
Broschüre Ökobilanzen Holz und Holzgebäude

V1.0

Autor

Rolf Frischknecht, Livia Ramseier

treeze Ltd.,

Tel: +41 44 940 61 91

frischknecht@treeze.ch

Kunde

Koordinationskonferenz der Bau- und
Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren

Paul Eggimann

Tel: +41 58 463 28 62

paul.eggimann@bbl.admin.ch

Uster, 15. Juni 2020

Impressum

Titel	Broschüre Ökobilanzen Holz und Holzgebäude
Autoren	Rolf Frischknecht, Livia Ramseier treeze Ltd., fair life cycle thinking Kanzleistr. 4, CH-8610 Uster www.treeze.ch Phone +41 44 940 61 91, Fax +41 44 940 61 94 frischknecht@treeze.ch
Kunde	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
Version	631_Broschüre_Holzrechner_v1.0.docx, 17.06.2020 15:25:00

Inhalt

1	AUSGANGSLAGE	1
2	DIE ÖKOBILANZ, EINE LEBENSWEGBETRACHTUNG	2
3	ÖKOBILANZ BAUSTOFF – BAUTEIL – GEBÄUDE	3
3.1	Datengrundlagen – KBOB-Empfehlung 2009/1:2016	3
3.2	Einsatz von Ökobilanzdaten im Projektablauf	4
3.3	Vorgehen bei der Bilanzierung eines Holzgebäudes	4
3.3.1	Vorgehen und Bilanzierungsumfang	4
3.3.2	Baustoffe	6
3.3.3	Bauteile	7
3.3.4	Gebäude	7
4	HAUPTASPEKTE DER UMWELTAUSWIRKUNGEN VON HOLZ	8
5	FAUSTREGELN AUS UMWELTSICHT FÜR DEN EINSATZ VON HOLZ AM BAU	12
6	INSTRUMENTE UND INFORMATIONEN	12
7	LITERATUR	13

1 Ausgangslage

Das neue Waldgesetz (WAG 2017) und die neue Waldverordnung (WAV 2017) fordern die Förderung von nachhaltig produziertem Holz bei den Bauten und Anlagen des Bundes. Die Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, aufzuzeigen wie eine solche Förderung praktisch ausgestaltet werden kann. Neben technischen und juristischen Aspekten sollen auch die Umweltauswirkungen von Holz inländischer und ausländischer Herkunft adressiert werden. Diese lassen sich für verschiedene Holzprodukte mithilfe eines auf Ökobilanzdaten basierenden Holzrechners einfach berechnen. Damit können neben technischen und finanziellen Kriterien auch Daten zur Umweltbelastung bei der Holzwahl und dessen Herkunft berücksichtigt werden.

Diese Broschüre gibt einen Einblick in die Ökobilanzierung von Holzgebäuden. Dabei werden die Hauptaspekte der Umweltauswirkungen von Holz exemplarisch aufgezeigt. Zudem werden Faustregeln für den Einsatz von Holz am Bau aus Umweltsicht definiert und Instrumente und Informationen zum Thema nachhaltigem Bauen aufgelistet. Die Broschüre dient als Ergänzung zum Holzrechner (siehe <https://treeze.ch/de/rechner>).

Holzrechner

Mit Hilfe des Holzrechners können die Umweltauswirkungen der Herstellung, des Transports und der Entsorgung von Holz und Holzwerkstoffen aus verschiedenen Ländern quantifiziert werden. Folgende Holzprodukte und Holzwerkstoffe können im Rechner analysiert werden:

- Schnittholz (Bretter, Balken, Latten);
- Brettschichtholz;
- Weichfaserplatten;
- Spanplatten (PF- oder UF-gebunden, beschichtet oder unbeschichtet und für den Trocken- oder Feuchtbereich);
- Dreischichtplatten;
- Brettsperrholz.

Im Umweltrechner lassen sich Herkunftsländer des Rundholzes und Transportdistanzen definieren. Damit ist es möglich die Umweltauswirkungen von in- und ausländischen Holzprodukten und Holzwerkstoffen zu quantifizieren.

Der Holzrechner ist als Excel-Version zum Herunterladen verfügbar (siehe <https://treeze.ch/de/rechner>).

2 Die Ökobilanz, eine Lebenswegbetrachtung

Die Ökobilanz ist eine Methode zur Abschätzung der Umweltauswirkungen von Produkten wie beispielsweise Fenster oder auch ganze Gebäude. Zur Beurteilung der Umweltauswirkungen wird der ganze Lebensweg des Produktes betrachtet. In einem ersten Schritt werden der Rohstoff- und Energiebedarf zur Herstellung, Nutzung und Entsorgung des Produktes, sowie dabei entstehende Abfälle und Emissionen erfasst. Die erfassten Daten werden zur Sachbilanz zusammengefasst. Danach werden die Verbräuche, Abfälle und Emissionen bezüglich ihrer Umweltauswirkung beurteilt. Die Beurteilung kann anhand verschiedener Indikatoren oder Wirkungsabschätzungsmethoden erfolgen. Beispiele für Indikatoren und Wirkungsabschätzungsmethoden sind:

- **Primärenergie, nicht erneuerbar (oft auch Graue Energie genannt):** Die nicht erneuerbare Primärenergie quantifiziert den Bedarf an fossilen und nuklearen Energieressourcen sowie an Holz aus Kahlschlag von Primärwäldern. Es wird die geförderte beziehungsweise geerntete Menge bilanziert (Frischknecht et al. 2015).
- **Primärenergie, erneuerbar:** Die erneuerbare Primärenergie quantifiziert den Bedarf an erneuerbaren Energieressourcen wie Holz (im Stand), Solarstrahlung, kinetische Energie des Windes, potenzielle Energie von Wasser in Stauseen, Erd- und Umgebungswärme. Es wird die geerntete Menge bilanziert (Frischknecht et al. 2015).

