Umwelt-Produktdeklaration

nach ISO 14025

Brettschichtholz (BS-Holz)

Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.

Deklarationsnummer
EPD-SHL-2010111-D

Institut Bauen und Umwelt e.V.
www.bau-umwelt.com

Institut Bauen
und Umwelt e.V.

Kurzfassung

Umwelt-Produktdeklaration

Environmental Product-Declaration

Programmhalter

Institut Bauen und Umwelt e.V.
www.bau-umwelt.com

Deklarationsinhaber

Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.
Elfriede-Stremmel-Straße 69
D-42369 Wuppertal
www.brettschichtholz.de

Deklarationsnummer

EPD–SHL–2010111–D

Deklarierte Bauprodukte

Brettschichtholz (BS-Holz)

Diese Deklaration ist eine Umwelt-Produktdeklaration gemäß ISO 14025 und beschreibt die Umweltleistung der hier genannten Bauprodukte. Sie soll die Entwicklung des umwelt- und gesundheitsverträglichen Bauens fördern. In dieser validierten Deklaration werden alle relevanten Umweltdaten offen gelegt. Die Deklaration beruht auf dem PCR Dokument ‚Vollholzprodukte', April 2010

Gültigkeit

Diese validierte Deklaration berechtigt zum Führen des Zeichens des Instituts Bauen und Umwelt. Sie gilt ausschließlich für die genannten Produkte, ein Jahr vom Ausstellungsdatum an. Der Deklarationsinhaber haftet für die zugrunde liegenden Angaben und Nachweise.

Inhalt der Deklaration

Die **Deklaration** ist vollständig und enthält in ausführlicher Form:

- Produktdefinition und bauphysikalische Angaben
- Angaben zu Grundstoffen und zur Stoffherkunft
- Beschreibungen zur Produktherstellung
- Hinweise zur Produktverarbeitung
- Angaben zum Nutzungszustand, außergewöhnlichen Einwirkungen und Nachnutzungsphase
- Ökobilanzergebnisse
- Nachweise und Prüfungen

Ausstellungsdatum

10. November 2010

Unterschriften

Prof. Dr.-Ing. Horst J. Bossenmayer (Präsident des Institut Bauen und Umwelt)

Prüfung der Deklaration

Diese Deklaration und die zugrundegelegten Regeln wurden gemäß ISO 14025 durch den unabhängigen Sachverständigenausschuss (SVA) geprüft.

Unterschriften

Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Vorsitzender des SVA)

Dr. Frank Werner (Prüfer vom SVA bestellt)

Kurzfassung

Umwelt-Produktdeklaration

Environmental Product-Declaration

Produktbeschreibung

Brettschichtholz (BS-Holz) ist ein industriell gefertigtes Produkt für tragende Konstruktionen. BS-Holz besteht aus mindestens drei faserparallel miteinander verklebten getrockneten Brettern oder Brettlamellen aus Nadelholz. Es ist infolge der Festigkeitssortierung des Ausgangsmaterials und der Homogenisierung durch schichtweisen Aufbau vergütet und hat bis zu 50% höhere Tragfähigkeiten als übliches Bauholz.

Anwendungsbereich

Brettschichtholz findet Anwendung als tragendes Bauteil in Konstruktionen des Hoch- und Brückenbaus.

Rahmen der Ökobilanz

Die Ökobilanz wurde nach DIN ISO 14040 ff. entsprechend den Anforderungen des IBU-Leitfadens zu Typ-III-Deklarationen durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten der untersuchten Produkte sowie Daten aus der Datenbank „GaBi 4“ herangezogen. Die Ökobilanz umfasst die Rohstoff- und Energiegewinnung, Rohstofftransporte, die eigentliche Herstellungsphase inkl. Verpackungen und deren Entsorgung sowie das End of Life in einem Biomassekraftwerk mit Energierückgewinnung. Deklariert wird 1m³ Brettschichtholz in Form von Standardware und Sonderformen.

Ergebnisse der Ökobilanz

BS-Holz Standardware (m³)

Auswertgröße	Einheit pro m³	Herstellung	End of Life	Total
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	9,70E+03	-6,91E+01	9,63E+03
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	3,99E+03	-6,38E+03	-2,38E+03
Eutrophierungspotential	[kg Phosphat-Äqv.]	1,57E-01	-1,85E-03	1,55E-01
Ozonabbaupotential	[kg R11-Äqv.]	2,71E-05	-1,45E-05	1,26E-05
Photochem. Oxidantienbildungspot.	[kg Ethen-Äqv.]	8,08E-02	-2,81E-02	5,28E-02
Treibhauspotential	[kg CO_2-Äqv.]	-5,73E+02	4,26E+02	-1,47E+02
Versauerungspotential	[kg SO_2-Äqv.]	9,14E-01	-1,95E-01	7,19E-01

BS-Holz Sonderformen (m³)

Auswertgröße	Einheit pro m³	Herstellung	End of Life	Total
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	1,06E+04	-6,91E+01	1,06E+04
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	4,75E+03	-6,38E+03	-1,63E+03
Eutrophierungspotential	[kg Phosphat-Äqv.]	2,33E-01	-1,85E-03	2,32E-01
Ozonabbaupotential	[kg R11-Äqv.]	3,27E-05	-1,45E-05	1,82E-05
Photochem. Oxidantienbildungspot.	[kg Ethen-Äqv.]	9,32E-02	-2,81E-02	6,52E-02
Treibhauspotential	[kg CO_2-Äqv.]	-5,18E+02	4,26E+02	-9,28E+01
Versauerungspotential	[kg SO_2-Äqv.]	1,11E+00	-1,95E-01	9,16E-01

Erstellt durch Johann Heinrich von Thünen Institut, Hamburg
in Zusammenarbeit mit der Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.

vTI
Johann Heinrich
von Thünen-Institut

Nachweise und Prüfungen

Zusätzlich sind die Ergebnisse folgender Prüfungen in der Umwelt-Produktdeklaration dargestellt:

- Formaldehyd
- MDI (Diphenylmethan-4,4’-diisocyanat)

Produktgruppe:	Vollholzprodukte	Erstellung
Deklarationsinhaber:	Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.	10-11-2010
Deklarationsnummer:	EPD–SHL–2010111–D	

Geltungsbereich

Dieses Dokument bezieht sich auf durchschnittliches Brettschichtholz, hergestellt durch die Mitglieder der Studiengemeinschaft Brettschichtholz e.V.

Es wurden Daten von insgesamt 12 Mitgliedern des Verbandes erhoben, die zusammen etwa 50% der im Verband hergestellten BS-Hölzer produzieren (Tabelle 1). Die Struktur der teilnehmenden Unternehmen (Größenverhältnisse, Produktportfolio) entspricht der Struktur der übrigen 50% der Unternehmen Die Ergebnisse können daher als repräsentativ für die Produktion an BS-Holz der Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. betrachtet werden.

Tabelle 1: Mitgliedsunternehmen der Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., die Daten zur Verfügung gestellt haben.

