und Decken, sondern Böden, Fenster, Türen, Sesselleisten).

Auch zwischen den zwei Fallbeispiele der HolzKreislauf-Studie gibt es unterschiedliche Werte was u.a. darauf zurückzuführen ist, dass im Fallbeispiel Beringgasse alle Fenster aus Holz sind, während beim Fallbeispiel Gentzgasse die ursprünglichen Fenster teilweise durch Kunststofffenster ersetzt wurden. Das Beispiel Beringgasse hat außerdem einen kompakteren Grundriss mit nur einem Stiegenhaus, das Beispiel Gentzgasse hingegen zwei Stiegenhäuser. Die Holzmenge in kg/m² ist u.a. deshalb beim Beispiel Beringgasse höher als beim Fallbeispiel Gentzgasse (70,10 kg/m² gegenüber 47,89 kg/m²).

5.3 Use Case Modernes Bürogebäude (Tattendorf)

Das zweite Fallbeispiel zum Einsatz von nachhaltigen und kreislauffähigen Holzbaustoffen ist das Büro-, Seminar- und Ausstellungsgebäude im niederösterreichischen Tattendorf. Es ist eines von sechs Forschungs- und Demonstrationsgebäuden, die vom Klimaministerium (damals BMVIT) im Rahmen des Programms „Haus der Zukunft“ gefördert wurden.



Abbildung 16: Lehm-Passivbürohaus Tattendorf in Frontansicht (Architekt Reinberg, Fotograf: Peter Kytlica)

Wichtige Kriterien für die Projektumsetzung zwischen 2004 und 2006 waren die Nutzung bester verfügbarer Technik hinsichtlich erneuerbarer Energieerzeugung, Einsparpotenziale beim Grauenergieverbrauch sowie die die Verbauung nachhaltiger, kreislauffähiger Baumaterialien. Eine möglichst nachhaltige Logistik zum Transport der Baumaterialien und Module waren ebenso Teil des

Projektkonzeptes. Die Dimensionierung der Baumodule sollte jedenfalls kompatibel mit Schienentransport sein.^{52, 53, 54}

Das Gebäude sollte seinen Nutzungszwecken nachkommen, ebenso aber auch als Wissensbasis für künftige Projektausführungen sein. Es fungierte ebenso als Vorzeigeobjekt für die wirtschaftliche und kommerzielle Umsetzbarkeit von kreislauffähigen und nachhaltigen Passivhaus-Bauprojekten.⁵⁵ So diente das Projekt zum Beispiel als Prototyp für eine großmaßstäbige Fertigteilmontagebauweise im Zuge der Bauarbeiten für den Nordwestbahnhof.⁵⁶ Das vor allem in der Errichtungszeit einzigartige Potential von Lehm im Bauwesen im Verbund mit Holz und Stroh und seine prinzipielle Wiederverwendbarkeit nach beliebiger Zeit, ohne Qualitätsverlust zu zeigen, war ein wesentliches Ziel des Projekts und zeigt die Umsetzbarkeit des Cradle-to-Cradle Ansatzes, der damals, so R. Meingast, noch relativ wenig in Diskussion war. Auch die Materialität und die „Graue Energie“ waren damals nur ein Randthema (R. Meingast, e-Mail-Kommunikation, 2025).

Das Haus ist als Passivhaus in Modulbauweise konzipiert und wurde unter Einsatz von chemisch nicht stabilisierten Baustoffen (Holz, Lehm, Stroh und Glas) anstatt Beton, Stahl und Glas gebaut. Der Baustoff Holz findet an vielen Stellen im Haus Verwendung. Das Gebäude fußt auf einem doppelten Holzständerwerk, die Außenhülle besteht aus einer modularen Doppelriegel-Holzrahmenkonstruktion, einer ebenso modularen massiven Holzzwischendecke und einer tragenden Mittelwand aus Holzrahmen. Der Dachaufbau besteht aus 60 cm Holzriegelschicht samt Strohdämmung, 3 cm Sperrholzaufbau sowie einer 2 cm dicken Holz-Rauh Schalung. Der Aufbau der Wände (bzw. des Bodens) ist ähnlich: je 40 cm Holzriegelschicht samt Strohdämmung, je 3cm Holz-Rauh Schalung sowie je 2 cm Sperrholz und Rauh Schalung. Massivholz findet für die Decken und Böden Einsatz, statt einer Tramdecke wurden LONDYB-Deckenelemente aus massivem Fichtenholz genutzt. Hinsichtlich Rückbaubarkeit wurden für die Deckenkonstruktion kein Lehm und keine Nägel eingesetzt, sondern ausschließlich durch Buchenholzdübel mechanisch gebündelt.^{57, 58}

⁵² BMVIT, Hrsg., „Bewertete Realisierungsbeispiele im »Haus der Zukunft «. Folder 6.“, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie BMVIT, o.J., https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/folder_oekoinform_06_pilotbauten.pdf.

⁵³ Georg Reinberg und Roland Meingast, „Planung, Produktion und Montageablauf mit Lehm Passivhaus – Baumodulen am Beispiel: Lehm – Passiv Bürohaus Tattendorf“, o.J., https://www.bauberufe.eu/images/doks/Lehmbau_PH_Tattendorf_2005.pdf.

⁵⁴ Roland Meingast, „Lehm- Passiv Bürohaus Tattendorf“, BMVIT, 2005, https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/endbericht_tattendorf_id2558.pdf.

⁵⁵ BMVIT, „Bewertete Realisierungsbeispiele im »Haus der Zukunft «. Folder 6.“

⁵⁶ IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Hrsg., „Tagungsband 2025: Weiter bauen? Wie machen Sie das? Tagungsband Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen BauZ.“, 2025, https://www.bauz.at/add/BauZ_Tagungsband_2025_web.pdf.

⁵⁷ BMVIT, „Bewertete Realisierungsbeispiele im »Haus der Zukunft «. Folder 6.“

⁵⁸ Reinberg und Meingast, „Planung, Produktion und Montageablauf mit Lehm Passivhaus – Baumodulen am Beispiel: Lehm – Passiv Bürohaus Tattendorf“.

Eine Aufstellung des eingesetzten Holzbaustoffes, zugeteilt zu den einzelnen Elementen des Hauses, findet sich in Tabelle 7.

Tabelle 7: Einsatz des Baustoffes Holz für die Fallstudie Tattendorf (Quelle: Zitterer und Baumgartner, 2013⁵⁹)

Bruttogeschosßfläche (EG und OG)	416 m ²
Bruttogrundfläche	291 m ²
Nutzfläche	317 m ²
Gebäudevolumen	845 m ³
Einsatz Holzbaustoff	
Gesamt	ca. 99 t
Tragend	43,7 t
Außenbereich	1,4 t
Dach Rauhschalung 2cm (3cm)	2,6 t (3,9 t)
Wand Rauhschalung 2cm (3cm)	3,4 t (5,2 t)
Boden Rauhschalung 2cm (3cm)	1,6 t (2,5 t)
Massivholzdecke Lonydyb inkl. Deckenträger	19,4 t
Innenwand inkl. Ständer	6,4 t
Innentüren	0,4 t
Treppe	0,1 t

Es wurde gezeigt, dass bilanziell mehr CO₂ in der Gebäudemasse gespeichert wurde, als für Herstellung und Errichtung desselbigen Gebäudes freigesetzt wurde, vor allem in den Decken, Dächern und Außenwänden. Verglichen mit dem „üblichen Baustandard“ wurde auch der nichterneuerbare Primärenergiebedarf deutlich reduziert, was ebenso vor allem an der Ausführung der Decken, Dächer und Außenwände lag.⁶⁰

5.4 Lösungsansätze für eine zirkuläre Holznutzung in der Bauwirtschaft

5.4.1 Hemmnisse

Der zirkuläre Holzbau steht vor zahlreichen Herausforderungen, die seine breite Umsetzung bislang behindern. Fehlendes Wissen und geringe Erfahrung bei Planenden und Ausführenden erschweren den Einstieg, während technische und logistische Hürden – etwa beim zerstörungsfreien Rückbau oder der Lagerung von Bauteilen – den Aufwand erhöhen. Zudem bestehen rechtliche Unsicherheiten durch unklare Normen und Haftungsfragen. Wirtschaftlich ist Holzbau häufig teurer als herkömmliche Bauweisen, und fehlende Förderungen oder die übliche Vergabepaxis erschweren den Wettbewerb. Kulturell dominiert weiterhin der Massivbau, begleitet von Vorurteilen und geringem Bewusstsein für

⁵⁹ L Zitterer und A Baumgartner, „Tattendorf Massenbilanzierung. Übung Gebäudetechnik“, 2013.

⁶⁰ IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, „Tagungsband 2025: Weiter bauen? Wie machen Sie das? Tagungsband Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen BauZ.“

Wiederverwendung. Schließlich bremsen institutionelle Strukturen und die Marktstellung konventioneller Baustoffindustrien den Wandel hin zu einer zirkulären Bauweise mit Holz.

Die folgenden Aufzählungen zeigen die im Projekt ermittelten Hemmnisse nach Themen gruppiert.

5.4.1.1 Wissen, Kompetenz und Erfahrung

- Teilweise fehlendes Know-how und mangelnde Erfahrung mit Holzbau bei Architekt:innen, Ingenieur:innen, Planer:innen und Bauunternehmen;
- Geringe Kapazitäten und Anzahl spezialisierter Holzbaufirmen;
- Holzbau ist im Vergleich zum „mineralischen Bauen“ ungewohnt; Ausbildung und Praxis stark auf Massivbau ausgerichtet.
- Kaum Best-Practice-Beispiele oder Case Studies zu Rückbau, Reuse und zirkulärem Design;
- Fehlende zerstörungsfreie Prüfmethode und unzureichende Forschung zu wiederverwendbaren Verbindungstechniken;

5.4.1.2 Technische und logistische Herausforderungen

- Schallschutz, Brandschutz und Instandhaltung beim Holzbau gelten als schwieriger oder teurer.
- Gefahr von Schimmel, Verfärbungen und Qualitätsverlust bei Außenbauteilen aus Holz;
- Sortierung, Transport, Lagerung und Testung von Reuse-Holz sind teuer und logistisch anspruchsvoll.
- Große Bauteile (für Reuse) sind beim Abriss aufwendig handzuhaben und es gibt kaum geeignete Lagerflächen.
- Unterschiedliche Holzqualitäten und variierender Aufbau von Bauteilen erschweren die Wiederverwendung.

5.4.1.3 Rechtliche und normative Unsicherheiten

- Unterschiedliche regionale Bauvorschriften und fehlende Harmonisierung;
- Fehlende oder starre Normen und keine Standardisierung für Reuse-Bauteile;
- Unklare Haftungsfragen, Produktzulassungen und mangelnde Rechtssicherheit beim Wiedereinbau;
- Aufwändiges „Abfallende“-Prozedere und strenge Schadstoffvorgaben (z. B. Holzfenster);
- Langsame Umsetzung von EU-Vorgaben ins nationale Recht;

5.4.1.4 Wirtschaftliche Hemmnisse

- Holzbau oft teurer als Beton, höhere Betriebs- und Instandhaltungskosten vermutet;
- Reuse-Holz und Bauteile sind meist teurer als Neuware.
- Fehlende Förderung oder ökonomische Anreize für Reuse und nachhaltige Produkte;
- Hohe Kosten für Lagerung, Transport und Prüfung;
- Billiger Beton und traditionelle „Lowest Price“-Vergaben verzerren Wettbewerb;
- Sinkende Altholzpreise mindern Anreiz für sorgfältige Trennung.

- Wirtschaftlichkeit thermochemischer Anlagen (für alternative Altholz-Nutzung) unklar;

5.4.1.5 Kulturelle und soziale Barrieren

- Starke Prägung durch mineralische Baustoffe und Tradition des Massivbaus;
- Vorurteile gegenüber Holzbau (z. B. als fragil, wenig dauerhaft);
- Fehlendes Bewusstsein für Reuse und zirkuläres Bauen;
- Geringe öffentliche Wahrnehmung und Akzeptanz;
- Fokus auf repräsentative Großprojekte statt auf alltagstaugliche Lösungen;

5.4.1.6 Institutionelle und strukturelle Rahmenbedingungen

- Förderung/Bevorzugung thermischer Verwertung von Holz;
- Trennung von Planung und Ausführung in öffentlichen Ausschreibungsverfahren hemmt Innovation.
- Fehlende statistische Erfassung relevanter Altholzsortimente für Reuse;
- Zielsetzungen der Recyclingholzverordnung (v. a. Nutzung in Platten) schränken Reuse-Potenzial ein.
- Starre Maßnahmen zur Erreichung von Schutzziele behindern Flexibilität im Holzbau.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der zirkuläre Holzbau bzw. die vermehrte Nutzung von Holz an sich bisher an einer Kombination aus fehlendem Wissen, technischen Hürden, rechtlichen Unsicherheiten, wirtschaftlicher Unattraktivität und starken etablierten Strukturen des Massivbaus scheitern. Um ihn zu fördern, braucht es gezielte Maßnahmen in Bildung, Standardisierung, Förderpolitik und Bewusstseinsbildung.