(Erneuerbare und nicht erneuerbare Primärenergie ergeben zusammen den gesamten Primärenergiebedarf. Dieser ist ein Leitindikator der 2000 Watt Gesellschaft.)

- **Treibhausgasemissionen:** Der Beitrag zum Klimawandel eines Produktes durch die Emissionen von Treibhausgasen wie CO₂ und Methan wird in kg CO₂-Äquivalenten ausgedrückt. Dabei werden Emissionen von Substanzen, welche eine Verstärkung des Treibhauseffektes zur Folge haben, mit deren Treibhauspotential (GWP, Global Warming Potential) multipliziert. Die GWPs werden vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) für einen Wirkung mit einem Zeithorizont von 20 und 100 Jahren berechnet (IPCC 2013).
- **Gesamtumweltbelastung gemäss Schweizer Ökofaktoren 2013, basierend auf der Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013):** Die Umweltbelastungspunkte 2013 quantifizieren die Umweltbelastungen durch die Nutzung von Energie- und stofflichen Ressourcen, von Land und Süsswasser, durch Emissionen in Luft, Gewässer und Boden, durch die Ablagerung von Rückständen aus der Abfallbehandlung sowie durch Verkehrslärm. Die Beurteilung mit der Methode der ökologischen Knappheit zeigt in Umweltbelastungspunkten (UBP'13) ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen auf und basiert auf der Schweizerischen Umweltpolitik. Sie entspricht den Anforderungen eines „true and fair view“ bezüglich Umweltinformationen.

In Abbildung 2-1 ist der Ablauf zur Erfassung und Beurteilung von Sachbilanzdaten eines Baustoffes schematisch dargestellt.

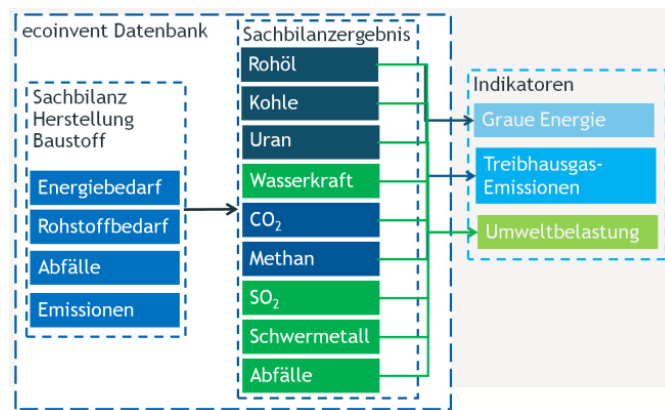


Abbildung 2-1: Schematische Darstellung des Ablaufes zur Erfassung und Beurteilung von Sachbilanzdaten.

Die Vorgehensweise innerhalb der Ökobilanz-Methode ist gemäss der Normen ISO 14040 (International Organization for Standardization (ISO) 2006a) und ISO 14044 (International Organization for Standardization (ISO) 2006b) standardisiert. Für den Baubereich haben KBOB, IPB und eco-bau spezifische Regeln definiert, die eine umfassende, konsistente und transparente Bilanzierung von Baustoffen, Bauteilen und Gebäuden ermöglichen.

3 Ökobilanz Baustoff – Bauteil – Gebäude

3.1 Datengrundlagen – KBOB-Empfehlung 2009/1:2016

Die KBOB-Empfehlung 2009/1:2016 (nachfolgend KBOB-Empfehlung genannt) beinhaltet Ökobilanzdaten zu Baumaterialien, Gebäudetechnik, Energiebereitstellung, Transporten und Entsorgungsprozessen (KBOB et al. 2016b). In der KBOB-Empfehlung werden die Umwelt-Kennwerte Gesamtumweltbelastung in UBP, Primärenergie (nicht erneuerbar und erneuerbar) in kWh Öl-Äquivalenten und Treibhausgasemissionen in kg CO₂-Äquivalenten der Herstellung und der Entsorgung der Baumaterialien aufgelistet.

In den Umwelt-Kennwerten der Herstellung von Baustoffen sind berücksichtigt:

- die Bereitstellung aller relevanten Ausgangsmaterialien und aller benötigten Energieträger,
- die Bereitstellung und Entsorgung der Infrastruktur,
- alle entstehenden Emissionen.

In den Umwelt-Kennwerten der Entsorgung von Baustoffen sind enthalten:

- den bei den Abbrucharbeiten benötigten Energiebedarf und die dabei verursachten Emissionen,
- die Transporte in die Entsorgungs- beziehungsweise Aufbereitungsanlagen
- die Entsorgungsaufwendungen (entsprechend der heutigen Situation) in einer Deponie, in einer Kehrichtverbrennungsanlage beziehungsweise in einer Baustoffaufbereitungsanlage (Recycling).

Die Ökobilanzdaten der KBOB-Empfehlung beinhalten herstellereinspezifische und repräsentative Durchschnittsdaten für Baumaterialien auf dem Schweizer Markt (KBOB et al. 2016b).