Unternehmen
Gebr. Schütt KG
Grossmann Bau GmbH & Co.KG
Haas Fertigbau GmbH
Hördener Holzwerke GmbH
Hüttemann Holz GmbH & Co. KG
Nordlam GmbH
Paul Stephan GmbH
Poppensieker& Derix GmbH & Co
Timmermann GmbH
Ulrich Zeh GmbH & Co. KG
W. u. J. Derix GmbH & Co.
Wiedmann Ing.-Holzleimbau

1 Produktdefinition

Produktdefinition

BS-Holz ist ein industriell gefertigtes Produkt für tragende Konstruktionen. BS-Holz besteht aus mindestens drei faserparallel miteinander verklebten getrockneten Brettern oder Brettlamellen aus Nadelholz. Es ist infolge der Festigkeitssortierung des Ausgangsmaterials und der Homogenisierung durch schichtweisen Aufbau vergütet und hat bis zu 50% höhere Tragfähigkeiten als übliches Bauholz. BS-Holz ist bedingt durch seine Herstellung ein sehr formstabiler und weitgehend rissminimierter Baustoff. Neben einfachen, geraden Bauteilen (Standardware) sind Formen mit variablem Querschnitt und/oder einfacher Krümmung üblich (Sonderformen). Auch doppelt gekrümmte und tordierte Bauteile sind möglich.

Anwendung

Brettschichtholz findet Anwendung als tragendes Bauteil in Konstruktionen des Hoch- und Brückenbaus.

Produktnorm / Zulassung

Brettschichtholz wird gemäß DIN 1052:2004-08 oder DIN EN 14080: 2005 hergestellt, überwacht und gekennzeichnet. Die oben genannten Normen enthalten auch die Angaben zu den Produkteigenschaften.

Gütesicherung

Erstprüfung, Eigen- und Fremdüberwachung gemäß DIN 1052:2008-12 oder DIN EN 14080: 2005. Für die Produkte gemäß DIN 1052:2008 ist zusätzlich der Nachweis der Eignung zum Kleben tragender Bauteile (Leimgenehmigung) zu erbringen.

Lieferzustand, Eigenschaften

Eigenschaft	Norm	Ausprägung
Holzart:	EN 1912	Es kommt Fichten-, Tannen, Kiefer, Lärchen- und Douglasienholz zur Anwendung
Holzfeuchte:	EN 13183-1	Die durchschnittliche Holzfeuchte der Produkte beträgt etwa 12%, was einem Wasseranteil von etwa 11% entspricht.
Holzschutzmittelverwendung:	DIN 68800-3	Es werden Holzschutzmittel mit den Prüfprädikaten Iv und P eingesetzt.
Maßtoleranzklasse	DIN EN 336	Es gilt die Maßtoleranzklasse 2
Oberflächenqualität		Die Produkte können gemäß BS-Holz-Merkblatt in Auslesequalität, Sichtqualität oder Industriequalität hergestellt werden.
Eignung für Nutzungsklassen	DIN 1052 oder DIN EN 1995-1-1	Das Produkt ist für die Nutzungsklassen 1, 2 und 3 anwendbar.
Liefergrößen		Die Produkte können in den folgenden Maßen gefertigt werden: Min Höhe: 100mm Max Höhe: 400mm (Standardware) 2.400mm und mehr (Sonderformen) Min Breite: 60mm Max Breite:180mm (Standardware) 240mm und mehr (Sonderformen) Max Länge:16m (Standardware) 50m und mehr (Sonderformen)

Festigkeitsklasse nach DIN 1052	GL24h	GL28c	GL32c
Charakteristische Werte der Festigkeit			
Biegung [N/mm²]	24	28	32
Zug parallel [N/mm²]	16,5	16,5	19,5
Zug rechtwinklig [N/mm²]	0,5	0,5	0,5
Druck parallel [N/mm²]	24	24	26,5
Druck rechtwinklig [N/mm²]	2,7	2,7	3,0
Schub und Torsion [N/mm²]	2,5	2,5	2,5
Elastizitätsmodul -			
parallel [N/mm²]	11600	12600	13.700
rechtwinklig [N/mm²]	390	390	420
Schubmodul [N/mm²]	720	720	780
Charakteristischer Wert der Rohdichte			
Rohdichte [kg/m³]	380	380	410

Eignung für Gefährdungsklassen nach DIN 68800-3				
Holzschutz		**kein**	**Iv**	**Iv, P**
Holzart	**Fichte**	**0**	**1**	**2**
	Tanne	**0**	**1**	**2**
	Kiefer[1)]	**2**	**X**	**X**
	Lärche[1)]	**3.1**	**X**	**X**
	Douglasie[1)]	**3.1**	**X**	**X**

[1)] Angabe bezieht sich auf das Kernholz und Gebrauchsklassen gemäß DIN 68800-3

2 Grundstoffe

Grundstoffe Vorprodukte

Hilfsstoffe / Zusatzmittel

Brettschichtholz besteht aus mindestens drei faserparallel miteinander verklebten getrockneten Brettern oder Brettlamellen aus Nadelholz. Für die grundsätzlich duroplastische Verklebung werden Melamin-Harnstoff–Formaldehyd-Klebstoffe (MUF) oder Polyurethan-Klebstoffe (PUR) sowie in kleineren Anteilen Phenol-Resorzin-Formaldehyd-Klebstoffe (PRF) oder Emulsion-Polymer-Isocyanat-Klebstoffe (EPI) eingesetzt . Die für die Umwelt-Produktdeklaration gemittelten Anteile an Inhaltsstoffen je m³ BS-Holz betragen:

- Nadelholz, vorwiegend Fichte
- Wasser ca. 10,5%
- MUF Klebstoffe ca. 1,9%
- PRF Klebstoffe ca. 0,06%
- PUR Klebstoffe ca. 0,06%
- Witterungsschutz ca. 0,01%

Stofferläuterung

Holzmasse: Zur Produktion von BS-Holz wird vorgetrocknetes oder frisches Nadelschnittholz verwendet.

MUF Klebstoffe:. Hauptsächlich werden Melamin-Harnstoff-Formaldehydharze in der Brettschichtholzproduktion sowohl für die Flächenverleimung als auch für die Längsverleimung der Lamellen eingesetzt. Die feuchtigkeitsbeständigen Klebstoffe werden hierbei als kalthärtende Klebstoffe eingesetzt.

PRF Klebstoffe: Phenol-Resorzin-Formaldehyd Harze (PRF) sind kalt- oder heißhärtende, feuchtigkeitsbeständige Polykondensationsklebstoffe.

PUR Klebstoffe: Für den Holzbau werden vor Allem 1-komponentige PUR verwendet, die durch Reaktion mit der im Holz bestehende Feuchtigkeit aushärten. Vorteile dieser Verarbeitungsweise sind die sichere Lagerung und Applikation. Grundstoffe der 1-komponentigen PUR-Klebstoffe sind kurzkettige, flüssige Polymere (so genannte Pre-Polymere), die aus der Umsetzung von Polyether-Polyolen mit Di- oder Polyisocyanaten hergestellt werden.

Witterungsschutz: Der Einbau von Brettschichtholz geschieht zunehmend ohne den Einsatz chemischer Holzschutzmittel. Da jedoch die Träger in vielen Fällen sichtbar innerhalb der Konstruktion verbleiben, wird in den meisten Fällen ein Schutzlack aufgetragen, der Verfärbungen bzw. bleibende Verunreinigungen durch Transport und Montage verhindern soll. Hierbei wird ein sogenannter „Leimbinderschutz“ verwendet, der in der Regel dem Aufbau eines leicht pigmentierten wasserbasierten Lacks entspricht.

Rohstoffgewinnung und Stoffherkunft

Für die Herstellung von Brettschichtholz werden Nadelhölzer aus Deutschland bzw. dem europäischen Ausland bezogen. Die durchschnittlichen Transportentfernungen für das bezogene Schnittholz liegen in Abhängigkeit von der Holzfeuchte zwischen 250 und 1000 km. Zusatzstoffe werden überwiegend über regionale Anbieter bezogen.