5.4.2 Nachhaltige Baustofflogistik

Es zeigte sich, dass bisher keine Studien durchgeführt wurden, die (nachhaltige oder zirkuläre) Baustofflogistik für den Raum Österreich systematisch behandeln. Einzig die Statistik Austria⁶¹ präsentiert Transportcharakteristika für Baustoffe, jedoch ohne ausreichende Differenzierung, beispielsweise die Aufteilung der Kategorie „Holz“ in „Bauholz“ und „Holz für andere Zwecke“. Weiters sind nur zwei Studien (teilweise nicht aktuell) für den Raum Wien und eine Studie für das Projekt Seestadt Aspern durchgeführt worden. Tabelle 12 im Anhang (Kapitel 10.3) zeigt ausgewählte Studien des Literature Reviews.

Bisherige Studien und Literatur zum Transport von Holzstoffen und Holzbaustoffen beschäftigten sich vor allem mit der quantitativen Simulation und mit Optimierungsmodellen (z.B. discrete event simulation zu Multimodalität, multi-echelon unimodal transport). Ebenso fanden einige Vorträge und partizipative Workshops statt, in denen Wissen ausgetauscht und Szenarien besprochen wurden. Zuletzt

⁶¹ Sabine Schuster u. a., *Verkehrsstatistik 2021* (Statistik Austria, 2022), <https://www.statistik.at/services/tools/services/publikationen>.

fanden sich in der Literatur vereinzelt qualitative Studien, die SWOT-Analysen (strengths, weaknesses, opportunities, threats) als Methodik umsetzten oder auch Interviews mit Stakeholder:innen entlang der Wertschöpfungskette für Holzstoffe.

Basierend auf intensiver Literaturrecherche ist zudem hervorzuheben, dass einige relevante Forschungsprojekte umgesetzt wurden, jedoch mangelt es an öffentlich zugänglichen Berichten dazu. Beispiele für Studien sind:

- MultiStrat (2016-2018): Multimodale Strategien für eine umweltfreundlichere und robustere Holzversorgung, Era-Net (EU), Wirtschaftspartner: Österreichische Bundesforste
- GreenLane (2019-2022): Holzqualität und Resilienz in der Holzbereitstellung, ForestValue ERA-NET Cofund Call
- THEKLA (2018-2020): Evidenzbasierte Richtlinien für die rundholzverarbeitende Industrie durch Transportsimulation und -optimierung der Holzlieferkette für eine effiziente und kooperative Logistik und deren Analyse
- SKAT (2020-2021): Schadholzlogistik - Logistikleitfaden zur Katastrophenbewältigung, BMNT, Wirtschaftspartner: Österreichische Bundesforste, Fachverband Holzindustrie
- MANTRA (2022-2024): Schadholz-Management unter spezieller Berücksichtigung von Trocken- und Nasslager, Waldfonds, Wirtschaftspartner: Waldverbände

Sowohl Studien für Österreich als auch Studien anderer Regionen thematisieren den Aspekt der Kreislaufwirtschaft nicht ausreichend. Studien, die die Wertschöpfungs- und Transportkette für Holzstoffe in Österreich systematisch und möglichst flächendeckend beleuchten, sind selten und wurden nicht gefunden. In den meisten Fällen werden Themen wie Transportmodi, Transportdistanzen und ähnliche Charakteristika von Logistikprozessen in der Baubranche adressiert und bauen auf einzelnen Fallbeispielen auf (wie einzelne Baustellenprojekte oder auch Pilotprojekte). Studien beziehen sich entweder nur auf einen bestimmten Fall, ein bestimmtes Thema (z.B. nur Laubholz, nur bestimmte Baumarten, eine bestimmte Verwertungsart). Letztlich zeigt sich auch, dass sich viele Studien „nur“ auf den Raum Europa beziehen und Österreich oftmals (auch als Fallstudie) nicht eingebettet wird.

Ein Grund für den Daten- und Erhebungsmangel ist laut Studien der monetäre Aufwand und die Rücklauf- und die niedrige Teilnahmequote von Stakeholder:innen im Forstbereich. Dies verweist abschließend auf einen dringenden Forschungs- und Erhebungsbedarf bezüglich des Status zur Holzstofflogistik, um formale und reliable Daten einzuholen und somit ein Gesamtbild für Österreich abbilden zu können.

Trotz des Forschungsbedarfs wurden vereinzelt Studien gefunden, die Befragungen von Stakeholder:innen entlang der Holztransportkette durchführten; diese thematisieren den Modal Split sowie Hemmnisse, einen höheren Anteil am Schienentransport umzusetzen. So wird angenommen, dass für Distanzen bis 60km der Transport über die Straße bevorzugt wird, vor allem aufgrund der Kosten⁶². So

⁶² Martin Kühmaier und Gernot Erber, „Research Trends in European Forest Fuel Supply Chains: A Review of the Last Ten Years (2007–2016) – Part Two: Comminution, Transport & Logistics“, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2018,

werden 65% des Rundholzvolumens ausschließlich mittels LKW transportiert⁶³. Demgegenüber wird bei längeren Strecken (Strecken ab ca. 200km, bzw. wenn nach dem Schienentransport noch eine Umladung auf Straße vorgesehen ist, ab 300km) auch Schienentransport eingebettet. Zuletzt wird betont, dass in der Holzlogistik eine Kombination aus Schienen- und Straßentransport Einsatz findet (multimodale Logistik)⁶⁴.

Österreich verzeichnet ungefähr 25 Mio feste Kubikmeter Rundholz pro Jahr, in Verbindung mit mehr als 200 Verlade- und Umschlagpunkten auf Landesfläche⁶⁵. Für das Jahr 2019 zeigen Daten der Statistik Austria, dass vor allem der Inlandtransport über die Straße die gesamten Holztransportoperationen dominierte⁶⁶. Vor allem Holzwaren, Papierwaren sowie land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe wurden transportiert; die Menge belief sich auf fast 50 Mio. t⁶⁷. Rundholz wird in der Regel direkt vom Wald zur Verarbeitung transportiert, wenn jedoch längere Distanzen zurückgelegt werden oder große Holzströme transportiert werden, finden Zwischenlager („wood terminals“) Einsatz, bei denen das transportierte Holz umgeladen wird (multimodaler Transport). Idealerweise findet eine Umladung auf Schiene nach der Ankunft des Transportwagens statt (synchrones Umladen), jedoch ist solch ein zeit-effizienter Ablauf selten der Fall und die Holzmasse wird stattdessen meist zwischengelagert⁶⁸.

Einige qualitative Studien weisen darauf hin, dass eine ineffiziente Abwicklung der Transportkette für Holzmasse daran liegt, dass es an Netzwerken und Partnerschaften entlang der Wertschöpfungs- und Transportkette mangelt. Ebenso werden Hürden wie eine ineffiziente Datendissemiation und akteursübergreifende Strategien genannt. Zuletzt würde es an Trainings- und Versuchsmöglichkeiten mangeln (z.B. game-based Stakeholder Workshops). Diese Hürden werden vor allem vor dem Hintergrund mangelnder Resilienz im Holztransportwesen genannt (z.B. im Fall von plötzlich auftretenden Störungen⁶⁹. In Österreich sind das üblicherweise Stürme, starker Schneefall oder auch der Befall mit dem Borkenkäfer. Solche Zwischenfälle sind gekoppelt an Versorgungsrisiken und -schwankungen. Das hat hohe zusätzliche Kosten zur Folge sowie einen hohen (monetären) Aufwand, um eine reibungslose Versorgungs- und Transportkette wiederherzustellen⁷⁰. Dieser Mehraufwand ist oftmals gekoppelt an

https://www.researchgate.net/publication/323705620_Research_Trends_in_European_Forest_Fuel_Supply_Chains_A_Review_of_the_Last_Ten_Years_2007-2016_-_Part_Two_Comminution_Transport_Logistics.

⁶³ K. Etlinger u. a., „Improving rail road terminal operations in the forest wood supply Chain—Asimulation based approach.“, 2014.

⁶⁴ Kühmaier und Erber, „Research Trends in European Forest Fuel Supply Chains“.

⁶⁵ Etlinger u. a., „Improving rail road terminal operations in the forest wood supply Chain—Asimulation based approach.“

⁶⁶ Schuster u. a., *Verkehrstatistik 2021*.

⁶⁷ Bernhard Wlcek u. a., „Resilienz. Corona-Krise und land- und forstwirtschaftliche Wertschöpfungsketten Lessons Learnt. Teilprojekt: Analyse der Wertschöpfungskette Forst und Holz in Österreich. Endbericht“, EEA, 2021.

⁶⁸ Etlinger u. a., „Improving rail road terminal operations in the forest wood supply Chain—Asimulation based approach.“

⁶⁹ Etlinger u. a., „Improving rail road terminal operations in the forest wood supply Chain—Asimulation based approach.“

⁷⁰ Christoph Kogler und Peter Rauch, „A discrete-event simulation model to test multimodal strategies for a greener and more resilient wood supply.“, *Canadian Journal of Forest Research* 49, Nr. 10 (2019): 1298–310.

Überstunden der Mitarbeiter:innen, Einstellen weiterer Arbeitskräfte sowie an die Nutzung zusätzlicher Betriebsmittel (z.B. LKW oder Lagerstätten)⁷¹.

Dem kann multimodaler Holztransport entgegenreten. Zwischenlager auf Umladeplätzen (z.B. vom LKW auf die Schiene) sind vorhanden, ebenso wie eine höhere Flexibilität, da verschiedene Transportmittel zum Einsatz kommen. Weitere genannte Vorteile sind das höhere Transportvolumen und verringerte Wartezeiten (z.B. kein Stau und keine Straßensperren). Zuletzt würden damit CO₂-Emissionen wesentlich reduziert⁷². Befragungen zufolge werden jedoch auch Gegenargumente eingebracht: Multimodaler Holztransport wird vor allem aufgrund der fehlenden Verlässlichkeit der Bahnunternehmen oftmals nicht bevorzugt, ebenso wegen langer Wartezeiten und fehlender Infrastruktur in ruralen Gebieten⁷³.

Der Modal Split für Industrieholz, Sägenebenprodukte und Energieholz zwischen Straßen- und Schienenlogistik⁷⁴ zeigt den bisher niedrigen Anteil, den der Holztransport über die Schiene einnimmt. Dieser ist beim Transport in die Papier- und Zellstoffindustrie am höchsten (z.B. 45% beim Transport von Sägenebenprodukten). Nach Kogler et al. beläuft sich der Modal Split für Holzeinschlag und Importe und deren Transport in Sägeindustriebetriebe wie folgt: Straßentransport 77%, Schiene 19%, Gewässer <1%. Je nachdem, was die Weiternutzung ist, ergeben sich verschiedene Modal Splits für Sägenebenprodukte und Industrierundholz, beide Stoffströme gehen als Produkt der Sägeindustrie hervor. Vor allem die Endnutzung für die Papier- und Zellstoffindustrie haben einen hohen Anteil an Schienenverkehr (Kogler, 2022)⁷⁵. Schienenverkehr wird im Übrigen vermehrt von größeren Forstbetrieben für die Logistik zur Weiterverarbeitung genutzt (immerhin ein Anteil von 22%), weil es sich oftmals um große Mengen an entnommener Holzmasse handelt und längere Distanzen zurückgelegt werden (verglichen mit kleineren Betrieben)⁷⁶.

Schlussfolgerungen für die Logistik von Altholz für Reuse- und Remanufacture werden in Kapitel 5.5.3.4.1 erläutert.

5.4.3 Lösungsansätze

In den folgenden Unterkapiteln werden Lösungsansätze in den unterschiedlichen Phasen von Bauprodukten erläutert.

⁷¹ Christoph Kogler u. a., „Empirical Insights into Salvage Wood Logistics“, *Croatian journal of forest engineering* 45, Nr. 2 (2024).

⁷² Kogler und Rauch, „A discrete-event simulation model to test multimodal strategies for a greener and more resilient wood supply.“

⁷³ Christoph Kogler u. a., „An empirical study of the resilience in Austrian wood transport“, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 191 (2025).

⁷⁴ Kogler u. a., „An empirical study of the resilience in Austrian wood transport“.

⁷⁵ Christoph Kogler, „Transportlogistik in der Holzwirtschaft [Präsentation]. Mobilitätswende in der Holzlogistik.“, 2022, https://www.researchgate.net/publication/364352448_Transportlogistik_in_der_Holzwirtschaft.

⁷⁶ Kogler u. a., „Empirical Insights into Salvage Wood Logistics“.

5.4.3.1 Herstellungsphase von Bauprodukten aus Holz

Durch innovative Materialforschung und effizientere Ressourcennutzung kann die Herstellung von Holzbauteilen nachhaltiger gestaltet werden. Ansätze sind zum Beispiel die Entwicklung von **Faserplatten mit Altholz** sowie die Verwendung von **Rinde in Isoliermaterialien**, um die Anwendungen für Altholz zu erweitern bzw. bislang stofflich ungenutzte Nebenprodukte zu verwerten. Zudem trägt die **Integration von Altholz und Restholz in Brettsperrholz** zur besseren Nutzung vorhandener Rohstoffe bei. Durch **hybride Brettsperrholzdecken mit reduzierten Bauteildicken** kann der Primärholzbedarf gesenkt werden, allerdings geht die momentane Praxis in die gegenläufige Praxis, um Probleme mit einem unzureichenden Schallschutz zu vermeiden.