3.2 Einsatz von Ökobilanzdaten im Projektablauf

Die Durchschnittsdaten der KBOB-Empfehlung eignen sich, um in einer frühen Phase der Projektplanung Vergleiche beispielsweise von verschiedenen Bauweisen und ihren Umweltauswirkungen zu erstellen. Werden bei der Auswahl der Lieferanten die Umweltauswirkungen der Bauprodukte in die Entscheidung miteinbezogen, müssen hingegen herstellerspezifische Ökobilanzdaten berücksichtigt werden. Einzelne Schweizer Hersteller betten, die für die KBOB-Empfehlung benötigten Umweltkennwerte in Umweltproduktdeklarationen (EPD, environmental product declaration) ein. Auch zur Analyse der Umweltperformance von fertiggestellten Gebäude, beispielsweise im Rahmen einer Gebäude-Zertifizierung, müssen soweit verfügbar herstellerspezifische Ökobilanzdaten verwendet werden. Eine Übersicht zu Fragestellungen und Einsatz von Ökobilanzdaten im Projektablauf ist in Abbildung 3-1 dargestellt.



Abbildung 3-1: Übersicht zu Fragestellungen und Einsatz von Ökobilanzdaten im Projektablauf.

3.3 Vorgehen bei der Bilanzierung eines Holzgebäudes

3.3.1 Vorgehen und Bilanzierungsumfang

Die Ökobilanz eines Gebäudes berücksichtigt die folgenden Phasen des Lebenszyklus:

- Herstellung der Baumaterialien (inkl. Ressourcengewinnung),
- Errichtung des Gebäudes,
- Nutzung des Gebäudes (Betriebsenergie, Wasserverbrauch, Wartung, Reparatur und Ersatz von Bauprodukten),
- Entsorgung (Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung).

Die Bilanzierung eines Gebäudes kann mit dem bekannten Kinderspielzeug LEGO® verglichen werden. Baustoffe wie Mineralfaserdämmstoffe oder Holzbretter sind die einzelnen LEGO®-Steine. Diese bilden die Grundlage von Bauteilen wie Aussenwände über Terrain oder Fenster. Aus den verschiedenen Bauteile entsteht schliesslich das Gebäude. In der KBOB-Empfehlung sind die Ökobilanz-Kennwerte von Baustoffen vorhanden. Anhand der in den Bauteilen verwendeten Mengen an Baustoffen lassen sich die Umweltkennwerte der Bauteile berechnen. Dies erfolgt in Planungswerkzeugen (Planungssoftware), mit denen gleichzeitig die Kosten und/oder die erforderlichen thermischen Nachweise gerechnet werden können. Der Fachplaner/die Architektin verwendet die Bauteile für den Gebäudeentwurf und kann damit dessen Umweltauswirkungen ermitteln. Ein Übersicht dieses Prinzips ist in Abbildung 3-2 dargestellt.



Abbildung 3-2: Vorgehen zur Bilanzierung eines Gebäudes: vom Bauprodukt zum Bauteil zum Gebäude

Die Strukturierung der Bilanzierung der Gebäudeerstellung erfolgt in der Regel gemäss der Elementkostengliederung (EKG) (SN 508502 1995).

Positionen der Elementkostengliederung:

- D Rohbau Gebäude bis Oberkante Bodenplatte
 - D0 Baugrubenaushub
 - D1 Hinterfüllungen
 - D2 Fundamentplatte
- E Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte (E0 – E6)
 - E0 Decken
 - E1 Dächer
 - E2 Stützen
 - E3 Aussenwände UG
 - E4 Aussenwände EG+OG
 - E5 Fenster
 - E6 Innenwände Rohbau
- I Installationen und Transportanlagen (I)
 - Elektro, Heizung, Lüftung, Sanitär
- M Ausbau Gebäude (M1, M3 – M5)
 - M1 Trennwände/Innentüren
 - M3 Bodenbeläge
 - M4 Wandbekleidung
 - M5 Deckenbekleidung

Unter den EKG Positionen werden dann die Mengen an verbauten Bauteilen zusammengefasst. Beispielsweise sind in der EKG Position E4 „Aussenwände EG+OG“ die verschiedenen Fassadenaufbauten die wesentlichen Bauteile. Im Sinne einer Vereinfachung werden der Baustellenverschnitt und die Aufwendungen auf der Baustelle (Baumaschinen, Turmkran, Gerüstlift etc.) nicht berücksichtigt. Neben der Bauphase umfasst die Ökobilanz eines Gebäudes auch die Instandhaltung (Ersatzinvestitionen) und den Rückbau des Gebäudes. Gemäss Merkblatt SIA 2032 „Graue Energie von Gebäuden“ (SIA 2010) wird ein Zeitraum von 60 Jahren betrachtet. Nach Ablauf der Amortisationszeit eines Bauteils wird dieses durch ein identisches Bauteil ersetzt. Die Amortisationszeiten der einzelnen Bauteile sind im Merkblatt SIA 2032 (SIA 2010) festgelegt. Die Materialien und die Umweltauswirkungen der Ersatzbauteile werden in der Phase „Instandhaltung“ bilanziert.

Am Ende der Nutzungsdauer des Gebäudes wird dieses rückgebaut und die Materialien werden entsorgt beziehungsweise recycelt. Welche Anteile eines Baumaterials verbrannt deponiert oder recycelt werden ist im Merkblatt SIA 2032 material- beziehungsweise materialgruppen-spezifisch festgelegt und entspricht der heutigen Entsorgungssituation. In den Rückbauprozessen sind durchschnittliche Transportleistungen zur Entsorgungsstelle (KVA, Deponie, Baustoffaufbereitungsanlage) berücksichtigt. Die Entsorgung schliesst sowohl die Materialien, die erstmalig eingebaut wurden, mit ein, als auch sämtliche Materialien, welche zur Instandhaltung verbaut wurden.