Regionale und allgemeine Verfügbarkeit der Rohstoffe

Holz ist ein nachwachsender Rohstoff, der aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern stammt. Die verwendeten Klebstoffe werden aus fossilem Erdöl hergestellt, dessen Verfügbarkeit beschränkt ist.

3 Produktherstellung

Produkt-herstellung

Für die Herstellung von Brettschichtholz wird konventionelles Schnittholz zunächst auf etwa 12% Holzfeuchte getrocknet, vorgehobelt und visuell bzw. maschinell nach Festigkeit sortiert. Identifizierte Brettabschnitte mit festigkeitsvermindernden Stellen werden abhängig von der erwünschten Festigkeitsklasse ausgekappt und die entstandenen Bretter durch Keilzinkenverbindung zu endlos langen Lamellen gestoßen. Im darauf folgenden Vorhobelprozess werden die Lamellen auf bis zu 45 mm Stärke gehobelt, um nach Beleimung der Breitseite im geraden oder gekrümmten Pressbett zu mindesten 3-lagigen Brettschichtholzrohlingen verpresst zu werden. Nach Aushärtung wird der Rohling gehobelt, gefast, abgebunden und verpackt. Bei Bedarf kann eine Behandlung mit Witterungs- bzw. Holzschutzmitteln erfolgen.

Gesundheits-schutz Herstellung

Maßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsgefährdungen / -belastungen während des Herstellungsprozesses:

Aufgrund der Herstellungsbedingungen sind keine über die gesetzlichen und anderen Vorschriften hinausgehenden Maßnahmen zum Gesundheitsschutz erforderlich. Die MAK-Werte (Deutschland) werden an jeder Stelle der Anlagen deutlich unterschritten.

Umweltschutz Herstellung

Luft: Die produktionsbedingt entstehende Abluft wird entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen gereinigt. Emissionen liegen deutlich unterhalb der deutschen TA Luft.

Wasser/Boden: Wasser wird beispielweise in zur Nasslagerung der Hölzer verwendet. Belastungen von Wasser und Boden entstehen nicht. Produktionsbedingte Abwässer werden intern wieder aufbereitet und der Produktion wieder zugeführt.

Schallschutzmessungen haben ergeben, dass alle innerhalb und außerhalb der Produktionsanlagen ermittelten Werte weit unterhalb der für Deutschland geltenden Anforderungen liegen. Lärmintensive Anlagenteile wie die Zerspanung sind durch bauliche Maßnahmen entsprechend gekapselt.

4 Produktverarbeitung

Verarbeitungs-empfehlungen

Brettschichtholz kann mit den üblichen für die Vollholzbearbeitung geeigneten Werkzeugen bearbeitet werden. Nähere Informationen sind unter:

http://www.brettschichtholz.de verfügbar.

Arbeitsschutz Umweltschutz

Bei der Verarbeitung von Brettschichtholz sind die üblichen Arbeitsschutzmaßnahmen (Arbeitshandschuhe, Staubmaske bei Schleifarbeiten, Staubabsaugung, etc.)zu tragen. Bei gewerblicher Verarbeitung sind die Bestimmungen der Berufsgenossenschaft zu beachten

Restmaterial

Anfallendes Restmaterial und Verpackungen: Unbehandeltes Brettschichtholz wird nach Anhang III der Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (AltholzV) vom 15.02.2002 dem Abfallschlüssel 17 02 01 zugeordnet (Behandeltes Brettschichtholz je nach Holzschutzmitteltyp Abfallschlüssel 17 02 04). Bei energetischer Verwertung sind die Anforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes zu beachten. Eine Deponierung von Altholz darf nach §9 AltholzV nicht erfolgen.

Verpackung

Es werden Polyethylen- sowie PVC- Folien verwendet (Abfallschlüssel 15 01 02). Zusätzlich kann eine Bereifung mit Metallbändern erfolgen (Abfallschlüssel 15 01 04).

5 Nutzungszustand

Inhaltsstoffe

Inhaltsstoffe im Nutzungszustand:

Die Zusammensetzung für den Zeitraum der Nutzung entspricht der Grundstoffzusammensetzung unter Kap. 2. „Grundstoffe“.

In Hinblick auf Formaldehyd gilt Brettschichtholz auf Grund seines Klebstoffgehaltes, seiner Struktur und seiner Verwendungsform als emissionsarm. Die vorliegende Auswertung bestätigt diese Annahme:

Mit MUF-Klebstoffen verleimtes Brettschichtholz gibt nachträglich Formaldehyd ab. Gemessen am Grenzwert der Chemikalienverbotsverordnung von 0,1 ml/m³ sind die Werte nach Prüfung (DIN EN 717-1) als niedrig einzustufen. Sie liegen im Mittel um 0,01 ml/m³ und können in Einzelfallen bis etwa 0,02 ml/m³ betragen.

Mit PUR-Klebstoffen verleimtes Brettschichtholz weist Formaldehydemissionswerte im Bereich des naturbelassenen Holzes auf (um 0,004 ml/m^3). Der Emissionsgrenzwert von 0,1 ml/m^3 wird stets deutlich unterschritten. Eine Abgabe von MDI ist bei mit PUR-Klebstoffen verklebtem Brettschichtholz im Rahmen der Nachweisgrenze von 0,05 µg/m³ nicht messbar (siehe Kapitel 9 Nachweise). Auf Grund der hohen Reaktivität des MDI gegenüber Wasser (Luft- und Holzfeuchte) ist davon auszugehen, dass derartig verleimtes Brettschichtholz bereits kurze Zeit nach Herstellung eine Emission vom MDI im Bereich des Nullwertes aufweist.

Wirkungs-Beziehungen

Umweltschutz:

Umwelt - Gesundheit

Gefährdungen für Wasser, Luft und Boden können bei bestimmungsgemäßer Anwendung der beschriebenen Produkte nach heutigem Erkenntnisstand nicht entstehen.

Gesundheitsschutz:

Eine Gefährdung für die Gesundheit ist bei normaler, dem Verwendungszweck entsprechender Nutzung nicht zu erwarten.

Nutzungsdauer

Bei vorgesehener Nutzung ist kein Ende der Beständigkeit bekannt. Die Nutzungsdauer von Brettschichtholz liegt somit bei bestimmungsgerechter Verwendung bei der Nutzungsdauer des Gebäudes.

6 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand

Brandverhalten**:** Brandklasse D nach EN 13501-1
Rauchklasse s2 – normale Rauchentwicklung
d0 – nicht tropfend

Wassereinwirkung

Es werden keine Inhaltsstoffe ausgewaschen, die wassergefährdend sein könnten.

Mechanische Zerstörung

Das Bruchbild von Brettschichtholz weist ein für Vollholz typische Erscheinung auf.

7 Nachnutzungsphase

Wiederverwendung

Brettschichtholz kann im Falle eines selektiven Rückbaus nach Beendigung der Nutzungsphase problemlos wieder- oder weiterverwendet werden.

Weiterverwertung

Kann Brettschichtholz keiner Wiederverwertung zugeführt werden, ist bedingt durch den hohen Heizwert von ca. 19 MJ/kg eine thermische Verwertung zur Erzeugung von Prozesswärme und Strom einer Deponierung vorzuziehen. In Deutschland ist die Deponierung von Altholz nach der Altholzverordnung verboten.

Brettschichtholz aus Abbrucharbeiten wird dem Abfallschlüssel (170204), Brettschichtholz aus dem Baustellenbetrieb dem Abfallschlüssel (170201) nach Europäischem Abfallkatalog (EAK) zugeordnet.