5.4.3.2 Planungsphase

Bei der Planung zirkulärer Bauten ist **sortenreines Bauen im Trockenbau** zur Erleichterung von Rückbau und Wiederverwendbarkeit von Vorteil. Ob der **Gebäudetyp E**⁷⁷ als Vorbild für Materialersparnisse und individuelle Lösungen soll, wurde im Projekt von den Expert:innen kontrovers diskutiert. Einerseits wird es als Chance gesehen individuelle Lösungen für Schutzziele zu finden, andererseits wird die Gefahr gesehen, dass dies dazu führen könnte, dass in manchen Fällen „so billig wie möglich“ gebaut wird, was zu Qualitätsmängeln und Imageverlust führen könnte.

Die Bevorzugung bzw. **gezielte Ausschreibung von Holz(massiv)bau** führt zu einer Erhöhung des Holzeinsatzes in der Bauwirtschaft.

5.4.3.3 Nutzungsphase

Eine lückenlose Aufzeichnung von Informationen (inkl. Schadereignissen, Schadstoffeinträgen und Lasthistorie) in Form eines **BIM über den gesamten Bauzyklus** brächte große Vorteile bei der Beurteilung von Reuse-Bauteilen. Gleichzeitig bestehen Zweifel, ob einerseits die Ergänzung der Daten praktisch umsetzbar ist, außerdem wird der enorme Datenumfang kritisch gesehen.

5.4.3.4 Rückbau

Vor dem Rückbau sollte eine Erkundung durch eine Reuse-kundige Person erfolgen (**Predemolition Audit**). **Digitale Bauteilbörsen** sollten eine frühzeitige Einmeldung und Vermittlung von Bauteilen für die Wiederverwendung noch vor dem tatsächlichen Rückbau ermöglichen, um Transporte und Lagerbedarf zu vermeiden. Außerdem sollte **mobile Analytik** (angepasst an Historie und Nachnutzung des Altholzes) verfügbar sein. Die Methoden im Rückbau müssen an den Erhalt von Reuse-fähigen Bauteilen angepasst sein.

⁷⁷ Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, „Der Gebäudetyp E“, 17. Juli 2024, <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/kurzmeldungen/DE/2024/07/gebaeudetyp-e.html>.

5.4.3.5 Entsorgung

Als Alternative zur Verwendung von Altholz für die Herstellung von Spanplatten oder die energetische Verwertung, wurde im Projekt von Expert:innen die Möglichkeit der kombinierten stofflichen und energetischen Nutzung in **thermochemischen Verfahren** (z.B. Pyrolyse) aufgebracht. Als Argument wurde unter anderem der Aufwand für den Reuse von Holzbauteilen angeführt. Die Umstellung von Biomasseheizwerken in Anlagen mit thermochemischer Umwandlung wäre möglich, allerdings bräuchte es dafür den Nachweis der Wirtschaftlichkeit in Demonstrationsanlagen. Auch die Entwicklung von Standards für die Produktqualität von Biokohle wäre hier förderlich. Außerdem wäre eine adäquate Bepreisung von CO₂ (bzw. von fossilen Rohstoffen) wichtig, um den Einsatz von Biokohle wirtschaftlich attraktiver zu machen. Dies gilt genauso für andere stoffliche Anwendungsbereiche von Biomasse (also auch für Holzbau an sich).

5.4.3.6 Regulatorik, Forschung und Wirtschaft

Als übergreifendes Thema ist die **Entwicklung neuer Geschäftsmodelle** zu sehen, die eine wirtschaftliche Umsetzung der Wiederverwendung von Holzbauteilen ermöglichen soll. Dieses Thema wird zurzeit unter anderem im Projekt CREATE_AT⁷⁸ der Wirtschaftsuniversität Wien und der FH St. Pölten beleuchtet.

Pilot- und Demoprojekte (wie z.B. SINK.CARBON⁷⁹) sind nötig, um Verbindungstechnologien, Handling, Alterung, Belastbarkeit, Prüfung und Bewertung von Holzbauten in der Praxis zu untersuchen, die zerlegt und wieder aufgebaut werden. Dabei sollten insbesondere lösbare Verbindungen über längere Zeiträume in realen Nutzungsbedingungen getestet werden, um ihre Dauerhaftigkeit und Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

Auf regulatorischer und Verwaltungs-Ebene ist die **Priorisierung von Holzbauprodukten** wichtig, um eine Ausrichtung der Industrie in diese Richtung zu ermöglichen, da es viele in Konkurrenz stehende Anwendungsgebiete für Holz gibt, die nicht den Vorteil einer jahrzehntelangen Nutzungsphase und damit CO₂-Speicherung aufweisen. Weiters wäre eine **Vereinheitlichung von Bauvorschriften** in Österreich wichtig, um eine einheitlichere Planung von zirkulären Gebäuden zu ermöglichen. Eine solche Harmonisierung würde zugleich die Verwendung standardisierter Bauteile erleichtern, die nach dem Rückbau wiederverwendet werden können. Schließlich ist die Entwicklung von Standards für die Nutzung von Laubholz für Bauprodukte nötig, um langfristig für eine Nutzung der steigenden Laubholzanteile gewappnet zu sein.

Wie bereits bei den Hemmnissen dargestellt, ist eine verstärkte (Weiter-)**Bildung** vor allem von Planer:innen, aber auch von ausführenden Personen (bei der Errichtung von Gebäuden) essenziell, um

⁷⁸ Fachhochschule St. Pölten, „CREATE_AT - Forschung“, zugegriffen 24. Oktober 2025, https://research.fhstp.ac.at/projekte/create_at.

⁷⁹ FFG, „SINK.CARBON“, zugegriffen 30. Oktober 2025, <https://projekte.ffg.at/projekt/4323189>.

einerseits Holzbau generell zu forcieren und im Besonderen auch die zirkuläre Gestaltung der Gebäude.

Die folgende Grafik (Abbildung 17) zeigt einen Überblick der wichtigsten Lösungsansätze im Lebenszyklus von Gebäuden.

Lösungsansätze für eine zirkuläre Nutzung von Holz im Bau

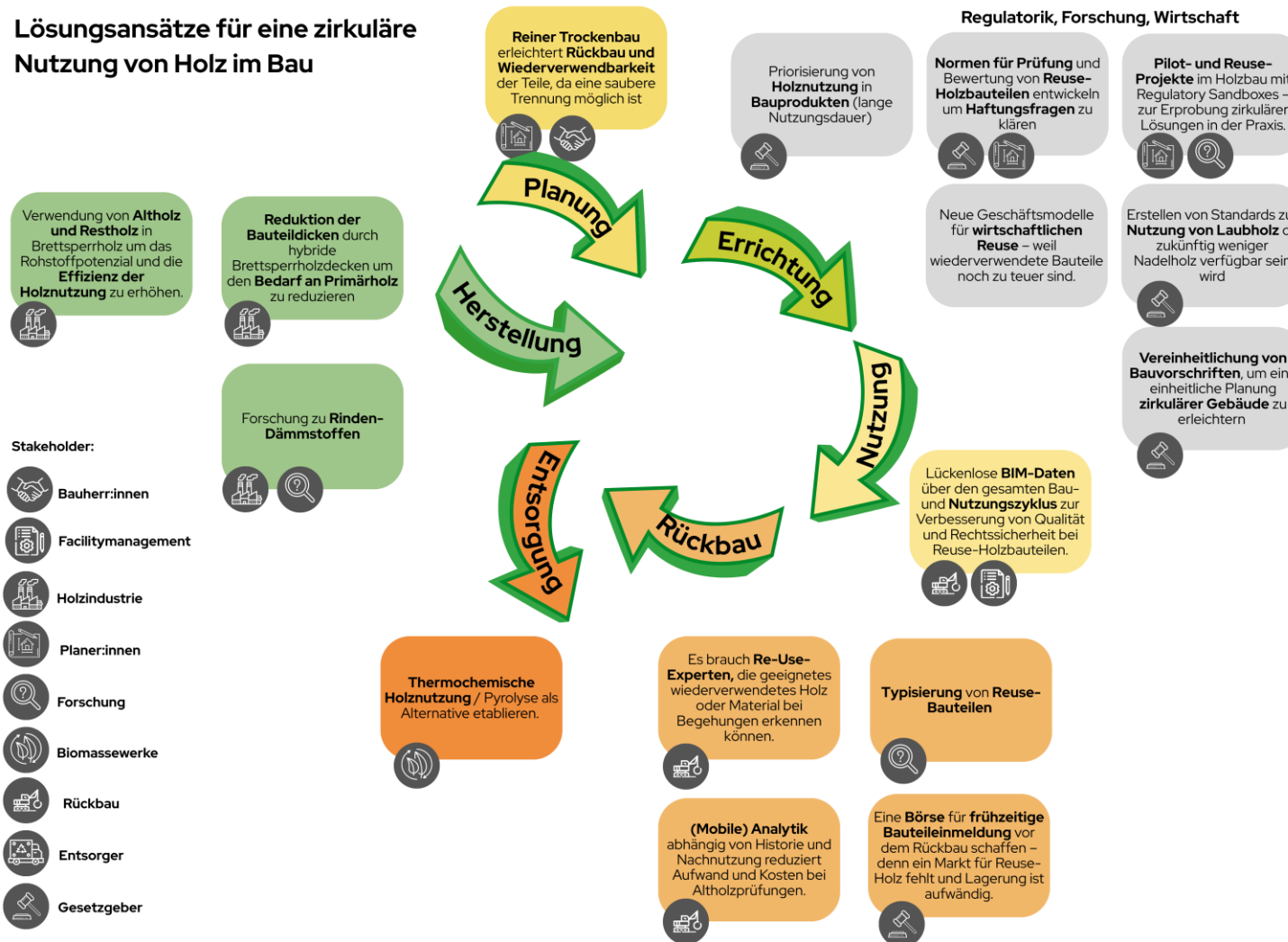


Abbildung 17: Lösungsansätze für eine zirkuläre Nutzung von Holz in der Bauwirtschaft (eigene Darstellung)

5.4.4 Forschungsbedarf

Die folgende Tabelle (Tabelle 8) zeigt eine Übersicht der wichtigsten im Projekt ermittelten Forschungsbedarfe für zirkuläres Bauen mit Holz.

Tabelle 8: Forschungsbedarf für eine verstärkte Umsetzung zirkulärer Holzbauten bzw. Holznutzung

Forschungsbedarf	Problemstellung	Ziel
Effizienzsteigerung in Holzindustrie	geringe Ausbeute vom Rundholz zum Bauteil, bis zu 70% des Sägeholzes wird energetisch oder in Koppelprodukten genutzt	geringerer Materialeinsatz, höhere Effizienz (höhere Ausbeuten für Bauprodukte)
Entwicklung neuer Bauwerkstoffe	Nutzung neuer, alternative Rohstoffe	höhere Effizienz (Nutzungsgrad für Bauprodukte) und neue Rohstoffe
Einsatz von Rinde für die Plattenindustrie bzw. als Dämmstoff	große Mengen an Rinde verfügbar, aber schlechte Nutzbarkeit für Spanplatten (Verklebung, optische Anforderungen)	mechanische Eigenschaften verbessern bzw. Nutzung in nichttragenden Platten
Weiterentwicklung bezüglich Brand- und Schallschutz im Holzbau	Vorgaben sind nur schwierig zu erreichen	materialeffizienter Holzbau nach Bauphysikalischen Vorgaben
Holzbauprodukte aus Laubholz bzw. neuen Baumarten	Laubholz/neue Baumarten weisen andere Eigenschaften auf als Nadelholz	Nutzung neuer (klimafitter) Ressourcen
günstige und wiederlösbare Verbindungen im Holzbau	Bauteile werden beim Rückbau zerstört, weil die Verbindungen nicht (leicht) zu lösen sind	Zerstörungsfreier Rückbau für Reuse
Pilot- und Leuchtturmprojekte zu modularem Holzbau	geringe Bekanntheit von modularem Holzbau und seinen Vorteilen	mehr modularer Holzbau
angewandte Forschung in Umsetzungsprojekten von Holzbauten	zu wenig Wissen, ob theoretische Maßnahmen tatsächlich umsetzbar sind	zirkulärer Holzbau wird praktisch umsetzbar (Wissen zu Alterung und Festigkeit von Bauteilen und Verbindungen und Typisierung)
Technische Standards für Bewertung und Wiederverwendung von Altholz	Qualität von Altholz und Einsatzmöglichkeit unklar	Mehr Reuse durch klar geregelten Einsatz von Altholz im Bau
Screening von Bauteilen mit KI-Unterstützung	unklare Bewertung von Bauteilen auf Potenzial für Reuse	Mehr Reuse durch einfache Beurteilung der Altholzteile
Umgang mit Schadstoffen in Altholz	Gehalt an Schadstoffen in Bauteilen und Behandlung zur Entfernung sind unklar, Recycling und Reuse oft verboten	günstige und standardisierte Verfahren zur Beurteilung und Entfernung von Schadstoffen
Tailor-made Analytik-Systeme für Altholznutzung	Analytik aufwendig und je nach Vornutzung und geplanter Nachnutzung unterschiedlich	Gezielte Vor-Ort-Analytik
Weiterentwicklung der Sortiertechnologie von Altholz	Beurteilung bisher nicht optimiert	optimale Ausbeute an nutzbarem Reuse- und Remanufacture-Altholz
Pilotanlage, die die Wirtschaftlichkeit von Kombination aus energetischer und stofflicher Nutzung (Pyrolyse) von Holz(abfällen) zeigt	Skepsis bei Biomasse-Heizkraftwerk-Betreibern	Kombination von stofflicher und energetischer Nutzung
Wertschöpfungs- und Transportkette für Holzstoffe in Österreich systematisch und möglichst flächendeckend beleuchten	Daten- und Erhebungsmangel	formale und reliable Daten (Gesamtbild der Transportkette für Holzstoffe in Österreich)

5.5 Szenario Zirkuläre Holznutzung in der Bauwirtschaft 2050

In diesem Kapitel werden zunächst die Annahmen für die Entwicklung der Massenflüsse bis 2050 beschrieben (mit einem Fokus auf die Entwicklung von Holzvorräten im Bau und des Aufkommens an Bau- und Abbruchholz). Danach wird das (grafisch dargestellte) Szenario beschrieben und interpretiert.

