
Hintergrundbericht Holzrechner

v1.0

Autoren

Livia Ramseier, Rolf Frischknecht

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	Hintergrundbericht Holzrechner
Autoren	Livia Ramseier;Rolf Frischknecht 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_Hintergrundbericht_Holzrechner_v1.0.docx, 15.06.2020 14:03:00

Inhalt

1	EINLEITUNG	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Zielsetzung und Untersuchungsrahmen	1
2	METHODIK, DATENGRUNDLAGE UND DEFINITIONEN	2
2.1	Methodischer Ansatz	2
2.1.1	Übersicht	2
2.1.2	Bewertung der Ressourcen im Rahmen der Methode der ökologischen Knappheit 2013	2
2.2	Datengrundlage	2
2.3	Definitionen	3
2.3.1	Schnittholz	3
2.3.2	Brettschichtholz	3
2.3.3	Weichfaserplatten	3
2.3.4	Spanplatten	3
2.3.5	Dreischichtplatten	3
2.3.6	Brettsperrholz	3
3	SACHBILANZDATEN UND MODELLIERUNGSANNAHMEN	4
3.1	Grundlagen und Anpassungen der Sachbilanzdaten	4
3.2	Berechnung des Transportaufwandes	5
4	STRUKTUR DER HOLZ-LIEFERKETTEN IM HOLZRECHNER	6
4.1.1	Schnittholz	6
4.1.2	Brettschichtholz	7
4.1.3	Weichfaserplatten	8
4.1.4	Spanplatten	9
4.1.5	Dreischichtplatten	10
4.1.6	Brettsperrholz	11
5	VERGLEICH DER UMWELTAUSWIRKUNGEN	12
	LITERATUR	13

1 Einleitung

1.1 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. In diesem Bericht werden die Hintergrunddaten und Annahmen des Holzrechners erläutert. Eine Anleitung zur Benutzung des Rechners finden Sie in der Broschüre zu Ökobilanzen von Holz und Holzgebäuden (Frischknecht & Ramseier 2020) und im Manual zum Holzrechner (Ramseier & Frischknecht 2020).

1.2 Zielsetzung und Untersuchungsrahmen

Ziel des Holzrechners ist es, Planern und Architekten anhand weniger Angaben die Berechnung der Umweltauswirkungen von Holz verschiedenster Herkunft zu ermöglichen. Damit können neben technischen und finanziellen Zuschlagskriterien auch Daten zur Umweltbelastung bei der Holzwahl und die Herkunft berücksichtigt und entsprechend gewichtet werden.

Im Holzrechner können die Umweltauswirkungen folgender Holzproduktarten berechnet werden:

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

Für Balken, Bretter und Latten können der Holztyp (Laub- oder Nadelholz) und die Holzverarbeitung (luft- oder kammergetrocknet (inkl. Restfeuchtegehalt), und roh oder gehobelt) spezifiziert werden.

Zu den im Holzrechner berücksichtigten Herkunfts- und Verarbeitungsländern von Holz gehören Deutschland, Finnland, Frankreich, Italien, Norwegen, Österreich, Schweden, Schweiz und Ungarn. Dies sind gemäss Jahrbuch Wald (BAFU (Hrsg.) 2016) die wichtigsten Herkunftsländer von in die Schweiz importiertem Stamm- und Schnittholz.

2 Methodik, Datengrundlage und Definitionen

2.1 Methodischer Ansatz

2.1.1 Übersicht

Die Umweltwirkungen im Holzrechner werden mit den Indikatoren der KBOB-Empfehlung 2009/1:2016 quantifiziert und ausgewiesen:

- Primärenergie gesamt (Frischknecht et al. 2015)
- Primärenergie nicht erneuerbar (Erdöl, Erdgas, Kohle, Nuklear) (Frischknecht et al. 2015)
- Primärenergie erneuerbar (Wasser, Wind, Biomasse, Solar, Umgebungswärme) (Frischknecht et al. 2015)
- Treibhausgasemissionen, in kg CO₂-Äquivalenten (IPCC 2013)
- Gesamtumweltbelastung, in Umweltbelastungspunkten (Methode der ökologischen Knappheit 2013, Frischknecht & Büsler Knöpfel 2013)

Die kumulierte Umweltwirkung, das Total, setzt sich aus der Umweltbelastung der Herstellung (vom Forst bis zum Regionallager beziehungsweise Verarbeitungsbetrieb in der Schweiz), des Transports von Holz und derjenigen der Entsorgung zusammen. Die Umweltwirkungen werden pro m³ verarbeitetes Holz ausgewiesen.