8 Ökobilanz

8.1 Herstellung von Brettschichtholz

Deklarierte Einheit

Die deklarierte Einheit der ökologischen Betrachtung ist die Bereitstellung von 1 m³ Brettschichtholz in Form von Standardware oder Sonderformen. Die Bereitstellung erfolgt bis zum Werkstor der Brettschichtholzherstellung.

Systemgrenzen

Die gewählte Systemgrenze umfasst die Herstellung der Brettschichtholzträger einschließlich der Rohstoffgewinnung bis zum fertig verpackten Produkt am Werkstor (cradle to gate). Die deklarierte Einheit beinhaltet nicht die für die spätere Verwendung nötigen Beschläge, sondern ist ausschließlich durch die in Abschnitt Grundstoffe benannten Stoffe definiert. Verpackungen werden ökobilanziell insofern berücksichtigt, als dass die Entsorgung der Produktverpackung bereits dem Hersteller von BS-Holz angelastet wird.

Die Nutzungsphase wurde nicht betrachtet.

Zur Untersuchung des End of Life wurde ein Szenario mit einer thermischen Verwertung inklusive Energierückgewinnung in einem für die Behandlung von Altholz typischen Biomassekraftwerk angenommen. Es wurde hierbei eine Systemerweiterung mit Substitution fossiler Energie berechnet. Die Ergebnisse dieses Szenarios sind als Potentiale der Energierückgewinnung zu sehen.

Abschneidekriterium

Die Relevanz der Stoffströme der BS-Holzherstellung wurde auf Grundlage bereits bestehender Veröffentlichungen zur BS-Holzproduktion und Schnittholzherstellung abgeschätzt. Es wurden hierbei alle Prozesse beachtet, deren gesamter Beitrag zum Endergebnis in allen zu betrachtenden Wirkungskategorien größer 1 % ist.

Zur Prüfung der Vollständigkeit der erhobenen Daten wurden Plausibilitätsprüfungen auf Basis vorhandenen Kennwerte zur BS-Holzproduktion sowie auf Vergleichen zwischen allen im Rahmen der Erhebung berücksichtigten Werken durchgeführt.

Transporte

Die relevanten Transporte der eingesetzten Roh- und Hilfsstoffe wurden berücksichtigt.

Betrachtungszeitraum

Alle erhobenen Daten der Brettschichtholzproduktion wurden über 12 Monate des Kalenderjahres 2007 gemittelt.

Hintergrunddaten

Die Datenbasis für die Produktion wurde durch die an der Datenerhebung beteiligten Werke zur Verfügung gestellt. Die gesamte Forst-Holz-Kette wurde aus den Studien (Rüter 2007, Frühwald 2000, Schweinle & Thoroe 2001) entnommen. Die Datenbasis GaBi wurde für Energieerzeugung, Zusatzstoffe und Transporte verwendet.

Annahmen

Den Ergebnissen der Ökobilanz liegen folgende Annahmen zu Grunde.

Aufwendungen im Forst werden für alle europäischen Länder als gleich angenommen. Datengrundlage stellt die Studie von (Schweinle & Thoroe 2001) dar.

Nach Ende der Nutzung werden 100% der Produktmasse einer thermischen Verwertung zugeführt.

- die durchschnittliche Transportentfernung der Zusatzstoffe beträgt 50km,
- die durchschnittliche Transportentfernung bis zur Abfallverwertung beträgt 20 km.

Datenqualität

Alle Sachbilanzdaten der Brettschichtholzproduktion stammen aus direkten Angaben der Unternehmen und wurden stichprobenartig durch Werksbegehungen und Vorlage einzelner Berichte verifiziert. Zudem wurden Plausibilitätsprüfungen durchgeführt, so dass die erhobenen Daten als qualitativ sehr hochwertig eingestuft werden können.

Für die Zusammenstellung aller relevanten Informationen zur Berechnung der Ökobilanz wurden primäre Daten der Brettschichtholzproduktion genutzt. Basis sind die Sachbilanzdaten von insgesamt 12 Werken mit einer Gesamtproduktion von etwa 200.000 m^3 Standardware und 100.000 m³ Sonderformen im Jahr 2007. Die Datenaufnahme erfolgte mittels Fragebögen und individuellen Werksbegehungen in ausgesuchten Betrieben. Sekundäre Daten wurden für die Berechnung der Umweltwirkung aller sonstigen Stoff- und Energieströme genutzt, die innerhalb der Systemgrenzen anfallen.

Allokation

Als Allokation wird die Zuordnung der Input- und Outputflüsse eines Ökobilanzmoduls auf das untersuchte Produktsystem verstanden /ISO 14040/.

Für das betrachtet System der Herstellung und Entsorgung von Brettschichtholz sind auf Grund der Vielzahl von Produkten aus den jeweiligen Werken, einzelne Aufwendungen auf das Produkt Brettschichtholz zu allozieren. Hierbei wurden alle Aufwendungen, die physikalisch eindeutig zuzuordnen waren, auf die Produkte verteilt. Physikalisch nicht eindeutig zuzuordnende Aufwendungen wurden auf Basis der Produktpreise oder der Produktmasse zugeordnet.

Allokationen in der Forstkette und im Sägewerk erfolgen auf Basis der Produktpreise. Zur Wahrung der Massenkonsistenz wurde der im Holz gespeicherte Kohlenstoff als Material inhärente Eigenschaft modelliert. Das gleiche gilt für die im Holz enthaltende Energie.

Hinweise zur Nutzungsphase

Die Nutzungsphase von Brettschichtholz ist für jede individuelle Anwendung verschieden und ist nicht Teil der Ökobilanz.

8.2 Thermische Verwertung von Brettschichtholz

Wahl des Entsorgungsverfahrens

Für die Entsorgungsphase wurde eine Systemerweiterung über die Nutzung der thermischen Energie in einem Heizkraftwerk durchgeführt. Hierbei werden 100% des Brettschichtholzes nach erfolgter Nutzung einer thermischen Verwertung zugeführt. Dabei werden bei der Verbrennung von 1 t BS-Holz mit 15% Holzfeuchte 8882,4 MJ Dampf sowie 237,6 kWh Strom erzeugt.

Gutschriften

Auf die Energieerzeugung wird der Substitutionsansatz angewendet. Der erzeugte Strom und die erzeugte Wärme werden gemäss PCR in geeigneter Weise mit Gutschriften versehen, die durch die Einsparung fossiler Brennstoffe und deren Emissionen bei konventioneller Energieerzeugung anfallen würden. Es werden Dampf aus Erdgas sowie der deutsche Strommix ELCD/PE 2001 ersetzt.

8.3 Darstellung der Bilanzen und Auswertung

Sachbilanz

Primärenergie

Abbildung 1 und Tabelle 2 zeigen den Verbrauch bzw. die Nutzung primärer Energie aus fossilen und regenerativen Quellen bezogen auf 1 m³ der Produkte. Entsprechend der Anrechnung der vermiedenen fossilen Energie durch die Verwertung am Ende des Lebenszyklus ergeben sich negative Werte im Bereich der Verwertung/Gutschrift. Für die Darstellung der für die Produktion verbrauchten Energie ist der Wert „Primärenergie, nicht erneuerbar“ der Produktion relevant. Es ergeben sich etwa 3990 MJ verbrauchte Primärenergie für die Bereitstellung von 1m³ Standardware Brettschichtholz am Werkstor der Fertigung. Der Wert für Sonderformen ist etwa um 19% höher.