Die für die Erstellung, Instandhaltung und den Rückbau benötigten Baustoffe und Bauteile werden in Bezug zur Energiebezugsfläche und zur Amortisationszeit bilanziert.

Der Betrieb ist ebenfalls teil der Ökobilanz eines Gebäudes. Der Betrieb umfasst gemäss Merkblatt SIA 2040 (SIA 2017) die Energieaufwendungen während der Nutzung der Liegenschaft. Unterschieden wird der Energiebedarf für die Raumwärme, für Warmwasser sowie für die Belüftung (und eine allfällige Kühlung) und die übrige Elektrizität.

Ökobilanzierung eines Umbaus eines Gebäudes

Bei einem Umbau werden die Umweltauswirkungen der bestehenden Bausubstanz nicht berücksichtigt. Es werden nur die Auswirkungen der Baustoffe und Bauteile berücksichtigt, die während dem Umbau neu produziert und verbaut werden.

Durch die einheitliche Methodik (KBOB et al. 2015a, b) und Datengrundlagen (KBOB et al. 2016b) sind Ökobilanzen von Gebäuden verlässlich und können zu Planungszwecken und zur Zertifizierung verwendet werden. Heutzutage bestehen jedoch noch Lücken in der Datengrundlage der Haustechnik (Elektro-, Sanitär- und Kälteanlagen). Desweiteren fehlen oft Ökobilanzdaten zu innovativen Baustoffen, die erst seit kurzem auf dem Markt erhältlich sind.

3.3.2 Baustoffe

Der Vergleich der Umweltauswirkung verschiedener Baustoffe erfolgt immer in Bezug auf die zu erfüllende Funktion der Baustoffe (z.B. Traglast, Wärmedämmung, Schallschutz). Die Bezugsgrösse wird funktionelle Einheit genannt (siehe Beispiel im Kasten). Ein Vergleich auf der Basis von je 1 kg Baustoff wird den unterschiedlichen Eigenschaften der Materialien nicht gerecht und ist irreführend (KBOB et al. 2007).

Beispiel funktionelle Einheit:

Ein Vergleich der drei Baustoffe Brettschichtholz, Konstruktionsstahl und Beton kann auf Basis einer identischen Tragfähigkeit erfolgen: Die Umweltauswirkungen eines Trägers mit einer Spannweite von 6 m, einer Länge von 6.5 m, einem Trägerabstand von 3 m und einer Auflast von 5 kN/m² ausgeführt in Brettschichtholz oder Stahl beziehungsweise Beton sollen verglichen werden. Zum Erreichen der erforderlichen Tragfähigkeit wird je nach Baustoff unterschiedlich viel Material verwendet. Ein Vergleich in Bezug auf die zu erfüllende Funktion berücksichtigt diesen Sachverhalt.

Für einen aussagekräftigen Vergleich muss auch die Nutzungsdauer der Baustoffe berücksichtigt werden. Die Nutzungsdauer ist abhängig vom Einsatzort und entspricht deshalb der Nutzungsdauer des Bauteils, in welchem der Baustoff verbaut ist (siehe Unterkapitel 3.3.3).

Der Vergleich von Baustoffen im Rahmen einer Ausschreibung muss auf herstellerspezifischen Daten basieren. Zudem sollte bei importierten Produkten auch der Transport in die Schweiz in den Vergleich mit einbezogen werden. Dies ist insbesondere relevant bei Baustoffen mit geringer Verarbeitungstiefe (Natursteine), vergleichsweise geringem Herstellungsaufwand (Rundholz) oder volumniösen Baustoffen mit einer geringen Dichte (Wärmedämmstoffe). Mit dem Holzrechner wurde ein Instrument geschaffen, mit welchem die Herkunft des Rundholzes sowie das Land der Verarbeitung und die damit verbundenen Transporte bei einem Vergleich berücksichtigt werden können. Die mit dem Holzrechner berechneten Umwelt-Kennwerte können für die Bauteil- und Gebäudebilanz übernommen werden.

3.3.3 Bauteile

Die Umweltauswirkungen von Bauteilen setzen sich aus den Umweltauswirkungen der für die Herstellung des Bauteils verwendeten Baustoffe zusammen. Bei vorgefertigten Bauteilen wie Fensterrahmen und ähnliches werden die Aufwendungen der Fertigung berücksichtigt. Bei der Herstellung des Bauteils benötigtes Kleinmaterial und allfällige Randabschlüsse werden in der Regel vernachlässigt. Die Nutzungsdauern von Bauteilen sind im Merkblatt SIA 2032 festgelegt.

3.3.4 Gebäude

Ein Vergleich von Gebäudevarianten kann auf der Basis der Bauherrenanforderungen erfolgen. Die Vergleichsbasis von Gebäudevarianten ist in der Regel die Energiebezugsfläche, manchmal auch die Bruttogeschossfläche. In Spezialfällen ist auch eine andere Vergleichsbasis möglich, wie beispielsweise Anzahl Spitalbetten.