5.5.1 Baustoffzusammensetzung in Gebäuden im Zeitverlauf

Auch in Anlehnung an die Vorstellung der Fallstudien in diesem Projekt ist wichtig, zu wissen, dass sich die Materialzusammensetzung des Baubestandes im Laufe des 20. Jahrhunderts verändert hat.

Kleemann et al. (2016)⁸⁰ zeigten, dass der Anteil organischer Baumaterialien am Baubestand Wiens im Zeitverlauf tendenziell abgenommen hat, jedoch die Materialintensität (kg/m³ Gebäudevolumen) für diese Materialien um die Jahrtausendwende vor allem für Wohnbauten wieder zunahm. Während vor 1918 19 kg/m³ und in der Bauperiode 1977-1996 dann nur 6.7kg/m³ an organischen Materialien verbaut wurden, waren es ab 1997 wieder 10 kg/m³. Es wurde zudem gezeigt, dass das Holzlager in Gebäuden im Verhältnis zu mineralischen Baustoffen und Metallen langsamer angestiegen ist. Für das Jahr 2013 zeigen Kleemann et al. (2016) weiters, dass organische Materialien 3% der gesamten Baumasse des Wiener Gebäudebestandes ausmachten, davon waren 74 % Holz, was 4 t Holz (in Gebäuden) pro Einwohner:in entsprach.

Eine von Lederer et al. (2019)⁸¹ publizierte Studie untersucht die Materialzusammensetzung des gesamten Wiener Gebäudebestandes bis hin zum Jahr 2015. Die AutorInnen kamen zum Ergebnis, dass sowohl absolut und massebezogen als auch relativ die Rolle von Holzbaustoffen abnahm. Der %-Anteil in den Jahren 1990, 2000, 2010 und 2015 belief sich beispielsweise auf 2.4 %, 2.1 %, 2 % und 1.9 %, während der Anteil mineralischer Baustoffe wie Beton von 35 % auf 45 % anstieg.

Allerdings besagen andere Studien, dass der Einsatz von Holzstoffen in der Industrie und vor allem im Bausektor (in Österreich) zunimmt. So hat die nominelle Bruttowertschöpfung im Cluster Forst- und Holzwirtschaft Österreichs zwischen 2005 und 2018 für Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke um 59%, der Parketttafelherstellung um 48%, Baukonstruktions- und Fertigbauteilen um 48%, bei Tischlerei- und Schlossereibetrieben um 131% sowie beim Großhandel mit Holz und Baustoffen um 63% zugenommen. Die Bruttowertschöpfung in Branchen mit erheblichem Holzbedarf (Gebäudebau, vor allem der Hochbau) hat ca. 46% zugenommen.⁸²

⁸⁰ Kleemann u. a., „GIS-based Analysis of Vienna’s Material Stock in Buildings“.

⁸¹ Lederer et al., „Projektvorstellung Gebäude in Wien aus materieller Perspektive. Ein Überblick bisheriger Erkenntnisse aus den Projekten CD Labor für Anthropogene Ressourcen (2012-2019).“

⁸² Wlcek u. a., „Resilienz. Corona-Krise und land- und forstwirtschaftliche Wertschöpfungsketten Lessons Learnt. Teilprojekt: Analyse der Wertschöpfungskette Forst und Holz in Österreich. Endbericht“.

5.5.2 Entwicklung der Mengen an Bau- und Abbruchholz

Ergänzend zu der Quantifizierung der potenziell anfallenden Abbruchholzmasse zeigte eine Studie von Winter und Weigl-Kuska (2024), dass der Anteil von Bau- und Abbruchholz am gesamten Holzabfall gestiegen ist; während er 2014 27 % betrug (314 750 t), waren es im Jahr 2022 rund 45 % (514 000 t). Dieser Anstieg lässt sich einerseits auf die starke Bautätigkeit, aber auch auf den steigenden Holzbauteil zurückführen. Die Mengen an Bau- und Abbruchholz absolut nahmen von 2012 (ca. 280 000 t) bis 2021 zu (ca. 620 000 t) und gingen 2022 wieder auf ca. 470 000 t zurück.⁸³ Wie bereits dargestellt (siehe 5.2.2), legen Prognosen für Wien einen Rückgang des Abbruchholzes in den nächsten Jahrzehnten nahe⁸⁴. Prognosen von Kalt (2018) gehen von ca. 400 000 m³ Abbruchholz (umgerechnet ca. 350 000 fme) im Jahr 2050 aus. Auch Kalcher et al. (2017)⁸⁵ kamen zu der Annahme, dass 2050 400 000 m³ Abbruchholz im Jahr 2050 anfallen werden. Allerdings lagen die Prognosen dieser Studien für die letzten Jahre stark unter den tatsächlich anfallenden Mengen, wie Winter und Weigl-Kuska⁸⁶ gezeigt haben.

5.5.3 Annahmen

Die folgenden Annahmen beruhen auf Literaturrecherchen und Workshop-Ergebnissen.

5.5.3.1 Bau- und Abbruchholz

Szenarien in der Literatur und Annahmen von Expertinnen und Experten sind inkonsistent, ob die Mengen an Altholz aus Abriss in den nächsten Jahrzehnten steigen wird oder ob eher ein rückläufiger Effekt zu sehen sein wird. Einerseits wird der Abbruch von Gründerzeithäusern zurückgehen, was (zumindest in Wien) die Mengen eher sinken lassen könnte, andererseits zeigen die einbezogenen Studien doch, dass der Vorrat an Holz gerade in den letzten Jahrzehnten zugenommen hat und damit später als Altholz verfügbar sein wird.

Für das hier entwickelte Szenario wird von einer leichten Zunahme an Bau- und Abbruchholz für Österreich im Vergleich mit 2021 ausgegangen (+10 %). Auswirkungen einer verstärkten Holznutzung durch neue Maßnahmen im Bau werden (abgesehen von Fassaden oder anderen kurzlebigeren Bauteilen) bis 2050 nicht zum Tragen kommen. Die Nachfrage nach Holzbauten bzw. einem hohen Holzanteil in Gebäuden begünstigt das Angebot an Bau- und Abbruchholz nur sehr langfristig, Reuse sowie auch ein Rückgang der Abrissprozesse beispielsweise von Gründerzeithäusern wiederum senken das Aufkommen an Bau- und Abbruchholz.

⁸³ Winter und Weigl-Kuska, *TRIPLE A HOLZ Altholz Aufkommen Austria*.

⁸⁴ Lederer und Blasenbauer, „Material Flow Analysis-Based Sustainability Assessment for Circular Economy Scenarios of Urban Building Stock of Vienna“.

⁸⁵ Kalcher u. a., „Quantification of future availabilities of recovered wood from Austrian residential buildings“.

⁸⁶ Winter und Weigl-Kuska, *TRIPLE A HOLZ Altholz Aufkommen Austria*.

5.5.3.2 Sägeholz (Frischholz)

Es wird davon ausgegangen, dass auf Grund des Waldumbaus hin zu einem klimafitten Wald in den nächsten Jahrzehnten mit höheren Einschlagmengen zu rechnen ist. Annahmen der befragten Experten betragen bis zu 3 Mio fme pro Jahr an zusätzlicher Verfügbarkeit im Sinne einer Transformation zu angepassten Baumarten. In diesem Projekt wird angenommen, dass 1 Mio fme Sägeholz zusätzlich in die Holzindustrie gelangt, und dass die Effizienz in der Verarbeitung auf 50 % steigt, was bedeutet, dass 500 000 fme Holzbauprodukte zusätzlich hergestellt und in Österreich verwendet werden können. Da die Umstellung auf neue Baumarten und einen höheren Laubholzanteil sehr langsam erfolgt, wird davon ausgegangen, dass auch 2050 noch ein ähnliches Holzsortiment verwendet wird, wie 2021 (und die Verarbeitung von Laubholz bis dahin kaum ansteigt).

5.5.3.3 Altholz für Remanufacture⁸⁷

Im entwickelten Szenario wird davon ausgegangen, dass 15 % des Bau- und Abbruchholzes für Remanufacture in der Holzindustrie genutzt werden kann, auch wenn die logistischen Überlegungen im Projekt zeigen, dass eine wirtschaftliche Umsetzung eine große Herausforderung darstellen dürfte (siehe 5.5.3.4.1). Ein weiterer hemmender Faktor ist die enorme Zusatzmenge an Frischholz, von der durch die Umstellung auf einen klimaangepassten Wald verfügbar sein wird. Andererseits können rechtliche Vorgaben wie z.B. durch die EU-Taxonomie mit Vorgaben zu Mindestrecyclinganteilen die Verwendung von Altholz fördern. Es ist davon auszugehen, dass die Nutzung von Altholz für die Herstellung von Bauprodukten auch eine große Abhängigkeit vom Standort bzw. der Verfügbarkeit vor Ort zeigen wird.

Das Aufkommen an Altholz für Remanufacture als Nutzungsweg wird vor allem durch die langfristige Zunahme an Bau- und Abbruchprozessen von Gebäuden mit hohem Holzanteil begünstigt, ebenso wie auch ein optimiertes und etabliertes System zur Sortierung und Prüfung von anfallendem Altholz. Für diese Altholzfraktion wird als fördernde Maßnahme genannt, dass es Forschung, geeignete Technologie und Innovationen braucht, die einen „mixed use“ aus Frisch- und Altholz optimieren.

5.5.3.4 Reuse-Holzbauteile

Es wird angenommen, dass in einem optimistischen Szenario Reuse-Holzbauprodukte ca. 10 % der Menge ausmachen, die als Bau- und Abbruchholz anfallen (Holzteile, die für Reuse genutzt werden, fallen allerdings nicht unter das Abfallregime).

Für diesen Materialfluss wurde von Expert:innen vor allem betont, dass Ausbildungs- und Spezialisierungsprogramme das Know-How zu Reuse verbreiten und damit die Etablierung von Reuse im Baubereich begünstigen können. Auch die Etablierung von Institutionen (bspw. Materialdrehscheiben und Bauteilbörsen) sowie (monetäre) Anreizsystemen wurden als wichtige Grundbausteine erachtet. Es braucht ein optimiertes und etabliertes System zur Sortierung und Prüfung von anfallendem Altholz,

⁸⁷ Refurbishment und Repurpose sind hier mitgemeint und wurden nicht gesondert behandelt

bevor dieses als Abfall kategorisiert wird. Verbesserte Sortier- und Prüfmechanismen bedürfen umfassender Forschungs- und Entwicklungsinitiativen. Standardisierte Sortier- und Prüfmechanismen sind unabdingbar, um Sicherheit und Qualität der zu nutzenden Holzbauteile zu garantieren.

Reusefähiges Holz für die Bauwirtschaft bedarf der systemischen Einbettung des Reuse-Konzeptes in Planungs-, Design- und Errichtungsprozesse von Bauten. Nach dem Prinzip „Reuse by Design“ ist der Rückbaubarkeit und Wiedernutzbarkeit von Holzbauteilen Vorrang zu geben; für den Zugang zu reusefähigen Bauteilen sind – wie oben erwähnt – die Errichtung von Bauteilbörsen und Materialdrehscheiben wichtige Einflussfaktoren. Das geht Hand in Hand mit digitalen Tools und Möglichkeiten der zeit-effizienten Vernetzung (etwa online-Bauteilbörsen mit raschem Austausch zwischen Akteur:innen). Zur Etablierung von reusefähigen Bauoperationen ist wichtig, dass diese ökonomisch tragbar sind und das Holz nicht etwa für Anwendungen mit geringerem Risiko oder Kostenaufwand genutzt wird (z.B. Möbel). Neben der schon genannten Verbesserung von Ausbildungsmöglichkeiten zu Reuse ist zentral, dass Wissensaustausch und -diffusion zum Thema Reuse passiert und co-kreativ Ideen und Konzepte entwickelt werden. Dies bedeutet auch, dass Akteur:innen partizipativ entwickeln können und nicht nur konsultiert werden.