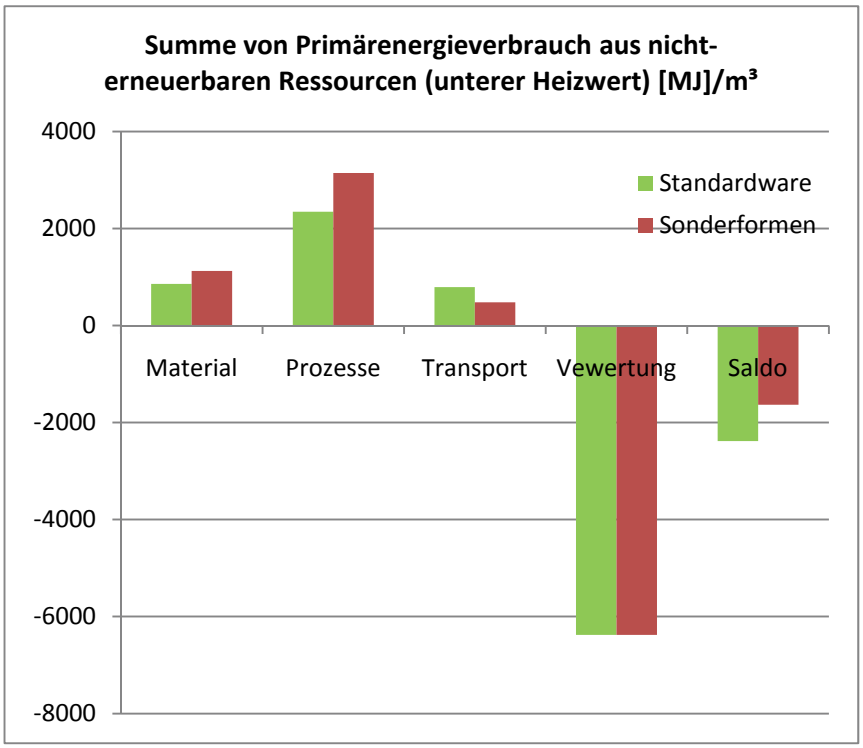


Abbildung 1: Primärenergieverbrauch aus nicht-erneuerbaren Quellen für alle Aufwendungen durch die Produktion inklusive der Verwertung für 1m³ BS-Holz als Standardware und Sonderform

Tabelle 2: Aufteilung der verwendeten Primärenergie

Produkt:	Standardware	Sonderformen
Primärenergie, nicht erneuerbar		
Braunkohle	14,81%	16,72%
Erdgas	2,21%	2,41%
Erdöl	51,87%	40,84%
Steinkohle	11,79%	17,19%
Uran	19,31%	22,84%
Primärenergie, erneuerbar		
Biomasse	99,22%	97,81%
Sonnenenergie	0,35%	1,58%
Wasserkraft	0,29%	0,35%
Windkraft	0,14%	0,25%

Die Zusammensetzung der genutzten Primärenergie aus fossilen Quellen zeigt einen im Vergleich zum Strommix 2007 erhöhten Anteil an Erdöl. Grund hierfür sind neben der gesamten Transportleistung im System die genutzten Klebstofftypen, die allesamt auf Erdölbasis hergestellt werden. Die genutzte Primärenergie aus fossilen Quellen innerhalb der Herstellung, entfällt zu 75% auf die Prozesse. Daneben werden 15% für die Bereitstellung der Materialien verwendet und etwa 10% für den Transport. Bei den Materialien fallen trotz der geringen Menge von nur etwa 10 kg/m³ die Klebstoffe zu ¾ ins Gewicht, während die Bereitstellung des Rundholzes, welches 90% der Produktmasse ausmacht, nur zu ¼ einen Beitrag leistet. Die im Prozess verwendete Energie wird hauptsächlich durch die Werkslogistik, den Stromverbrauch im Sägewerk und weiterhin durch den Stromverbrauch im Brettschichtholzwerk verursacht. Dabei entstehen Unterschiede zwischen der Produktion der Standardware und den Sonderformen. Während die Sonderformenproduktion einen höheren Materialverbrauch aufweist und dadurch Aufwendungen im Sägewerk sowie im Forst steigen, sind die Aufwendungen für den Transport der Materialien auf Grund der geringeren Transportentfernungen weniger.

Bei einer Betrachtung der Entsorgung und Systemerweiterung nach Ende der Nutzungszeit werden durch die Erzeugung von Strom und Dampf insgesamt 6380 MJ/m³ fossile Primärenergie substituiert (Tabelle 3).

Tabelle 3: Genutzte Primärenergie bezogen auf 1m³ Brettschichtholz

BS-Holz Standardware (m³)				
Auswertgröße	**Einheit pro m³**	**Herstellung**	**End of Life**	**Total**
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	9,70E+03	-6,91E+01	9,63E+03
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	3,99E+03	-6,38E+03	-2,38E+03

BS-Holz Sonderformen (m³)				
Auswertgröße	**Einheit pro m³**	**Herstellung**	**End of Life**	**Total**
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	1,06E+04	-6,91E+01	1,06E+04
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	4,75E+03	-6,38E+03	-1,63E+03

CO_2 - Bilanz

Die CO_2 Bilanz (Abbildung 2) zur Herstellung und Entsorgung von 1m³ Brettschichtholz Standardware zeigt eine Einbindung von 824 kg im Produkt durch die Einbindung von Kohlenstoff in Holz. Während der Produktion werden insgesamt 293kg CO_2-Äq frei, wobei davon etwa 14% (41 kg CO_2-Äq) durch die Verbrennung von Holz, 18% (52 kg CO_2-Äq) durch Transportaufwendungen und 68% (200 kg CO_2-Äq.) durch die Produktion frei werden. Bei der thermischen Verwertung der Althölzer am Ende des Lebensweges der Produkte werden 834 kg CO_2-Äq. frei und 408 kg CO_2-Äq. durch die Erzeugung von Strom substituiert. Da die substituierten Aufwendungen höhere CO_2-Äq Emissionen hervorrufen als durch die Herstellung der Standardträger emittiert werden, ist die Gesamtbilanz negativ. Bezogen auf den gesamten Lebensweg werden daher insgesamt 147 kg CO_2-Äq./m³ dauerhaft vermieden.

Bei der Herstellung von BS-Holz Sonderformen werden insgesamt 405 kg CO_2-Äq. frei. Davon sind 25% (100 kg CO_2-Äq) der Verbrennung von Holz, 8% (33 kg CO_2-Äq) den Aufwendungen für Transporte und 67% (272 kg CO_2-Äq) der Produktion zuzuordnen. Bezogen auf den gesamten Lebensweg werden daher insgesamt 93 kg CO_2-Äq./m³ dauerhaft vermieden.