Planungsinstrumente (beispielsweise die Rechenhilfe für Vorprojekte des Merkblatts SIA 2040 oder die für den Minergie-eco-Nachweis zugelassenen Planungswerkzeuge Bauteilkatalog, Enerweb / 1 eco, Greg, Lesosai und Thermo-e) erleichtern die Bilanzierung eines Gebäudes in der Planungsphase und können damit parallel zum Energienachweis beziehungsweise zur Kostenrechnung durchgeführt werden. Im Hinblick auf das Erfüllen der aus dem Paris-Abkommen 2015 (UNFCCC 2015) zum Klimaschutz ableitbaren deutlichen Reduktion der Treibhausgas-Emissionen sind die Zielwerte für Gebäude gemäss Merkblatt SIA 2040 anzustreben.

4 Hauptaspekte der Umweltauswirkungen von Holz

Die Umweltauswirkungen von Bauteilen aus Holz sind im wesentlichen geprägt von den vorgelagerten Produktionsketten. In Abbildung 4-1 sind die Umweltbelastungen und in Abbildung 4-2 die Treibhausgasemissionen von Brettschichtholz, hergestellt in Deutschland und importiert in die Schweiz, in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro m³ resp. in kg CO₂-Äquivalenten pro m³ ersichtlich.

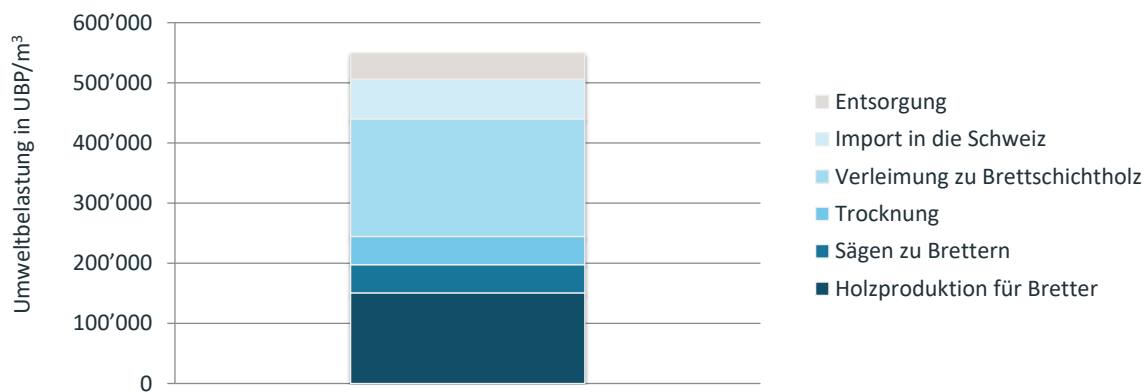


Abbildung 4-1: Umweltbelastung eines m³ Brettschichtholz hergestellt in Deutschland und in die Schweiz importiert.

Am meisten zur Umweltbelastung von Brettschichtholz tragen die Verleimung der getrockneten Bretter zu Brettschichtholz (36 %, inklusive der Herstellung der Leime) und die Holzproduktion für die Bretter, d.h. das Ernten der Bäume (27 %) bei. Das Sägen und die Trocknung der Bretter und die Entsorgungen tragen etwa gleich viel zur Umweltbelastung bei (8-9 %). Der Import in die Schweiz mit einem LKW führt zu einer zusätzlichen Umweltbelastung. Ihr Anteil beträgt 12 %.

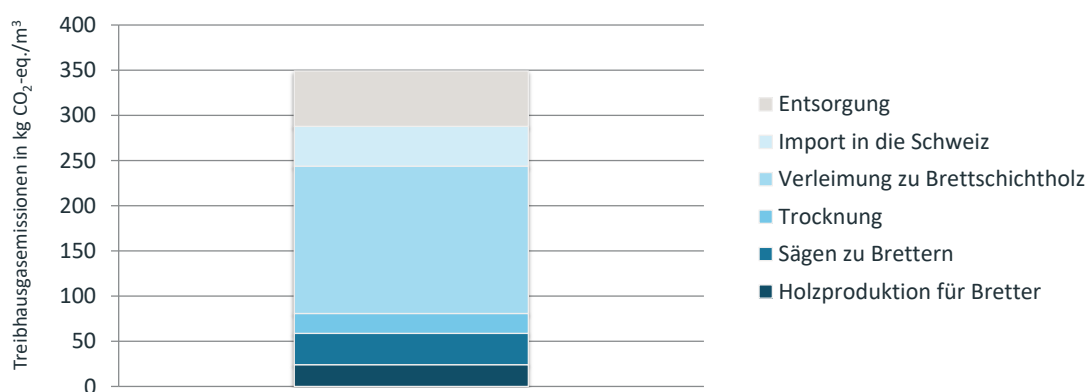


Abbildung 4-2: Treibhausgasemissionen in kg CO₂-eq./m³ Brettschichtholz hergestellt in Deutschland und in die Schweiz importiert.

Werden nur die Treibhausgasemissionen berücksichtigt, verursacht die Verleimung der Bretter zu Brettschichtholz (inkl. Herstellung der Leime) fast die Hälfte der Treibhausgasemissionen. Die Holzproduktion für die Bretter, das Sägen und die Trocknung tragen mit je 6 – 10 % zu den Emissionen bei. 13 % der Treibhausgasemissionen werden durch den Import in die Schweiz mit einem LKW verursacht und weiter 18% durch die Entsorgung des Brettschichtholzes.

Nachfolgend wird auf die Hauptaspekte der Umweltauswirkungen der Forstwirtschaft, der Kammertrocknung, Verleimung und des Transportes der Holzprodukte eingegangen.