Die in diesem Szenario angenommenen Mengen für Remanufacture und Reuse entsprechen den Annahmen in der Studie Triple A, in der geschlossen wurde, dass ca. 10% des Inputs für Holzbauprodukte (ca. 300.000 fme bei den in 2021 produzierten Mengen) aus Altholz stammen könnte.⁸⁸

5.5.3.4.1 Logistik von Bau- und Abbruchholz für Reuse und Remanufacture von Holzbauteilen

Im Projekt konkretisierte sich die Vermutung anhand der beiden betrachteten Fallbeispiele, dass die zeitliche, örtliche und mengenmäßige Verteilung von wieder verwendbaren Baustoffen (im Moment) nicht ausreicht, um dauerhafte sekundäre Wertschöpfungskette zu bedienen.

Neben Massen und Qualitäten des verbauten Holzes aus dem Blickwinkel der Architektur wurden logistische Kriterien gesammelt. Dabei wurde der gesamte Umbau als Rohstoffquelle betrachtet und für die Lieferkette bis hin zu einer neuen Verwendung geplant ein Prozessmodell zu entwerfen: die einzelnen Sortimente müssen gebündelt, gelagert, transportiert, neu bearbeitet, wieder gelagert und geliefert werden. Dabei wurden auch systematisch mögliche Bündelungen miteinbezogen. Dieser Ansatz wurde für Gründerzeithäuser in Wien durchgedacht und auf detaillierte Baugruppen aufgelöst. Es zeigt sich, dass die zeitliche, örtliche und mengenmäßige Verteilung von wieder verwendbaren Baustoffen (im Moment) nicht ausreicht, um dauerhafte sekundäre Wertschöpfungskette zu bedienen. Die zu einem Zeitpunkt anfallenden Mengen lassen eine Optimierung unter logistischen Rahmenbedingungen nicht zu. Etablierte Ströme für spezielle Sortimente (Altholzsägewerk) existieren. Es ist allerdings auch keine Tendenz ersichtlich, dass diese Aufkommen wesentlich zunehmen werden.

Für einige spezielle Produkte - wie Träger - sind jedenfalls Zwischenprozesse für chemisch analytische Behandlungen erforderlich. Diese könnten in einem Baulogistik Hub realisiert werden. Für andere

⁸⁸ Winter und Weigl-Kuska, *TRIPLE A HOLZ Altholz Aufkommen Austria*.

Stoffe, wie z.B. Altholz existieren gerade in Wien etablierte Sammelsysteme für die stoffliche Weiterverwendung. Die Nutzung eines Baulogistikzentrums (auch als Zwischenlager), das im Speziellen auch die Analytik und die Aufbereitung von Altholz (Träger, Deckenelemente; Fußböden, Rahmen, Leisten) vornehmen kann, ist zu überlegen. Im BLZ kann die Bündelung unterschiedlicher Sortimente erfolgen und überarbeitet und mit neuwertigen Produkten kombiniert werden. Zu klären sind hier auch die entstehenden rechtlichen Verpflichtungen.

Positive Effekte durch Bündelung mit anderen Sortimenten konnten nicht herausgearbeitet werden. Es lohnt jedenfalls auch hier den Weg über ein Baulogistik Zentrum zu versuchen. Die breite Palette von rechtlichen Fragen vor der Wieder in Verkehr Bringung ist in vielen Bereichen noch nicht umfassend geklärt, sodass die Altholz Ströme einfacher zu realisieren sind.

Auf Unterschiede in Bezug auf Holzmasse, Wiederverwendbarkeit und benötigte Logistik wurde in Bezug auf Gründerzeithäuser und ihren "Holzanteilen" und Bürobauten eingegangen. Bei Gründerzeithäusern wird im Falle eines Umbaus der nutzbare Holzanteil ermittelt, bei Bürobauten der letzten 50 Jahre ergeben sich durch die Ersatzausstattungen geringe Potentiale, die aber im Einzelfall oder je Objekt ganz unterschiedlich sein können. Die Hemmnisse bleiben wie oben angeführt ähnlich.

5.5.3.5 Altholz für Plattenindustrie

Wegen des hohen Aufkommens an Frischholz (und damit auch von Nebenprodukten) und einer verstärkten Nutzung von Abbruchholz durch Remanufacture und Reuse, wurde ein leichter Rückgang des Altholzes für die Plattenindustrie angenommen (-100 000 fme bzw. -6 % des Inputs von 2021).

5.5.3.6 Rinde für Plattenindustrie

Es wird davon ausgegangen, dass 10 % der in der Sägeindustrie anfallenden Rinde für Bauprodukte verwendet werden kann, wobei der Einsatz in Spanplatten stark angezweifelt wurde, aber die Nutzung als Isoliermaterial plausibel erscheint. Es ist davon auszugehen, dass eine Umsetzung nicht im kleinen Rahmen erfolgen kann, sondern nur ab einer bestimmten Mindestmenge, wenn Dämmstoffplatten erzeugt werden. Die Expert:innen meinten, dass es für den vermehrten Einsatz von Rinde in Holzbaustoffen noch an Forschung und Technologie sowie Innovation fehlt. Ebenso stellte sich die Frage, inwieweit ohne zu viel Leimeinsatz und Qualitätsverlust Rinde Einsatz finden könnte.

5.5.3.7 Bauprodukte aus Österreich

Die erhöhte Nachfrage nach Holzbauten und einem hohen Holzanteil in Bauten wurden von den Expert:innen als positive Einflussfaktoren für den Einsatz von Bauprodukten aus Holz hoch gewichtet, ebenso wie Technologieentwicklung und vermehrter Einsatz von Remanufacture-Holz als Produktionsinput. Auch eine Steigerung der Bautätigkeit, beispielsweise durch Stadterweiterungen und Bevölkerungswachstum in und nahe an Städten wurde genannt. Eine erhöhte Holzverfügbarkeit (durch Waldumbau und Kalamitäten) wird ebenso als positiver Einflussfaktor gesehen. Das zusätzliche Angebot an Laubholz (durch einen klimawandelbedingten, anderen Artenzusammensetzung) scheint bis 2050 noch nicht relevant. Als wichtigste Maßnahme zur Steigerung des Einsatzes von Bauprodukten aus Holz

wurden Anreizsysteme für die stoffliche Holznutzung (statt der energetischen), sowie für einen höheren Holzbauanteil genannt; dies kann beispielsweise durch das systematische Vorziehen von Holzbauprojekten im Zuge von Förderschienen umgesetzt werden.

Die Menge an in Österreich produzierten bzw. verwendeten Bauprodukte wurde als Ergebnis der anderen Massenströme berechnet, um den Maximalwert der Holznutzung in der österreichischen Bauwirtschaft darstellen zu können.

5.5.4 Massenflüsse im Szenario 2050

Die folgende Grafik (Abbildung 18) zeigt das im Projekt entwickelte Szenario mit einer erhöhten Zirkularität (mit Reuse und Remanufacture in Ergänzung zu Recycling) der Holznutzung im Bauwesen in Österreich für das Jahr 2050.

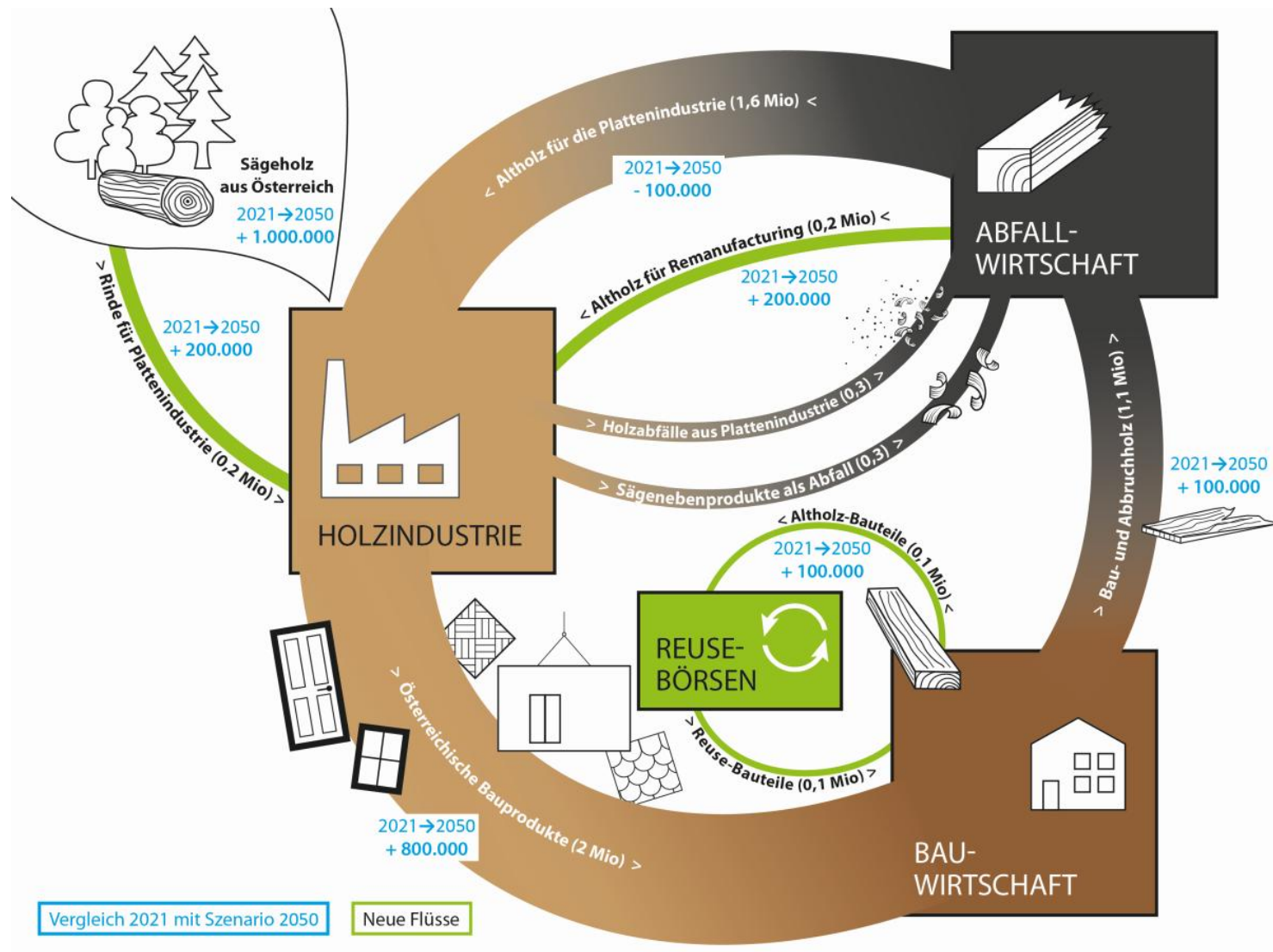


Abbildung 18: Holz-Massenflüsse mit Fokus Bauwirtschaft im Szenario 2050 für Österreich in Mio tme (nicht dargestellt: Rohstoff, Importe/Exporte, energetisch genutzte Holz mengen und „Nicht-Bau-Produkte“)

Unter der theoretischen Annahme, dass nicht nur das zusätzliche Altholz für Remanufacture in der Holzindustrie und für Reuse-Bauteile als zusätzlicher Input für die Bauwirtschaft verwendet werden, sondern auch das erhöhte Frischholzaufkommen für Bauprodukte eingesetzt wird, wäre eine Steigerung der Produktion von Bauprodukten aus Holz in Österreich von 29 % gegenüber 2021 möglich. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Effizienz in der Holzindustrie bei der Nutzung von Frischholz für Bauprodukte durch neue Technologien bis 2050 auf 50 % angehoben werden kann. Den größten Anteil an der Zunahme der Bauprodukte aus Holz hat in dem entwickelten Szenario das Frischholz (+500 000 fme Bauprodukte), für Rinde und Remanufacture-Holz wurden jeweils 200 000 fme zugerechnet. Der Anteil der Bauprodukte am Output der Sägeindustrie würde sich in dem Szenario für 2050 auf 13 % erhöhen.

Die Steigerung der Verwendung von Bauprodukten aus Holz in Österreich von 2021 auf 2050 beträgt in diesem Szenario 78 % (bei gleichbleibendem Import und Export), wobei hier zusätzlich zu mehr Frischholz, Rinde und Remanufacture-Holz 100 000 fme Reuse-Holzbauteile enthalten sind, die über Reuse-Börsen gehandelt werden. Durch Reuse und Remanufacture können ca. 0,6 Mio fme primäres Sägerundholz substituiert werden.