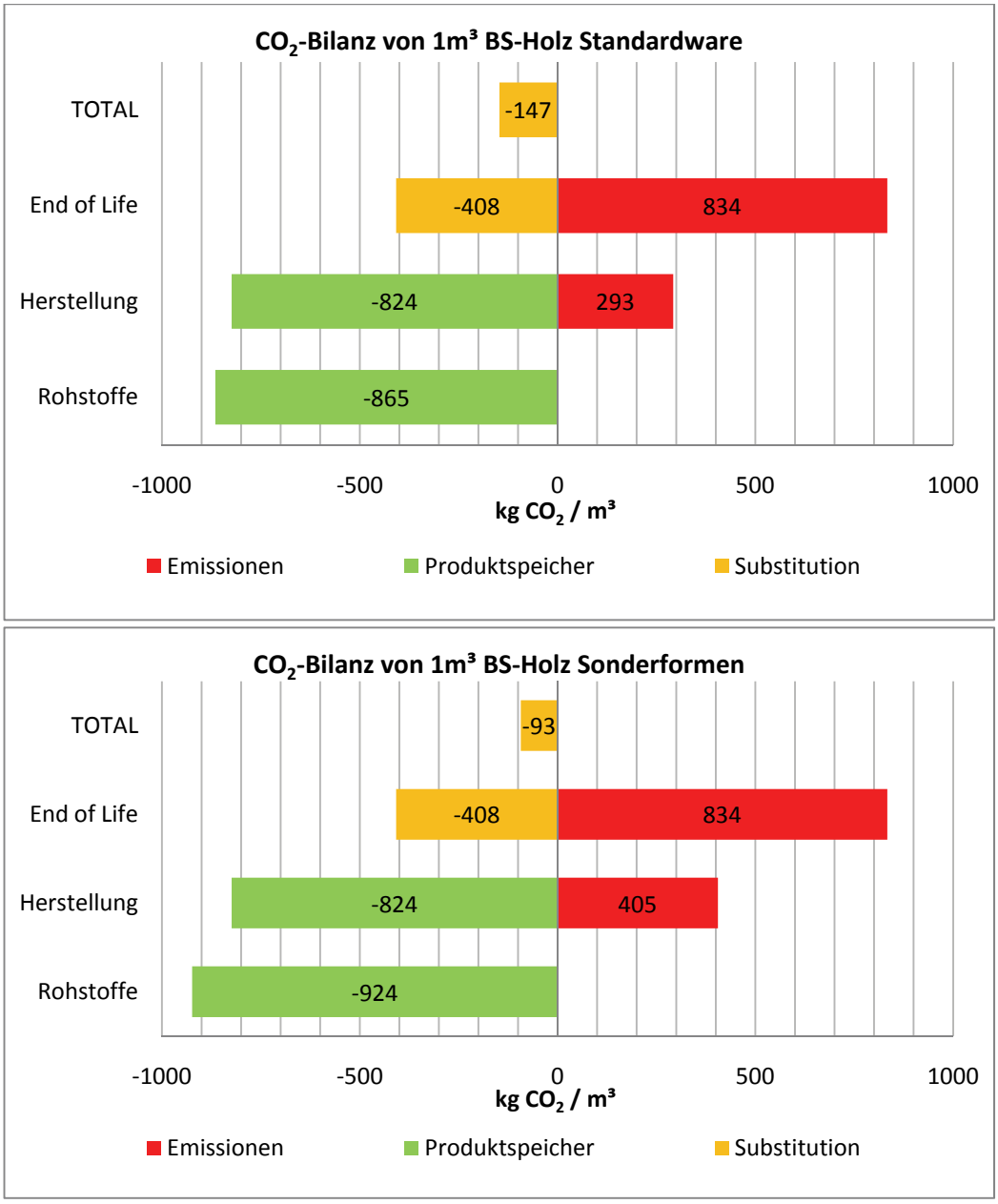


Abbildung 2: CO_2 - Bilanz aller Aufwendungen der Produktion und des End of Life

Abfälle

Während Abraum/Haldengut vornehmlich bei der Bereitstellung fossiler Energieträger anfällt, entsteht radioaktiver Abfall bei der nuklearen Stromerzeugung. Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle sowie Sonderabfälle fallen während der gesamten Produktionskette an.

Tabelle 4: Abfallaufkommen pro 1m³ Brettschichtholz

abgelagerte Abfälle [kg] / BS-Holz Standardware [m³]			
Auswertgröße	**Herstellung**	**End of Life**	**Total**
Abraum/Haldengut	7,65E+02	-4,92E+02	2,72E+02
Radioaktive Abfälle	3,60E-01	-1,94E-01	1,66E-01
Sonderabfälle	5,33E-01	1,53E+00	2,06E+00
Siedlungsabfälle	5,59E-02	4,65E-05	5,60E-02
abgelagerte Abfälle [kg] / BS-Holz Sonderformen [m³]			
Auswertgröße	**Herstellung**	**End of Life**	**Total**
Abraum/Haldengut	9,83E+02	-4,92E+02	4,91E+02
Radioaktive Abfälle	4,34E-01	-1,94E-01	2,39E-01
Sonderabfälle	1,10E+00	1,53E+00	2,63E+00
Siedlungsabfälle	3,31E-01	4,65E-05	3,31E-01

Wasser

Tabelle 5 weist den Wasserbedarf pro m^3 Brettschichtholz aus.

Tabelle 5: Wasserbedarf über den Produktlebenszyklus von Brettschichtholz pro 1m³

BS-Holz Standardware (m³)				
Auswertgröße	**Einheit pro m³**	**Herstellung**	**End of Life**	**Total**
Wasserverbrauch	kg	4,74E+03	5,36E+02	5,28E+03
BS-Holz Sonderformen (m³)				
Auswertgröße	**Einheit pro m³**	**Herstellung**	**End of Life**	**Total**
Wasserverbrauch	kg	6,60E+03	5,36E+02	7,13E+03

Wirkungsabschätzung

Tabelle 6 zeigt die Beiträge der Herstellung und Entsorgung von 1 m³ Brettschichtholz zu den Wirkungsindikatoren Eutrophierungspotential (EP), Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches), Photochemisches. Oxidantienbildungspotential (POCP), Treibhauspotential (GWP 100 Jahre) sowie dem Versauerungspotential (AP).

Tabelle 6: Wirkungsindikatoren pro 1m³ Produkt

BS-Holz Standardware (m³)				
Auswertgröße	**Einheit pro m³**	**Summe**	**Produktion**	**End of Life**
Eutrophierungspotential (EP)	[kg Phosphat-Äqv.]	1,55E-01	1,57E-01	-1,85E-03
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,26E-05	2,71E-05	-1,45E-05
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg Ethen-Äqv.]	5,28E-02	8,08E-02	-2,81E-02
Treibhauspotential (GWP 100 Jahre)	[kg CO_2-Äqv.]	-1,47E+02	-5,73E+02	4,26E+02
Versauerungspot. (AP)	[kg SO_2-Äqv.]	7,19E-01	9,14E-01	-1,95E-01
BS-Holz Sonderformen (m³)				
Auswertgröße	**Einheit pro m³**	**Summe**	**Produktion**	**End of Life**
Eutrophierungspotential (EP)	[kg Phosphat-Äqv.]	2,32E-01	2,33E-01	-1,85E-03
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,82E-05	3,27E-05	-1,45E-05
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg Ethen-Äqv.]	6,52E-02	9,32E-02	-2,81E-02
Treibhauspotential (GWP 100 Jahre)	[kg CO_2-Äqv.]	-9,28E+01	-5,18E+02	4,26E+02
Versauerungspotential (AP)	[kg SO_2-Äqv.]	9,16E-01	1,11E+00	-1,95E-01

Eutrophierungspotential (EP)

Etwa 40% des Eutrophierungspotentials der Herstellung der Standardware wird durch die direkten Verbräuche der Herstellungsprozesse verursacht. Hauptsächlich ist die Verbrennung von Holz (14%) und der Stromverbrauch im Sägewerk sowie des Brettschichtholzherstellers (15%) dafür verantwortlich. Insgesamt ist das Eutrophierungspotential der Herstellung von Sonderformen um etwa 49% höher als bei der Herstellung der Standardware. Ausschlaggebend ist der Einsatz andere Brennstoffe im Bereich der Holztrocknung. Die Verwendung von Soja und Raps als Brennstoff ist Verantwortlich für etwa 65% des Unterschieds zwischen den Produkttypen. 10% werden durch den erhöhten Klebstoffeinsatz und die restlichen 25% durch einen höheren Stromverbrauch bewirkt. Im Bereich der Schnittholztransporte entstehen etwas weniger Emissionen durch kleinere Distanzen bei der Herstellung der Sonderformen.