Datengrundlage:

Die Sachbilanzdaten zu den Holzprodukten stammen aus Werner (2017) und teilweise Werner et al. (2007). Die Umweltbelastung dieser Holzprodukte und Holzwerkstoffe wurde mit dem aktuellen KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016 (KBOB et al. 2016a) quantifiziert. Die Sachbilanzen zur Produktion dieser Holzprodukte und Holzwerkstoffe wurden für die wichtigsten Importländer von Stamm- und Schnittholz in die Schweiz regionalisiert.

Die Modellierung erfolgt in der Ökobilanz-Software SimaPro v8.5 (PRé Consultants 2018) und gemäss den methodischen Anforderungen der Plattform Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB et al. 2015a). Weitere Informationen zu den Daten und Annahmen sind im Hintergrundbericht dokumentiert (siehe Ramseier & Frischknecht 2020).

Forstwirtschaft

Die Umweltbelastung der Forstwirtschaft gemäss der Methode der ökologischen Knappheit wird wesentlich durch die Landnutzung des Waldes geprägt. Durch die forstwirtschaftliche Nutzung des Waldes wird der natürliche Lebensraum des Waldes verändert und somit die Artenvielfalt beeinträchtigt. Wie stark diese Beeinträchtigung ist, hängt von der Intensität der Nutzung des Waldes ab. Je intensiver der Wald forstwirtschaftlich genutzt wird, desto stärker ist die Beeinträchtigung. Wird ein Wald hingegen extensiv bewirtschaftet, ist die Beeinträchtigung der Artenvielfalt geringer. Es wird davon ausgegangen, dass 50% des Schweizer Waldes extensiv genutzt wird und die Biodiversität nicht beeinträchtigt wird. Vom genutzten Wald wird rund die Hälfte der Auswirkungen der Holzgewinnung, die andere Hälfte weiteren Waldfunktionen (Erholungsraum, Schutzfunktion) zugeordnet (siehe Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013, S. 168ff.). Ebenfalls zur Umweltbelastung tragen die Luftschadstoffe und Treibhausgasemissionen bei, welche durch die Nutzung von Forstmaschinen (Schlepper, Motorsäge, etc.) verursacht werden.

Kammertrocknung

Für die Kammertrocknung des Holzes werden Holzschnitzel aus betriebsinternen Sägeabfällen verwendet (Werner 2017). Ein grosser Teil der Umweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit wird durch die bei der Verbrennung der Holzschnitzel entstehenden Luftschadstoffe (Partikel und NO_x) verursacht. Die eingesetzte Menge an Holzschnitzeln und die damit verbundenen Umweltbelastungen sind abhängig vom angestrebten Restfeuchtegehalt des Holzes, der Holzart und des zu trocknenden Holzproduktes (z.B. Balken, Latten oder Bretter).

Die Erzeugung des während des Trocknungsprozesses verwendeten Stroms ist hauptverantwortlich für die Treibhausgasemissionen der Kammertrocknung. Der Strommix der Länder in denen Holz für den Schweizer Markt verarbeitet wird, unterscheidet sich deutlich. Je nach dem in welchem Land das Holz getrocknet wird, variiert der Anteil des Stromes an den Treibhausgasemissionen der Kammertrocknung.

Verleimung

Die Umweltbelastung der Verleimung wird durch die benötigte Wärme, den verwendeten Strom und die eingesetzten Leime geprägt. Diese drei Komponenten tragen alle etwa ein Drittel zur Umweltbelastung bei.

Bei der Verarbeitung von Brettern beispielsweise zu Brettschichtholz oder Dreischichtplatten werden unterschiedliche Leime eingesetzt. Die Umweltbelastung der Produktion der Leime wird von den Treibhausgasemissionen und den Luftschadstoffen geprägt. Bei Melamin- und Harnstoffformaldehyd basierten Leimen trägt die Herstellung von flüssigem Ammoniak aus Erdgas am meisten zu der Umweltbelastung beziehungsweise zu den Treibhausgasemissionen bei. Bei Vinylacetat basierten Leimen ist es die Herstellung der Essigsäure und deren Ausgangsprodukte, welche einen grossen Anteil der Umweltbelastung verantworten.

Werden nur die Treibhausgasemissionen betrachtet, verursacht der zur Verleimung verwendete Strom die Hälfte der Emissionen. Die Produktion der Leime ist für ein Drittel der Treibhausgasemissionen verantwortlich.

Transport

Die Umweltauswirkungen des Transports sind abhängig von den Distanzen zwischen den Herkunftsländern des Holzes, des Verarbeitungsstandorts und des Standorts der Verwendung in der Schweiz. Zusätzlich hat die Art des Transportmittels (LKW oder Bahn) einen grossen Einfluss auf die Höhe der Umweltauswirkungen. Mit dem Holzrechner können spezifische Angaben zu den zurückgelegten Distanzen und Transportmitteln bei der Berechnung der Umweltauswirkungen von Holzprodukten berücksichtigt werden.

An drei Beispielen von Brettschichtholz aus unterschiedlichen Herkunftsländern des Rundholzes und der Verarbeitungswerke soll der Einfluss des Transports auf die gesamten Umweltauswirkungen aufgezeigt werden. Die Angaben zu den Herkunftsländern des Holzes und zu den Standorten der Verarbeitungswerke sind in Tabelle 4-1 beschrieben.

Tabelle 4-1: Beispiele von Brettschichtholz aus Rundholz von unterschiedlichen Herkunftsländern und verarbeitet an unterschiedlichen Standorten sowie dadurch bedingte unterschiedliche Transportdistanzen.