Durch die erhöhte Menge an Holzbauprodukten könnte der Holzbauanteil stark erhöht werden. 2018 betrug der Holzbauanteil⁸⁹ 24 % bei der Neuerrichtung von Nutzflächen im Hochbau⁹⁰. 2022 bis 2024 wurden 3 % der Wohneinheiten⁹¹ in Holzbauweise errichtet⁹². Bei einer sehr vereinfachten Betrachtungsweise und Interpretation der oben genannten Zahlen zur Zunahme der Holzbauprodukte könnten die zusätzlichen Mengen an Holzbauprodukten in etwa zu einer Verdoppelung der Errichtung von Nutzflächen im Hochbau in Holzbauweise im Jahr 2050 führen.

⁸⁹ mehr als die Hälfte der tragenden Konstruktion aus Holz

⁹⁰ proHolz, „Wie viel wird mit Holz gebaut?“, 18. März 2022, <https://www.proholz.at/wald-holz-klima/wie-viel-wird-in-oessterreich-mit-holz-gebaut>.

⁹¹ im Wohnbau mit mindestens 2 Wohnungen

⁹² Elisabeth Sibille u. a., *Gebäudereport 2025* (Österreichische Energieagentur, EXPLOREAL GmbH, 2025), <https://www.bmimi.gv.at/themen/innovation/publikationen/energieumwelttechnologie/gebaeudereport.html>.

6 Ausblick

Eine genauere Bewertung des Anteils langlebiger Holzprodukte im Bau erfordert weiterführende Analysen, da bestehende **Statistiken** bestimmte **Produktgruppen** wie z. B. Möbel nicht abbilden und daher grobe Mengenabschätzungen aus dem gesamten Holzmassenfluss herangezogen werden mussten, um die Gesamtmenge an Produkten zu quantifizieren. Außerdem wäre eine Einbettung des Szenarios in ein Holzflussmodell (wie z.B. FOHOW) interessant, um die Auswirkungen auf das gesamte System der Holzindustrie abbilden zu können.

In Österreich wird Holz bereits zu einem hohen Anteil zirkulär genutzt, vor allem als **Recycling zu Spanplatten**, während **Reuse und Remanufacture** bislang kaum umgesetzt werden und künftig bereits im **Design** berücksichtigt werden sollten.

Obwohl eine deutliche **Steigerung des Einsatzes von Holzbauprodukten** möglich ist, spielt Kreislauf-führung aktuell nur eine untergeordnete Rolle. Die begrenzte Verfügbarkeit von Altholz sowie die logistischen Herausforderungen erschweren eine wirtschaftliche Umsetzung von Reuse und Remanufacture, weshalb weitere Forschung zu **neuen Geschäftsmodellen, Technologien für höhere Ausbeuten** in der Holzindustrie und Plattformen (**Reuse-Börsen**) nötig ist. Begleitend dazu müssen **Rückbauprozesse** angepasst, **Reuse-Bauteile standardisiert** und **rechtliche Rahmenbedingungen** für Remanufacture weiterentwickelt werden. Zentral für den verstärkten Holzbau ist zudem die **gezielte Förderung** und Bevorzugung von Holzprodukten in Ausschreibungen sowie **Bildungsangebote** für Planer:innen und Ausführende.

Schließlich sollten weitergehende Studien zur **Nachnutzung von nicht-konstruktiven Bauteilen** mit einer kürzeren Nutzungsdauer - wie Fassaden, Türen und Fenstern - durchgeführt werden, da Reparatur und Refurbishment⁹³ hier aktuell teuer sind und neue Lösungsansätze erforderlich machen.

⁹³ Refurbishment: alte Produkte aufarbeiten und auf den neuesten Stand bringen

7 Abkürzungsverzeichnis

BMLUK: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft

BGF: Bruttogrundfläche

fme: Festmeteräquivalente (1,56 fme pro t Holz)

KG: Kellergeschoß

Mio: Millionen

Ö: Österreich

8 Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei allen Personen und Institutionen, die mit ihrer Expertise zum Gelingen des Projekts beigetragen haben!

- AEE Intec
- Martin Aichholzer
- Altholz Schuh
- ARWAG
- Austrian Energy Agency
- BauKarussell
- BEST Bioenergy and Sustainable Technologies
- Bundesforschungszentrum für Wald
- BMLUK
- Building Innovation Cluster Upper Austria
- Egger
- Fachhochschule Salzburg
- Fachhochschule St. Pölten
- Fachhochschule Wiener Neustadt
- Fachverband der Holzindustrie
- Holzcluster Steiermark
- Holzforschung Austria
- Institute of Building Research & Innovation
- Landwirtschaftskammer Österreich
- ÖBB
- ParaStruct
- pro:Holz
- Ressourcenforum Austria
- Sulzer Holzbau
- Technische Hochschule Rosenheim
- Technische Universität Graz
- Technische Universität Wien
- Technisches Büro Iordanopoulos-Kisser
- Universität für Bodenkultur Wien
- Universität Innsbruck
- VOEB
- Weissenseer Holz-System-Bau GmbH
- Wood K+

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Haupt-Datenquellen für die qualitative und quantitative Festlegung der Holzmassenströme im Projekt HolzKreislauf	11
Tabelle 2: Liste der für die Berechnung der in Österreich erzeugten Bauprodukten aus Holz verwendeten ÖNACE 2021 Kategorien (Abgesetzte Produktion, Quelle: Statistik Austria)	13
Tabelle 3: Liste der für die Berechnung der nach/aus Österreich importierten/exportierten Bauprodukte aus Holz verwendeten KN 2021 Kategorien (Quelle: Statistik Austria)	14
Tabelle 4: Für die Abschätzung der Holzlagermenge in Gebäuden verwendete Quellen	15
Tabelle 5: Im Rahmen des Projekts durchgeführte Workshops.....	18
Tabelle 6: Vergleich der in den zwei analysierten Beispielen verbauten Holz mengen	32
Tabelle 7: Einsatz des Baustoffes Holz für die Fallstudie Tattendorf (Quelle: Zitterer und Baumgartner, 2013)	35
Tabelle 8: Forschungsbedarf für eine verstärkte Umsetzung zirkulärer Holzbauten bzw. Holznutzung	45
Tabelle 9: Beurteilungskriterien für die Bewertung der Datenqualität (Quelle: Laner et al., 2016)	64
Tabelle 10: Umrechnung der Scores in Schwankungsbreiten (Quelle: Laner et al., 2016)	65
Tabelle 11: Ergebnisse der Bewertung der Datenqualität nach Laner et al. (2016)	65
Tabelle 12: Übersicht der Dokumente und Studien zu Transport und Transportlogistik (eigene Darstellung)	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Holz-Massenfluss mit Fokus Bauwirtschaft in Österreich 2021 in Mio fme (gerundet auf 100 000 fme; Quelle: eigene Darstellung; dunkelgrün: Nadelsägerundholz, hellgrün: Laubsägerundholz, braun: Zwischenprodukte und Produkte, hellgrau: „Nicht-Bau-Produkte“ und Exporte, dunkelgrau: Abfälle und energetisch genutzte Holzmengen)	2
Abbildung 2: Holz-Massenflüsse mit Fokus Bauwirtschaft im Szenario 2050 für Österreich in fme (nicht dargestellt: Rohstoff, Importe/Exporte, energetisch genutzte Holzmengen und „Nicht-Bau-Produkte“).....	4
Abbildung 3: Wood mass flow with a focus on the construction industry in Austria in 2021 in million cubic meter equivalents (rounded to 100,000 cubic meters; source: own illustration; dark green: softwood sawlogs, light green: hardwood sawlogs, brown: intermediate products and products, light gray: "non-construction products" and exports, dark gray: waste and wood used for energy purposes)	6
Abbildung 4: Wood mass flows with a focus on the construction industry in the 2050 scenario for Austria in million cubic meters equivalents (raw material, imports/exports, wood quantities used for energy production and "non-construction products" not shown).....	7
Abbildung 5: Berechnung der verbauten Holzmasse auf Basis von Quadrat- und Kubikmetern nach Lederer et al. (2021)	17
Abbildung 6: Hochrechnung der anfallenden Holzmasse durch Abrissoperationen in Wien für 2021 sowie Prognosen für 2030, 2040 und 2050 (nach Lederer und Blasenbauer 2024).....	17
Abbildung 7: Holz-Massenfluss mit Fokus Bauwirtschaft in Österreich 2021 in Mio fme (gerundet auf 100 000 fme; Quelle: eigene Darstellung; dunkelgrün: Nadelsägerundholz, hellgrün: laubsägerundholz, braun: Zwischenprodukte und Produkte, hellgrau: „Nicht-Bau-Produkte“ und Exporte, dunkelgrau: Abfälle und energetisch genutzte Holzmengen)	21
Abbildung 8: Input an Holzmassenflüssen für die Holzindustrie in Österreich 2021 in fme (gerundet auf 100 000 fme, Quelle: eigene Darstellung)	23
Abbildung 9: Holzmasse-Output der österreichischen Holzindustrie 2021 mit Fokus auf Bauwirtschaft in fme (gerundet auf 100 000 fme, Quelle: eigene Darstellung).....	24
Abbildung 10: Detailgrafik der Holz-Massenflüsse mit Fokus Bauwirtschaft in Österreich 2021 in Mio fme (Ausschnitt aus Gesamtmassenfluss ohne Darstellung der Rohstoffe, Exporte, Nebenprodukte und anderer Produkte als Bauprodukte; Einteilung des Bau- und Abbruchholzes nach Abfallklassen; Quelle: eigene Darstellung; braun: Zwischenprodukte und Produkte, dunkelgrau: Altholz / Holzabfälle).....	25

Abbildung 11: In Österreich produzierte und importierte Bauprodukte aus Holz 2021 in fme (gerundet auf 100 000 fme, Import Bauprodukte: Importierte Menge an Bauprodukten aus Holz, Ö Bauprodukte inländ. Nutzung: Differenz aus abgesetzter österreichischer Produktion und Export von Bauprodukten aus Holz, Export Bauprodukte: exportierte Menge an Bauprodukten aus Holz; Quelle: eigene Berechnungen aus Daten der Statistik Austria).....	27
Abbildung 12: Aufkommen an Bau- und Abbruchholz 2021 in Österreich nach Abfallschlüsselnummern in fme (gerundet auf 100 000 fme, Quelle: Berechnung aus Daten des Umweltbundesamts, eigene Darstellung)	28
Abbildung 13: Use Case Gründerzeithaus Beringgasse 19, 1170 Wien (Quelle: Architekt Reinberg) ..	29
Abbildung 14: Use Case Gründerzeithaus Gentzgasse 6, 1180 Wien (Quelle: Architekt Reinberg)	30
Abbildung 15: Plan eines Gründerzeithauses mit Tram- und Dippelbaumdecken und Dachwerk aus Holz (Quelle: Architekt Reinberg).....	31
Abbildung 16: Lehm-Passivbürohaus Tattendorf in Frontansicht (Architekt Reinberg, Fotograf: Peter Kytlica)	33
Abbildung 17: Lösungsansätze für eine zirkuläre Nutzung von Holz in der Bauwirtschaft (eigene Darstellung)	44
Abbildung 18: Holz-Massenflüsse mit Fokus Bauwirtschaft im Szenario 2050 für Österreich in Mio fme (nicht dargestellt: Rohstoff, Importe/Exporte, energetisch genutzte Holzmengen und „Nicht-Bau-Produkte“)	52
Abbildung 19: Holz-Massenfluss in und aus der Bauwirtschaft in Österreich 2021 in fme (auf 100 000 fme gerundet; Quelle: eigene Darstellung, erstellt mit der Software STAN 2.7)	68

9 Quellen

- Austrian Energy Agency, und Landwirtschaftskammer Österreich. *Holzströme in Österreich 2021*. Klimaaktiv, 2023.
- Bau EPD GmbH. „Umwelt Produktdeklaration Standard-Holzfenster mit den Abmessungen 1,23 m *1,48 m mit Mehrscheiben-Isolierglas“. 2022. https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/BAU-EPD-PLATTFORM-FENSTER-HOLZ-VERBAND-OESTERREICH-2022-1-Ecoinvent-Holzfenster-2022-11-09.pdf.
- BMLUK. „Holzeinschlagsmeldung 2021 - Höhere Holzpreise führen zu höherem Holzeinschlag“. Holzeinschlagsmeldung 2021 - Höhere Holzpreise führen zu höherem Holzeinschlag. Zugegriffen 13. Oktober 2025. <https://www.bmluk.gv.at/themen/wald/wald-in-oesterreich/wald-und-zahlen/Holzeinschlag/holzeinschlagsmeldung-2021.html>.
- BMVIT, Hrsg. „Bewertete Realisierungsbeispiele im »Haus der Zukunft «. Folder 6.“ Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie BMVIT, o.J. https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/folder_oekoinform_06_pilotbauten.pdf.
- Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. „Der Gebäudetyp E“. 17. Juli 2024. <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/kurzmeldungen/DE/2024/07/gebaeudetyp-e.html>.
- Cencic, =., und H. Rechberger. „Material Flow Analysis with Software STAN“. *Journal of Environmental Engineering and Management* 18, Nr. 1 (2008). <https://www.stan2web.net/>.
- Empfohlene Umrechnungsfaktoren für Energieholzsortimente bei Holz- bzw. Energiebilanzberechnungen*. Austrian Energy Agency, 2009.
- Eurostat. „[for_swpan] Sawnwood and panels“. Zugegriffen 8. September 2025. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/for_swpan__custom_10109495/default/table?lang=de.
- Fachhochschule St. Pölten. „CREATE_AT - Forschung“. Zugegriffen 24. Oktober 2025. https://research.fhstp.ac.at/projekte/create_at.
- FFG. „SINK.CARBON“. Zugegriffen 30. Oktober 2025. <https://projekte.ffg.at/projekt/4323189>.
- Haberl, Helmut, Dominik Wiedenhofer, Franz Schug, u. a. „High-Resolution Maps of Material Stocks in Buildings and Infrastructures in Austria and Germany“. *Environmental Science & Technology* 55, Nr. 5 (2021): 3368–79. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05642>.
- Holzeinschlagsmeldung 2021 - Höhere Holzpreise führen zu höherem Holzeinschlag. „Holzeinschlagsmeldung 2021 - Höhere Holzpreise führen zu höherem Holzeinschlag“. Zugegriffen 15. Oktober 2024. <https://info.bml.gv.at/themen/wald/wald-in-oesterreich/wald-und-zahlen/Holzeinschlag/holzeinschlagsmeldung-2021.html>.
- IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Hrsg. „Tagungsband 2025: Weiter bauen? Wie machen Sie das? Tagungsband Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen BauZ.“ 2025. https://www.bauz.at/add/BauZ_Tagungsband_2025_web.pdf.
- IÖR Forschungsdatenzentrum. „Materialkataster - IÖR ISBE“. Zugegriffen 23. Oktober 2025. <https://ioer-isbe.de/ressourcen/materialkataster>.