Die „End of Life“ – Phase substituiert etwa 1% des Eutrophierungspotentials der Herstellung (beide Produkttypen)

Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches)

In allen Bereichen entfallen fast 100% des Ozonabbaupotentials auf die Bereitstellung von Strom. Der erhöhte Bedarf an Strom für die Herstellung von Sonderformen sorgt in diesem Bereich für einen 20% höheren Wert.

Die „End of Life“ – Phase der Standardware substituiert etwa 54%, die der Sonderformen etwa 44% des Ozonabbaupotentials der Herstellung.

Photochemisches Oxidantienbildungspot. (POCP)

Etwa 30% des Photochemischen Oxidantienbildungspotentials werden durch die direkten Aufwendungen der Prozesse verursacht. Dabei entstehen 10% bei der Holzfeuerung und 18% durch den Stromverbrauch der Prozesse im Sägewerk respektive Brettschichtholzhersteller. Der Unterschied von 15% zwischen den Sonderformen bzw. Standardware entsteht durch erhöhte Aufwendungen im Bereich der Feuerung, Klebstoff- und Stromverbräuche. Die verminderten Transportdistanzen der Schnitthölzer für die Produktion der Sonderformen haben weniger Emissionen in dieser Kategorie zufolge.

Die „End of Life“ – Phase der Standardware substituiert etwa 35%, die der Sonderformen etwa 30% des photochemischen Oxidantienbildungspotentials der Herstellung.

Treibhauspotential (GWP)

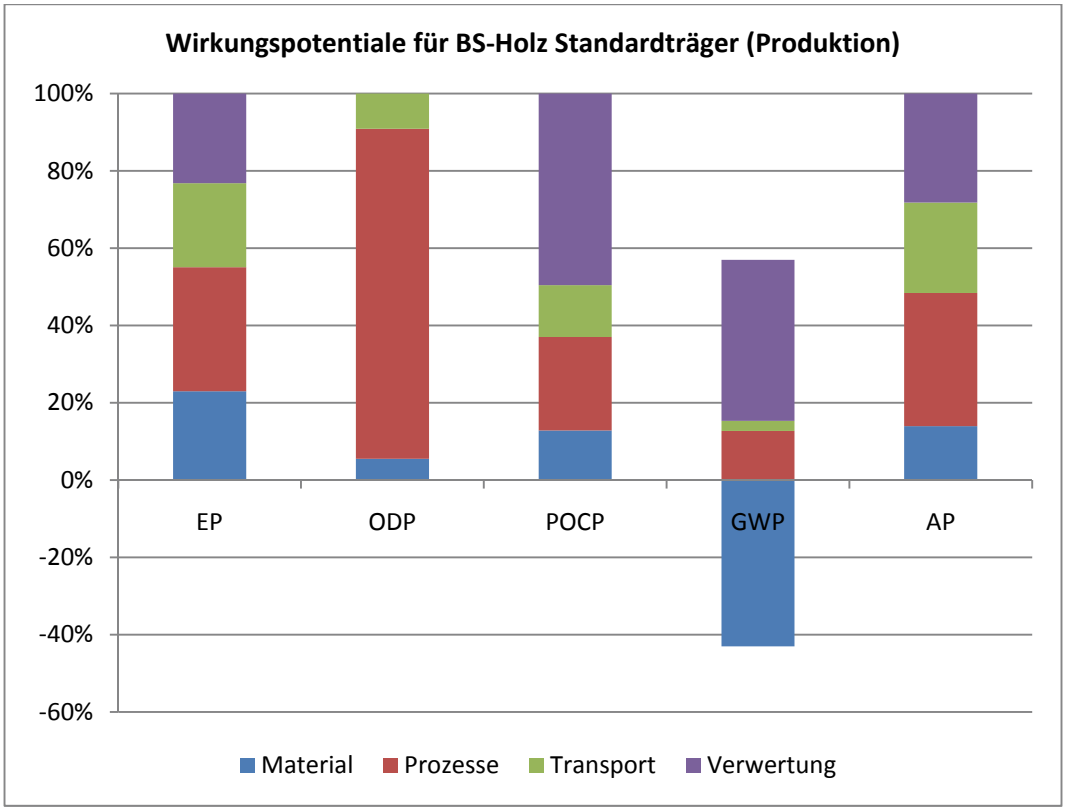
Ausschlaggebender Faktor des Treibhauspotentials ist die Produktion von Strom zur Verwendung im Sägewerk und im Brettschichtholzwerk. Ferner fallen Treibhausgasemissionen im Bereich der Transporte und der Klebstoffherstellung an.

Versauerungspotential (AP)

Das Versauerungspotential verhält sich bezüglich der Bereichsaufteilung

analog zum Eutrophierungspotential.

Die „End of Life“ – Phase der Standardware substituiert etwa 21%, die der Sonderformen etwa 18% des Versauerungspotentials der Herstellung.