	Beispiel 1: Schweiz	Beispiel 2: Deutschland	Beispiel 3: Ungarn-Österreich
Herkunft Rundholz	100 % Schweiz	100 % Deutschland	80 % Ungarn, 20 % Österreich
Land des Sägewerks	Schweiz	Deutschland	Ungarn
Land des Brettschichtholzwerkes	Schweiz	Deutschland	Österreich
Transport vom Sägewerk zum Brettschichtholzwerk	150 km (98% LKW, 2% Bahn)	150 km (98 % LKW, 2 % Bahn)	550 km (98 % LKW, 2 % Bahn)
Transport des Produktes in die Schweiz	0 km	650 km (98 % LKW, 2 % Bahn)	600 km (98 % LKW, 2 % Bahn)

Das Brettschichtholz aus Schweizer Holz, welches in der Schweiz verarbeitet wird, verursacht die tiefste Umweltbelastung (siehe Abbildung 4-3). Das Brettschichtholz aus Ungarn und Österreich verursacht eine um 38 % höher Umweltbelastung als das in der Schweiz produzierte Brettschichtholz. Hauptverantwortlich dafür ist vor allem die durch den Transport verursachte Umweltbelastung. Während der Transport im Beispiel 1 10% zu den Umweltbelastungen beiträgt, sind es im Beispiel 3 38 %. Die Umweltbelastung verursacht durch Herstellung und Entsorgung unterscheiden sich bei diesen drei Beispielen nur geringfügig.

Hauptaspekte der Umweltauswirkungen von Holz

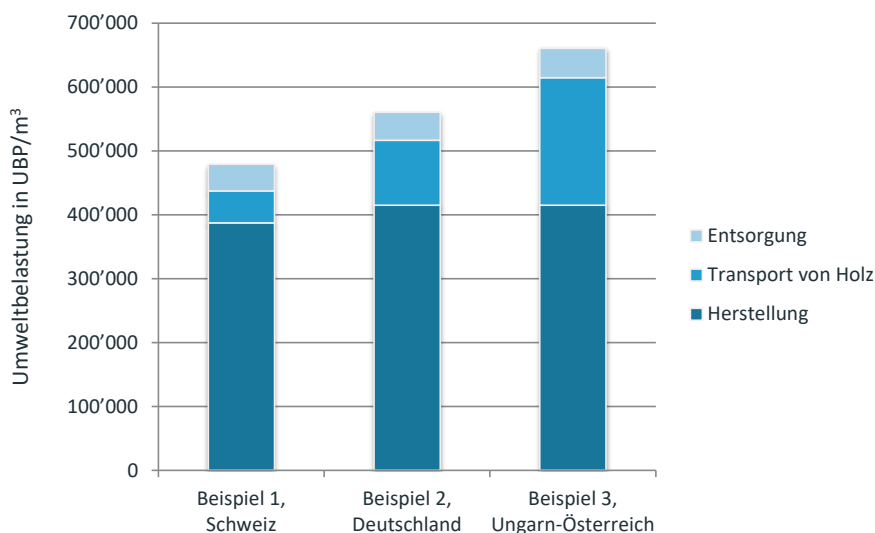


Abbildung 4-3: Umweltbelastung von 1 m³ Brettschichtholz aus der Schweiz (Beispiel 1), Deutschland (Beispiel 2) und Ungarn und Österreich (Beispiel 3).

Der Vergleich der Treibhausgasemissionen von in der Schweiz und im Ausland produziertem Brettschichtholz ist in Abbildung 4-4 dargestellt. Das in der Schweiz produzierte Brettschichtholz verursacht die wenigsten und das Brettschichtholz aus Ungarn und Österreich die meisten Treibhausgasemissionen. Die Reihenfolge ist also dieselbe wie bei der Umweltbelastung, wobei die Unterschiede zwischen Schweizer und ausländischem Holz deutlich grösser sind. Das Brettschichtholz aus Ungarn und Österreich verursacht 79 % mehr Treibhausgasemissionen als das in der Schweiz produzierte Brettschichtholz. Während der Transport im Beispiel 1 16% zu den Treibhausgasemissionen beiträgt sind es im Beispiel 3 35 %.

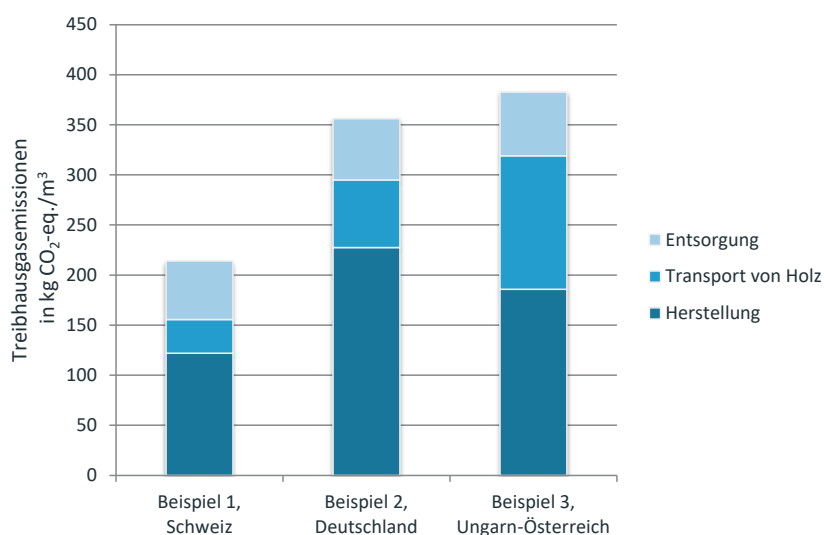


Abbildung 4-4: Treibhausgasemissionen von 1 m³ Brettschichtholz aus Schweiz (Beispiel 1), Deutschland (Beispiel 2) und Ungarn und Österreich (Beispiel 3).