- Kalcher, Jasmin, Gabriel Praxmarer, und Alfred Teischinger. „Quantification of future availabilities of recovered wood from Austrian residential buildings“. *Ressources, Conservation and Recycling*, Nr. 123 (2017): 143–52.
- Kalt, Gerald. „Carbon dynamics and GHG implications of increasing wood construction: long-term scenarios for residential buildings in Austria“. *Carbon Management* 9, Nr. 3 (2018): 265–75. <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1469948>.
- Kleemann, Fritz, Jakob Lederer, Helmut Rechberger, und Johann Fellner. „GIS-based Analysis of Vienna’s Material Stock in Buildings“. *Journal of Industrial Ecology* 21, Nr. 2 (2016): 368–80.
- Kogler, Christoph. „Transportlogistik in der Holzwirtschaft [Präsentation]. Mobilitätswende in der Holzlogistik.“ 2022. https://www.researchgate.net/publication/364352448_Transportlogistik_in_der_Holzwirtschaft.
- Kogler, Christoph, Alexander Beiglböck, und Peter Rauch. „An empirical study of the resilience in Austrian wood transport“. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 191 (2025).
- Kogler, Christoph, Alexander Beiglböck, und Peter Rauch. „Empirical Insights into Salvage Wood Logistics“. *Croatian journal of forest engineering* 45, Nr. 2 (2024).
- Kogler, Christoph, und Peter Rauch. „A discrete-event simulation model to test multimodal strategies for a greener and more resilient wood supply.“ *Canadian Journal of Forest Research* 49, Nr. 10 (2019): 1298–310.
- Kühmaier, Martin, und Gernot Erber. „Research Trends in European Forest Fuel Supply Chains: A Review of the Last Ten Years (2007–2016) – Part Two: Comminution, Transport & Logistics“. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2018. https://www.researchgate.net/publication/323705620_Research_Trends_in_European_Forest_Fuel_Supply_Chains_A_Review_of_the_Last_Ten_Years_2007-2016_-_Part_Two_Comminution_Transport_Logistics.
- Laner, David, Julia Feketitsch, Helmut Rechberger, und Johann Fellner. „A Novel Approach to Characterize Data Uncertainty in Material Flow Analysis and Its Application to Plastics Flows in Austria“. *Journal of Industrial Ecology* 20, Nr. 5 (2016): 1050–63. <https://doi.org/10.1111/jiec.12326>.
- Lederer, Jakob, und Dominik Blasenbauer. „Material Flow Analysis-Based Sustainability Assessment for Circular Economy Scenarios of Urban Building Stock of Vienna“. *Sustainability* 16, Nr. 17 (2024): 17. <https://doi.org/10.3390/su16177319>.
- Lederer, Jakob, Andreas Gassner, Johann Fellner, Ursula Mollay, und Christof Schremmer. „Raw Materials Consumption and Demolition Waste Generation of the Urban Building Sector 2016–2050: A Scenario-Based Material Flow Analysis of Vienna“. *Journal of Cleaner Production* 288 (März 2021): 125566. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125566>.
- Meingast, Roland. „Lehm- Passiv Bürohaus Tattendorf“. BMVIT, 2005. https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/endbericht_tattendorf_id2558.pdf.
- Neubauer, Christian, Antonia Bernhardt, Christian Brandstätter, u. a. *Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2023 für das Referenzjahr 2021*. Wien, 2023. <https://www.bmluk.gv.at/service/publikationen/klima-und-umwelt/die-bestandsaufnahme-der-abfallwirtschaft-in-oesterreich-statusbericht-2023-fuer-das-referenzjahr-2021.html>.

- ÖWAV. „Altholzsortierung - Quellsortierung am Anfallsort (z. B. Altstoffsammelzentren, Baustellen) und bei Sortieranlagen“. 2018. <https://www.oewav.at/Kontext/WebService/SecureFileAccess.aspx?fileguid=%7B5e2e1d8d-03ac-4a9a-a592-b5612be8f089%7D>.
- proHolz. „Wie viel wird mit Holz gebaut?“ 18. März 2022. <https://www.proholz.at/wald-holz-klima/wie-viel-wird-in-oesterreich-mit-holz-gebaut>.
- Reinberg, Georg, und Roland Meingast. „Planung, Produktion und Montageablauf mit Lehm Passivhaus – Baumodulen am Beispiel: Lehm – Passiv Bürohaus Tattendorf“. o.J. https://www.bauberufe.eu/images/doks/Lehmbau_PH_Tattendorf_2005.pdf.
- Schuster, Sabine, Brigitte Weninger, Manfred Rudlof, und Sabine Klinghofer. *Verkehrsstatistik 2021*. Statistik Austria, 2022. <https://www.statistik.at/services/tools/services/publikationen>.
- Sibille, Elisabeth, Günter Simader, Christoph Dolna-Gruber, Alexander Bosak, und Lorenz Treitler. *Gebäudereport 2025*. Österreichische Energieagentur, EXPLOREAL GmbH, 2025. <https://www.bmimi.gv.at/themen/innovation/publikationen/energieumwelttechnologie/gebaedereport.html>.
- Statista. „Statista - Das Statistik-Portal“. Zugegriffen 8. September 2025. <https://de.statista.com/>.
- STATISTIK AUSTRIA. „Baubewilligungen“. Zugegriffen 4. Juni 2025. <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/wohnen/baubewilligungen>.
- Statistik Austria. „Importe und Exporte von Gütern“. STATISTIK AUSTRIA. Zugegriffen 10. Juli 2025. <https://www.statistik.at/statistiken/internationaler-handel/internationaler-warenhandel/importe-und-exporte-von-guetern>.
- Statistik Austria. „Klassifikationsdatenbank“. Zugegriffen 26. Juni 2025. <https://www.statistik.at/datenbanken/klassifikationsdatenbank>.
- Statistik Austria. „STATcube - Statistische Datenbank“. Zugegriffen 8. September 2025. <https://www.statistik.at/datenbanken/statcube-statistische-datenbank>.
- Statistik Austria. *Zensus Gebäude- und Wohnungszählung 2021 - Ergebnisse zu Gebäuden und Wohnungen aus der Registerzählung*. o. J. https://www.statistik.at/fileadmin/user_upload/Zensus-GWZ-2021.pdf.
- Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e. V. „Umwelt-Produktdeklaration Innentüren aus Holz und Holzwerkstoffen“. 2020. https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/671bef59-7b98-43d5-add6-29710443d940/Innentueren_aus_Holz_und_Holzwerkstoffen_12471.pdf?version=00.01.000.
- Verband der Deutschen Parkettindustrie e. V. „Umwelt-Produktdeklaration Massivholzböden und Massivholzparkett“. 2015. https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/d70832e4-db79-42c2-ac18-42d1e2da186a/Massivholzboeden_und_Massivholzparkett.pdf?version=00.02.000.
- Winter, S., und M. Weigl-Kuska. *TRIPLE A HOLZ Altholz Aufkommen Austria*. Holzforschung Austria, 2024. https://www.holzforschung.at/fileadmin/user_upload/Downloads/Broschueren/gratis-downloads/Endbericht-Triple-A-Altholz-Aufkommen-Austria-2024.pdf.

WKO, und FHP. „Branchenstatistik ‚Holz und Holzprodukte‘ Außenhandel 01-12/2021 - Übersicht“. 2022. https://www.forstholzpapier.at/images/01-12_2021.pdf.

Wlcek, Bernhard, Stefan Weiss, Lorenz Strimitzer, und Franz Sinabell. „Resilienz. Corona-Krise und land- und forstwirtschaftliche Wertschöpfungsketten Lessons Learnt. Teilprojekt: Analyse der Wertschöpfungskette Forst und Holz in Österreich. Endbericht“. EEA, 2021.

10 Anhang

10.1 Abschätzung der Datenqualität (Holzmassenfluss 2021)

Tabelle 9: Beurteilungskriterien für die Bewertung der Datenqualität (Quelle: Laner et al., 2016⁹⁴)

	Reliability	Completeness	Temporal correlation	Geographical correlation	Other correlation
Definition	Focus on the data source: documentation of data generation, e.g., assessment of sampling method, verification methods, reviewing processes	Composition of the date of all relevant mass flows. Possible over- or underestimation is assessed	Congruence of the available date and the ideal date with respect to time reference	Congruence of the available date and the ideal date with respect to geographical reference	Congruence of the available date and the ideal date with respect to technology, product, etc.
Score: 1	Methodology of data generation well documented and consistent, peer-reviewed data.	Value includes all relevant processes/flows in question	Value relates to the right time period	Value relates to the studied region	Value relates to the same product, the same technology, etc.
Score: 2	Methodology of data generation is described, but not fully transparent; no verification.	Value includes quantitatively main processes/flows in question.	Deviation of value 1 to 5 years	Value relates to similar socioeconomical region (GDP, consumption pattern).	Values relate to similar technology, product, etc
Score: 3	Methodology not comprehensively described, but principle of data generation is clear; no verification	Value includes partial important processes/flows, certainty of data gaps.	Deviation of value 5 to 10 years	Socioeconomically slightly different region	Values deviate from technology/product of interest, but rough correlations can be established based on experience or data.
Score: 4	Methodology of data generation unknown, no documentation available.	Only fragmented data available; important processes/mass flows are missing.	Deviation more than 10 years	Socioeconomically very different region	Values deviate strongly from technology/product of interest, with correlations being vague and speculative

⁹⁴ David Laner u. a., „A Novel Approach to Characterize Data Uncertainty in Material Flow Analysis and Its Application to Plastics Flows in Austria“, *Journal of Industrial Ecology* 20, Nr. 5 (2016): 1050–63, <https://doi.org/10.1111/jiec.12326>.

Tabelle 10: Umrechnung der Scores in Schwankungsbreiten (Quelle: Laner et al., 2016⁹⁵)

Data Quality Indicators	Sensitivity Level	Score: 1	Score: 2	Score: 3	Score: 4
		CV (in %)			
Reliability	-	2,3	6,8	20,6	62,3
Completeness / temporal corr. / geograph. corr. / other corr.	highly sensitive	0	4,5	13,7	41,3
	medium sensitive	0	2,3	6,8	20,6
	not sensitive	0	1,1	3,4	10,3

Tabelle 11: Ergebnisse der Bewertung der Datenqualität nach Laner et al. (2016)⁹⁶

Massenflüsse	Volumen in FMe	Klassifizierung					Koeffizienten					Unsicherheit in %	Unsicherheit in FMe
		Reliability	Completeness	Temp. Corr.	Geogr. Corr.	other Corr.	CV Reliability	CV Compl.	CV Temp.	CV Geogr.	CV other		
Import NSR	8.447.482	2	1 med	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	574.429
NSR aus Österreich	10.098.139	1	1 low	1 med	1 high	1 med	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,30%	232.257
Import LSR	252.518	3	1 med	1 med	1 high	1 med	20,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,60%	52.019
LSR aus Österreich	301.861	1	1 low	1 med	1 high	1 med	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,30%	6.943
Import Schnittholz	2.097.996	1	1 med	1 med	1 high	1 med	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,30%	48.254
Import Holzwerkstoffe	1.261.969	1	1 med	1 med	1 high	1 med	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,30%	29.025

⁹⁵ Laner u. a., „A Novel Approach to Characterize Data Uncertainty in Material Flow Analysis and Its Application to Plastics Flows in Austria“.

⁹⁶ Laner u. a., „A Novel Approach to Characterize Data Uncertainty in Material Flow Analysis and Its Application to Plastics Flows in Austria“.