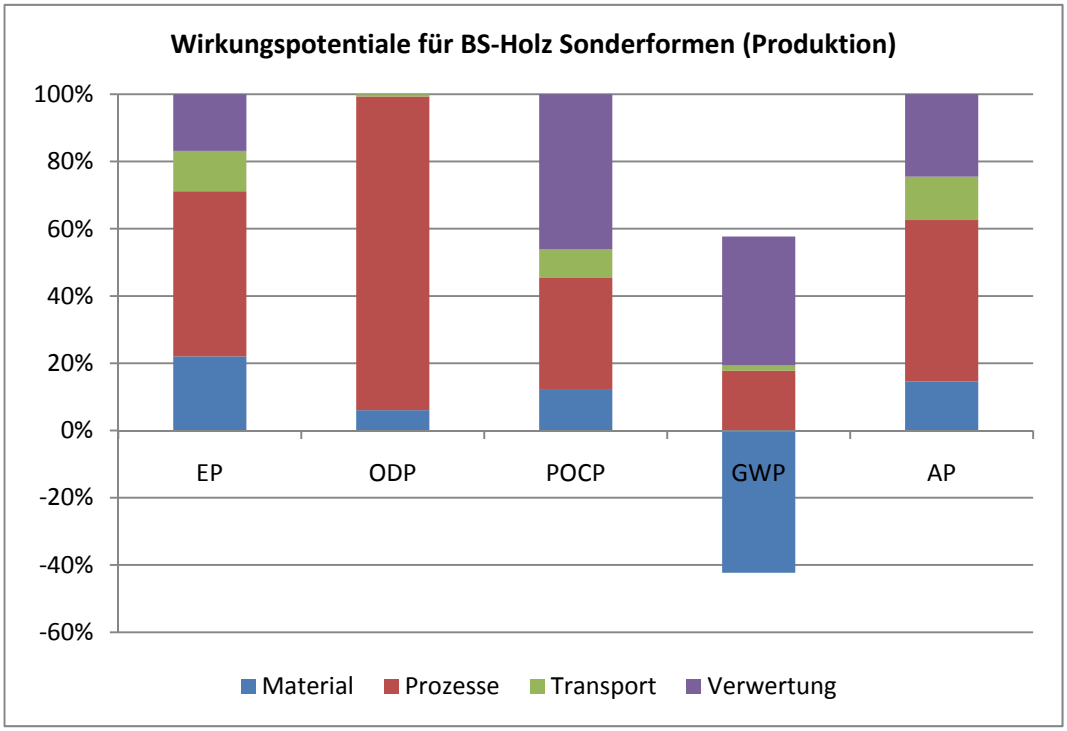


Abbildung 3:Wirkungspotentiale einzelner Bereiche der Herstellung

9 Nachweise

9.1 Formaldehyd

Insgesamt lagen 7 Messberichte zur Abgabe von Formaldehyd vor. Die Messungen wurden von erfahrenen Prüfstellen durchgeführt. Ermittelt wurden die Ausgleichskonzentrationen. Die Messungen erfolgten in Prüfkammern gemäß DIN EN 717-1 einheitlich bei einer Temperatur von 23°C, einer relativen Luftfeuchte von 45 % und einer Luftwechselzahl von 1,0 pro Stunde. Unterschiedlich waren z.T. die Raumbeladungen. Aus den Messwerten wurden daher zunächst die flächenspezifischen Emissionsraten berechnet. In der Tabelle 5 sind diese Werte für die verschiedenen Verklebungssysteme zusammengestellt. Dabei werden die Zahl der Einzelmesswerte, die Mittelwerte für jedes Verleimungssystem und die jeweils gemessenen Minimal- und Maximalwerte genannt.

Tabelle 7: Emissionsraten verschiedener Klebstoffsysteme

Klebstoff-system	Anzahl der Messwerte	flächenspezifische Emissionsrate in µg/h x m²		
		Mittelwert	Minimalwert	Maximalwert
MUF	22	34,8	10	71
PUR	7	17,7	10	25
unbeleimt	11	17	8	25

Die meisten Messwerte (22) liegen erwartungsgemäß für Brettschichtholz mit MUF-Verleimung vor. Die mittlere flächenspezifische Emissionsrate liegt bei 34,8 µg/h x m². Bezogen auf die von der Materialprüfanstalt Stuttgart vorgeschlagene und in DIN EN 14080: 2005 vorgeschrieben Beladungszahl von 0,3 m²/m³ leitet sich hieraus eine Formaldehydausgleichskonzentration in der Prüfkammer von 0,008 ml/m³ ab. Dieser Wert beträgt weniger als ein Zehntel des Grenzwertes nach Chemikalienverbotsverordnung von 0,1 ml/m³. Legt man den höchsten der gemessenen Werte von 71 mg/h x m³ für die Ableitung zu Grunde, so ergibt sich eine Ausgleichskonzentration von 0,017 mg/m³

Die mit dem formaldehydfreien Klebstoff PUR verklebten Brettschichthölzer ergeben flächenspezifische Emissionsraten im Bereich des unbeleimten Holzes. Die abgeleitete Ausgleichskonzentration liegt bei etwa 0,004 ml/m³. Ähnliche Werte wurden auch bei anderen, unbeleimten Hölzern gemessen und entsprechen der natürlichen Formaldehydabgabe von Holz.

9.2 MDI

Bei der Verklebung des Brettschichtholz reagiert das in den verwendeten Polyurethanklebstoffen enthaltene MDI vollständig aus. Eine MDI-Emission aus dem ausgehärteten Brettschichtholz ist damit nicht möglich; eine Prüfnorm existiert nicht.

Die vorgelegten Prüfungen behandeln die bei der Verklebung im Werk kurzfristig auftretende MDI-Emission. Da auch für diese Emissionen derzeit kein genormtes Messverfahren existiert, wurde bei einer der vorgelegten Prüfungen die MDI-Emission in Anlehnung an die Messmethodik zur Bestimmung der Formaldehydemission aus EN 717-2 bestimmt:

Ergebnis: Eine MDI-Abgabe wurde bei keinem der 7 untersuchten Brettschichthölzer im Rahmen der Nachweisgrenze (0,05 µg /m³) festgestellt.

Eine zusätzliche Untersuchung basierend auf einer projektbezogenen Messmethodik an einer mit PUR-Klebstoff beleimten, aber nicht ausgehärteten Holzlamelle zeigte während der ersten 2 Stunden nach Klebstoffauftrag MDI-Emissionen knapp oberhalb (0,05 µg /m³) der Nachweisgrenze. Danach war eine MDI-Abgabe nicht mehr nachweisbar.

10 PCR-Dokument und Überprüfung

Diese Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument Vollholz, 2010-04.

Review des PCR-Dokuments durch den Sachverständigenausschuss. Vorsitzender des SVA: Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Universität Stuttgart, IWB)
Unabhängige Prüfung der Deklaration gemäß ISO 14025: ☐ intern ☒ extern
Validierung der Deklaration: Dr. Frank Werner

11 Literatur

IBU 2006 Leitfaden Umwelt-Produktdeklarationen (Ausgabe 20.01.2006) für die Formulierung der produktgruppen-spezifischen Anforderungen der Umwelt-Produktdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte, Institut Bauen und Umwelt e.V., www.bau-umwelt.com

/PCR Vollholz/ Institut Bauen & Umwelt; PCR Vollholz; www.bau-umwelt.com; Stand 2010-04.

/PCR Holzwerkstoffe/ Institut Bauen & Umwelt; PCR Holzwerkstoffe; www.bau-umwelt.com; Stand 2009-11.

GaBi 2006 GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. PE INTERNATIONAL GmbH, Leinfelden-Echterdingen, 2006.

Schweinle Thoroe/ Schweinle, J. und C. Thoroe 2001: Vergleichende Ökobilanzierung der Rundholzproduktion in verschiedenen Forstbetrieben. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg. Nr. 204.

Frühwald 2000 Frühwald, A., Speckels, L., Scharai-Rad, M. und Welling, J.: Ökologische Bilanzierung von Bauschnittholz und veredelten Vollholzprodukten. Ordinariat für Holztechnologie der Universität Hamburg, Hamburg (2000).

GaBi 2009 GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. PE INTERNATIONAL GmbH, Leinfelden-Echterdingen, 2009.

Rüter 2007 Rüter, S.; Kreißig, J.: Grunddatensätze für Holz und Holzwerkstoffe im Netzwerk Lebenszyklusdaten , Projektbericht im Rahmen des Forschungsvorhabens FKZ 01 RN 0401 im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

Normen und Gesetze

AltholzV AltholzV (2002) Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung - AltholzV).

DIN 1052 DIN 1052, Ausgabe: 2008-12, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau.

DIN 68800-3 DIN 68800-3, Ausgabe: 1990-04, Holzschutz; Vorbeugender chemischer Holzschutz.

DIN EN 13183-1 DIN EN 13183-1, Ausgabe: 2002-07, Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz - Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren; Deutsche Fassung EN 13183-1:2002.

DIN EN 14080 DIN EN 14080, Ausgabe: 2005-09, Holzbauwerke - Brettschichtholz - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14080:2005.

DIN EN 1912 DIN EN 1912, Ausgabe: 2010-07, Bauholz für tragende Zwecke - Festigkeitsklassen - Zuordnung von visuellen Sortierklassen und Holzarten; Deutsche Fassung EN 1912:2004+A4:2010.

DIN EN 336 DIN EN 336, Ausgabe: 2003-09, Bauholz für tragende Zwecke - Maße, zulässige Abweichungen; Deutsche Fassung EN 336:2003.

Institut Bauen
und Umwelt e.V.

Herausgeber:
Institut Bauen und Umwelt e.V.
Rheinufer 108
53639 Königswinter
Tel.: 02223 296679 0
Fax: 02223 296679 1
E-Mail: info@bau-umwelt.com
Internet: www.bau-umwelt.com

Layout:
Johann Heinrich von Thünen Institut

Bildnachweis:
Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.