5 Faustregeln aus Umweltsicht für den Einsatz von Holz am Bau

Aus Umweltsicht lassen sich die folgenden Faustregeln für den Einsatz von Holz am Bau formulieren:

- Ein konstruktiver Witterungsschutz bei der Aussenanwendung von Holz ermöglicht eine längere Nutzungsdauer. Eine längere Nutzungsdauer wirkt sich positiv auf die Ökobilanz von Gebäuden aus, da die Bauteile weniger oft ersetzt werden müssen.
- Statisch effiziente Konstruktionen (vertikale Lastabtragung, keine Stützen auf Decken)
- Holzgerechte Konstruktionen (Spannweiten, Stützenlast)
- Regionale Beschaffung des Holzes und Verarbeitung zu Holzprodukten in der Region führt zu kurzen Transportwegen
- Das Holz sollte aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern stammen;
- Einsatz formaldehydfreier Leime bei der Produktion von Holzbauteilen;
- Auf imprägnierte Holzbauteile sollte verzichtet werden.

6 Instrumente und Informationen

Folgende Instrumente stehen Planenden für die Abschätzung der Umweltauswirkungen von Baustoffen, Bauteilen oder Gebäude zur Verfügung:

- Rechenhilfe für Vorprojekte des Merkblatts SIA 2040
- Planungsinstrumente: Eco-Devis, Eco-BKP, Eco-Produkte, Bauteilkatalog, Enerweb/1eco, Greg, Lesosai, Thermo
- Labels und Nachweise: Minergie-Eco, Minergie-A und Minergie-P; Label und Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (LNBS und SNBS)

Daten und weitere Informationen zur Ökobilanzierung von Gebäuden:

- KBOB-Empfehlung 2009/1:2016 (KBOB et al. 2016b)
- Merkblatt SIA 2032: Graue Energie von Gebäuden (SIA 2010)
- Merkblatt SIA 2040: SIA-Effizienzpfad Energie (SIA 2017)

7 Literatur

- Frischknecht R. and Büsser Knöpfel S. (2013) Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 1330. Bundesamt für Umwelt, Bern, retrieved from: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01750/index.html?lang=de>.
- Frischknecht R., Wyss F., Büsser Knöpfel S., Lützkendorf T. and Balouktsi M. (2015) Cumulative energy demand in LCA: the energy harvested approach. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment*, **20**(7), pp. 957-969, 10.1007/s11367-015-0897-4, retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-015-0897-4>.
- International Organization for Standardization (ISO) (2006a) Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. ISO 14040:2006; Second Edition 2006-06, Geneva, Switzerland.
- International Organization for Standardization (ISO) (2006b) Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. ISO 14044:2006; First edition 2006-07-01, Geneva, Switzerland.
- IPCC (2013) The IPCC fifth Assessment Report - Climate Change 2013: the Physical Science Basis. Working Group I, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland.
- KBOB, eco-bau and IPB (2007) KBOB-Empfehlung 2007/1: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand Dezember 2006. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: <https://www.eco-bau.ch/index.cfm?Nav=17&ID=46>.
- KBOB, eco-bau and IPB (2015a) Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz, Version 3.0. Plattform "Ökobilanzdaten im Baubereich", KBOB, eco-bau, IPB, Bern, retrieved from: http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/Oekobilanzdaten/Plattform_OeDB_Memo_Produktspezifische%20Regeln_v3%200.pdf.
- KBOB, eco-bau and IPB (2015b) Regeln für die Ökobilanzierung von Gebäuden in der Schweiz, Version 1.0. Plattform "Ökobilanzdaten im Baubereich", KBOB, eco-bau, IPB, Bern, retrieved from: http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/Gebaedespezifische_Regeln.pdf.
- KBOB, eco-bau and IPB (2016a) KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016; Grundlage für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2016: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand 2016. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- KBOB, eco-bau and IPB (2016b) KBOB-Empfehlung 2009/1:2016: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand Juli 2016. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=de>.
- PRé Consultants (2018) SimaPro 8.5.2, Amersfoort, NL.
- Ramseier L. and Frischknecht R. (2020) Hintergrundbericht Holzrechner. treeze Ltd., im Auftrag der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB, Uster, CH.
- SIA (2010) Merkblatt 2032: Graue Energie von Gebäuden. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich.
- SIA (2017) Merkblatt 2040: SIA-Effizienzpfad Energie. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich.
- SN 508502 (1995) SN 508 502:1995 - Elementkostengliederung EKG (ed. Bauwesen C. S. f. d.), Zürich.
- UNFCCC (2015) Adoption of the Paris Agreement, Vol. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1 (ed. (UNFCCC) U. N. F. C. o. C. C.), Paris.
- WAG (2017) Bundesgesetz über den Wald (WaG). 921.0. Schweizerischer Bundesrat, Bern.

WAV (2017) Verordnung über den Wald (WaV). 921.01. Schweizerischer Bundesrat, Bern.

Werner F., Althaus H.-J., Künniger T., Richter K. and Jungbluth N. (2007) Life Cycle Inventories of Wood as Fuel and Construction Material. ecoinvent report No. 9, v2.0. EMPA Dübendorf, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.

Werner F. (2017) Background report for the life cycle inventories of wood and wood based products for updates of ecoinvent 2.2. Werner Environment & Development, Zürich, CH.