Industrieholz für Holzverarbeitung und Plattenindustrie	1.700.000	2	1 med	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	115.600
Sonstiges Holzaufkommen	500.000	2	2 high	1 med	1 high	1 med	6,8%	4,5%	0,0%	0,0%	0,0%	8,15%	40.771
Import Bauprodukte aus Holz	1.179.744	2	1 low	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	80.223
Sonstiger Holzabfall	836.316	3	1 low	1 med	1 high	1 med	20,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,60%	172.281
Import Holzabfall	739.440	2	1 low	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	50.282
Export Holzabfall	294.840	2	1 low	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	20.049
energetisch genutzte Holzabfälle	486.720	2	1 low	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	33.097
Lageränderung Altholz	605.280	2	2 high	1 med	1 high	1 med	6,8%	4,5%	0,0%	0,0%	0,0%	8,15%	49.355
Export Schnittholz	6.151.290	1	1 low	1 med	1 high	1 med	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,30%	141.480
Export Bauprodukte aus Holz	1.642.673	2	1 med	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	111.702
Sonstige Produkte	6.377.583	3	1 med	1 med	1 high	1 med	20,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,60%	1.313.782
Export SNP aus Sägeholzindustrie	2.623.842	2	1 low	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	178.421
SNP für Papierindustrie	3.700.000	2	1 med	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	251.600
energetisch genutzte SNP	4.022.944	3	1 med	1 med	1 high	1 med	20,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,60%	828.726
Altholz für Plattenindustrie	1.700.400	2	2 high	1 med	1 high	1 med	6,8%	4,5%	0,0%	0,0%	0,0%	8,15%	138.653
Bauprodukte aus Ö für heimische Nutzung	1.179.744	2	1 med	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	80.223
Hilfsprodukte aus Holz für Baustellen	28.295	4	2 high	2 high	2 high	2 med	62,3%	4,5%	4,5%	4,5%	2,3%	62,83%	17.777

Sägenebenprodukte als Abfall	277.056	2	1 med	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	18.840
Holzabfälle aus Plattenindustrie	264.732	2	1 med	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	18.002
Bau- und Abbruchholz	969.540	2	1 high	1 med	1 high	1 med	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,80%	65.929

10.2 Holz-Massenfluss als Sankey-Diagramm

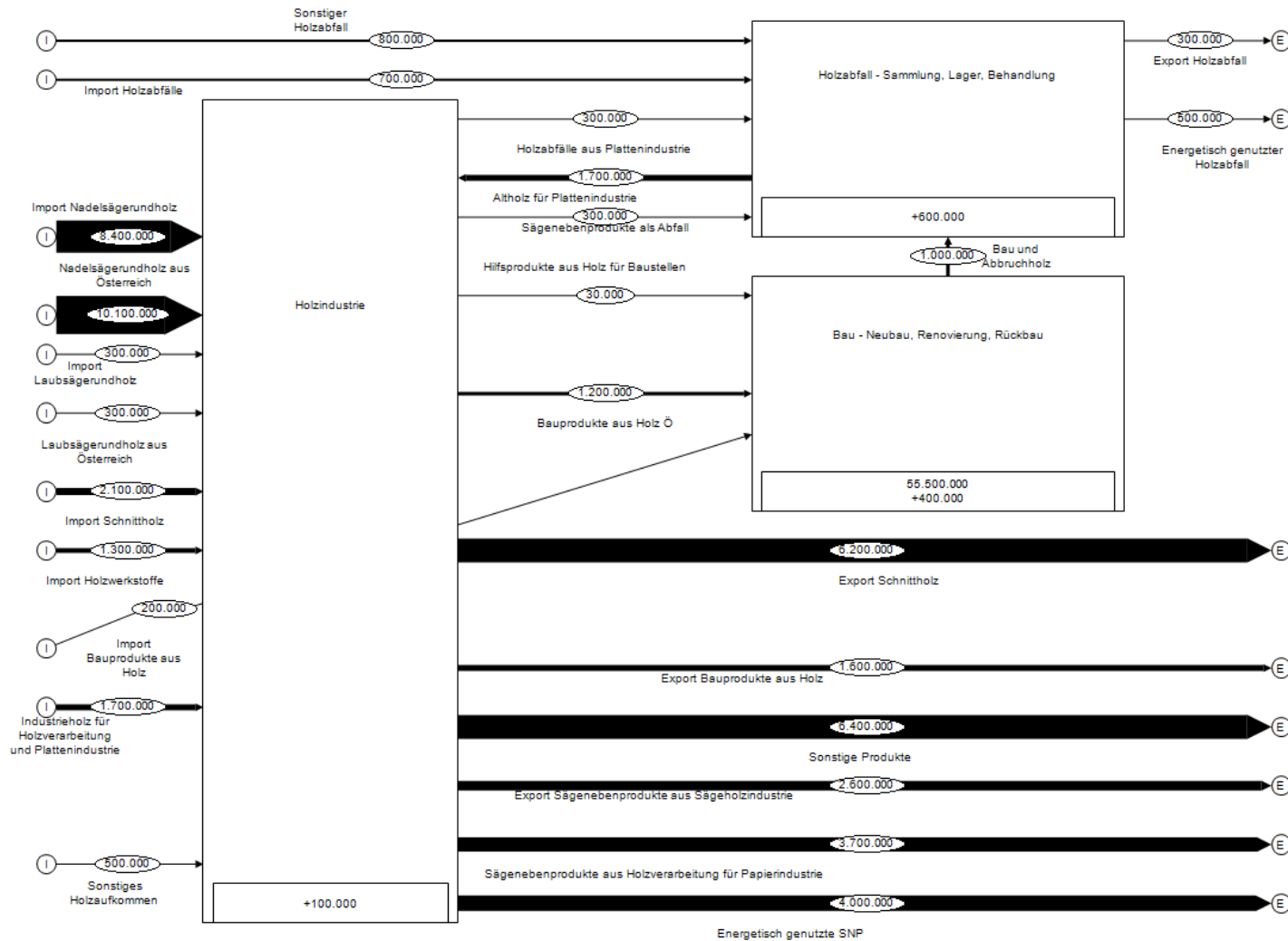


Abbildung 19: Holz-Massenfluss in und aus der Bauwirtschaft in Österreich 2021 in fme (auf 100 000 fme gerundet; Quelle: eigene Darstellung, erstellt mit der Software STAN 2.7⁹⁷)

10.3 Literature Review zu nachhaltiger Logistik

Tabelle 12: Übersicht der Dokumente und Studien zu Transport und Transportlogistik (eigene Darstellung)

Titel/Thema	Eingrenzung/Scale	Details	Quellen
AT			
Externalitäten, Transportdistanzen Bauoperationen	Wien	t-km für versch. Transportoperationen	Weigert, M.; Melnyk, O.; Winkler, L.; Raab, J. Carbon Emissions of Construction Processes on Urban Construction Sites. Sustainability 2022, 14, 12947. https://doi.org/10.3390/su141912947
Baulogistikprozesse Charakteristika (z.B. Stoffströme, Gewicht, Distanzen, Verkehrsträgeranteil)	Wien 2003-2004	Verschieden, z.B. Zement, Holz, Ziegel	Straczek-Helios, P. (2008). Transportlogistik im Bauwesen. Diplomarbeit/Master Thesis: Institut f. interdisziplinäres Bauprozessmanagement. TU Wien.
Aufstellung Verkehrs/Transportcharakteristika in Österreich f. Baustoffe	Österreich 2021	Steine, Erden und Baustoffe, Holz und Forstprodukte (nicht eindeutig zu Bau zuordbar) t-km (inländisch, ausländisch), Transportmodi, Gewicht, Güterumschlag Donauhäfen	Statistik Austria. VERKEHRSTATISTIK 2021.
Außenhandelsströme f. Materialklassen und Baustoffklassen		Je nach Filtereinstellung	UN Comtrade Database
			Worldbank WITS World Integrated Trade Solution
Wirtschaftliche und nachhaltige Baustellenlogistik	Fallstudie Seestadt	Fallstudie. Planung und operationelle Maßnahmen (schedules, lieferung)	Nolz, P. C. (2021). Optimizing construction schedules and material deliveries in city logistics: a case study from the building industry. Flexible Services and Manufacturing Journal 33.846–878.
EU			
Externalitäten und Transportcharakteristika transportation characteristics	England	Materialien, Transportmodi, Volumen, Kosten, Distanzen	Fu, F. et al. (2014). Development of a Carbon Emission Calculations System for Optimizing Building Plan Based on the LCA Framework. Mathematical Problems in Engineering. 653849.

Emissionen durch Transport- und vor-Ort-Bauoperationen; Transportcharakteristika (Straße, Schiff)	Fallstudien Dänemark	On-site Transportoperationen (Distanzen, Spritnutzung), Energieverbrauch	Kanafani, K. et al. (2023). Carbon Emissions during the Building Construction Phase: A Comprehensive Case Study of Construction Sites in Denmark. Sustainability. 15.
Ökol. Externalitäten und Transportcharakteristika bei verschiedenen Baukomponenten und -materialien	Fallbeispiel Italien Renovierungsarbeiten	Transportdistanz, Materialien, Fahrzeuge	Pittau, F. et al. (2014). Environmental consequences of refurbishment vs. demolition and reconstruction: a comparative life cycle assessment of an Italian case study. Journal of Green Building. 15. 4. 155–172.
Transportierte Materialströme	EU-Fallstudien in LU, IT, FR, ES 2015-2016;	nicht nach Material differenziert	Guerlain, C: et al (2019). Understanding Construction Logistics in Urban Areas and Lowering Its Environmental Impact: A Focus on Construction Consolidation Centres. Luxembourg Institute of Science and Technology: Luxemburg.
Entwicklung Transportgewicht LKW-Baulogistikprozesse	DL 2005-2014	nicht nach Material differenziert	Zanker, C. (2018). Branchenanalyse Logistik: Der Logistiksektor zwischen Globalisierung, Industrie 4.0 und Online-Handel, Study der Hans-Böckler-Stiftung, No. 390, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf
Stoffstrombezogene, typische Charakteristika für Baulogistikprozesse	England + Wales 2014-2019	modal split, distanz, menge, material (u.a. wood, cement, sand, gravel)	Piecyk, M. et al (2021). CONSTRUCTION LOGISTICS Briefing Report Technical Report CUED/C-SRF/TR15. Westminster University.
Transportaufkommen (und modal split) Bausektor	Raum Europa 2011 - Fallstudie Amsterdam, NL	Transportaufkommen und -modi; nicht nach Material differenziert	Macharis, C: et al. (2015). MULTI-ACTOR PARTICIPATORY DECISION-MAKING IN URBAN CONSTRUCTION LOGISTICS
Effekt auf Externalitäten und Ökobilanz durch Alternative Baumaterialien (Hanf)	Fallstudie Italien	Impact Analyse, auch bezüglich Transportoperationen	Arrigoni, A. et al. (2017). Life cycle assessment of natural building materials: the role of carbonation, mixture components and transport in the environmental impacts of hempcrete blocks. Journal of Cleaner Production. 149. 1051-1061.
No scale/F&E-Projekte			

LCA Analyse bei rezyklierbarem Beton, verglichen mit Bau Szenarien		Auch Szenarien und Analyse bezüglich Transportoperationen	De Schepper, M. et al. (2014). Life cycle assessment of completely recyclable concrete. Materials 7. 8. 6010–6027.
Charakteristika Baustofflogistik	Fallstudie, o.J.	Qualitativ, Transportcharakteristika zum Teil aus Horizon Projekt SUCCESS; jedoch kein Stoffstrombezug!	Guerlain, C. et al (2018). Urban Freight: What about construction logistics?. Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, April 16-19, 2018, Vienna, Austria
Pilot green and efficient solutions regarding various issues in Construction Supply Chain and material freight logistics in urban areas	Projekt 2015-2018	Impact Analyse durch die Errichtung eines Konsolidierungszentrums	SUCCESS – Sustainable Urban Consolidation Centres for construction
Pilotprojekt im Rahmen des Netzwerks e3building zur Umlegung von Bauleistungsoperation von der Straße auf die Schiene.	Projekt, o.J.	Bauleistungskonzept für Abtransport des Aushubs und der Beton-Fertigteile über die Schiene. Impact Analyse zB Emissionen	BAHN STATT LKW IM BAUSTELLENVERKEHR – EIN INNOVATIVES BAULEISTUNGSKONZEPT
Emissionsarme kreislauffördernde Bauleistung	Projekt 2023-2024	Lösungsvorschläge für emissionsarme kreislauffördernde Bauleistungslösungen	Konsortialprojekt „Emissionsarme kreislauffördernde Bauleistung“. thinkport VIENNA und Digital findet Stadt
Governance-Optimierung für effizientere Baustellenlogistik in der Stadt	Projekt 2018-2021	Governance-Konzepte als Hilfsmittel im Bau- und Stadtplanungsprozess einsetzen, um die Logistik zu, von und auf städtischen Baustellen zu erleichtern und zu unterstützen	MIMIC Minimizing impact of construction material flows in cities: Innovative Co-Creation