2.1.2 Bewertung der Ressourcen im Rahmen der Methode der ökologischen Knappheit 2013

Mit der Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Frischknecht & Büsler Knöpfel 2013) wird die dissipative (verbrauchende) Ressourcennutzung bewertet. Bei der stofflichen Nutzung von Ressourcen ist nicht die Ressourcenentnahme entscheidend, sondern die Tatsache, wieviel der entnommenen und verarbeiteten Ressource verloren geht und damit für eine künftige Nutzung nicht mehr zur Verfügung steht. Der restliche Anteil, welcher stofflich verwertet beziehungsweise wiederverwendet werden kann, wird lediglich «ausgeliehen» und steht damit zukünftigen Nutzern wieder zur Verfügung. Die dissipative Nutzung von Holz wird in den Sachbilanzen mithilfe von Ressourcenkorrekturen modelliert.

Die Entsorgung von Holz und Holzprodukten nach dem Erreichen ihrer Lebensdauer wird gemäss KBOB-Empfehlung 2009/1:2016 modelliert (50 % recycelt und 50 % in KVA verbrannt).

Die Indikatoren Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen sind von diesen Ressourcenkorrekturen nicht betroffen.

2.2 Datengrundlage

Die Sachbilanzdaten von Schnittholz, Weichfaser- und Spanplatten stammen aus Werner (2017) und diejenigen für Dreischichtplatten, Brettschicht- und Brettspertholz aus Werner et al. (2007). Die Umweltbelastung dieser Holz- und Holzwerkstoffe wurde mit dem aktuellen KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016 (KBOB et al. 2016) quantifiziert. Die Sachbilanzen zur Produktion dieser Holz- und Holzwerkstoffe wurden für die wichtigsten Schweizer Importländer von Stamm- und Schnittholz regionalisiert.

Die Modellierung erfolgt in der Ökobilanz-Software SimaPro v8.4 (PRé Consultants 2017) und gemäss den methodischen Anforderungen der Plattform Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB et al. 2015).

2.3 Definitionen

2.3.1 Schnittholz

Schnittholz ist ein Holzzeugnis, das durch Sägen oder Spanen von Rundholz oder grösseren Holzquerschnitten in Stammlängsrichtung hergestellt wird. Um eine bestimmte Masshaltigkeit zu erreichen wird es gekappt und/oder bearbeitet (Lignum et al. 2010, S. 8).

2.3.2 Brettschichtholz

Brettschichtholz besteht aus verleimten Nadelholz-Lamellen mit einer Holzfeuchte zwischen 8 – 15 % (Lignum et al. 2010, S. 78f).

2.3.3 Weichfaserplatten

Eine Weichfaserplatte besteht aus mit Bindemitteln gebundenen Holzfasern¹.

2.3.4 Spanplatten

Kunstharzgebundene Spanplatten nach SN EN 312 sind ein Holzwerkstoff, hergestellt durch Verpressen unter Hitzeeinwirkung von kleinen Teilen aus Holz (z.B. Holzspänen, Hobelspänen, Sägespänen) und/oder anderen lignozellulosehaltigen Teilchen (z.B. Flachschäben, Hanfschäben, Bagasse) mit Klebstoffen (Lignum et al. 2010, S. 113).

2.3.5 Dreischichtplatten

Dreischichtplatten bestehen aus drei kreuzweise übereinandergelegten und verleimten Holzlagen².

2.3.6 Brettsperrholz

Brettsperrholzplatten bestehen aus zwei, in Faserrichtung parallel verlaufenden Decklagen und zumindest einer zur Faserrichtung der Decklagen um 90° versetzten Innenlage, die miteinander verklebt sind (Lignum et al. 2010, S. 100). Die einzelnen Lagen sind in der Regel zwischen 5 und 50 mm dick.

¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Weichfaserplatte>; aufgerufen am 12.2.2019

² <http://www.holzkatalog.ch/home/massivholz-holzwerkstoffe-furniere-dienstleistungen-brandschutzmaterialien/holzwerkstoffe/3-schichtplatten.html>; aufgerufen am 6.2.2019.

3 Sachbilanzdaten und Modellierungsannahmen

3.1 Grundlagen und Anpassungen der Sachbilanzdaten

Die Sachbilanzen der unter Abschnitt 1.2 aufgelisteten Holzprodukte aus Europa aus Werner (2017) und Werner et al. (2007) wurden für die Länder Deutschland, Finnland, Frankreich, Italien, Norwegen, Österreich, Schweden und Ungarn regionalisiert. Dies sind alle Länder aus denen das Importvolumen von entweder Schnittholz oder Rundholz in die Schweiz mehr als 5 % beträgt (BAFU (Hrsg.) 2016). Für diese Länder wurde in den Sachbilanzen der Holzverarbeitung der länderspezifische Strom ab Netz hinterlegt. Für Schweizer Holzprodukte wurden die jeweiligen CH-Datensätze aus Werner (2017) und Werner et al. (2007) eins zu eins übernommen. Da zur Spanplattenproduktion in der Schweiz keine Ökobilanzdaten verfügbar sind, basiert die Sachbilanz für Schweizer Spanplatten auf dem europäischen Datensatz. Um die Schweizer Verhältnisse anzunähern, fragt der Datensatz den Schweizer Strommix und die regionalisierte Produktion der zur Spanplattenproduktion benötigten Holz-Ausgangsstoffe nach. Brettsperrholz wird mit dem Brettschichtholz-Datensatz aus Werner et al. (2007) modelliert, da keine Sachbilanz zur Herstellung von Brettsperrholz verfügbar ist und dessen Herstellung sich unwesentlich von jener von Brettschichtholz unterscheidet.

Bei der Holzherkunft wurde die unterschiedliche Zusammensetzung der Nadel- und Laubhölzer in den 8 europäischen Ländern (ohne Schweiz) berücksichtigt. Von Werner (2017) wurden Sachbilanzen zur Produktion von einem m³ Birke, Buche, Eiche, Fichte und Kiefer ab Waldstrasse Deutschland und Schweden und von Laub- und Nadelholz ab Waldstrasse Schweiz bereitgestellt.

Gefälltes Rundholz (Laub- und Nadelholz) ab Waldstrasse Österreich wird unverändert mit den beiden Sachbilanzen für Schweizer Laub- und Nadelholz abgebildet. Für die anderen untersuchten Länder wurden die in Tab. 3-1 und Tab. 3-2 aufgeführten Laub- und Nadelholz-Zusammensetzung ausgehend von den vorhandenen Sachbilanzen und basierend auf der Verbreitung der genannten Holzarten in Europa angenommen³. Aus den Dichten und den Anteilen der einzelnen Holzarten werden gemittelte Laub- und Nadelholzdichten der jeweiligen Länder bestimmt.

Tab. 3-1: Laubholz-Zusammensetzung und deren gemittelte Holzdichten bei u=0 % der Länder Deutschland, Frankreich, Schweden, Italien, Norwegen, Ungarn und Finnland
Dichte Laubholz Schweiz/Österreich: 640 kg/m³

Datensatz	Dichte (u=0%) [kg/m ³]	DE	FR	SE	IT	NO	HU	FI
Buche, ab Waldstrasse Deutschland	660	50%						
Birke, ab Waldstrasse Schweden	640			100%		100%		100%
Eiche, ab Waldstrasse Deutschland	640	50%	100%		100%		100%	
Gemittelte Dichte, (u=0%) [kg/m ³]		650	640	640	640	640	640	640

³ <http://www.euforgen.org/species>, aufgerufen am 12.03.2018

Tab. 3-2: Nadelholz-Zusammensetzung und deren gemittelte Holzdichten bei u=0 % der Länder Deutschland, Frankreich, Schweden, Italien, Norwegen, Ungarn und Finnland
Dichte Nadelholz Schweiz/Österreich: 440 kg/m³

Datensatz	Dichte (u=0%) [kg/m ³]	DE	FR	SE	IT	NO	HU	FI
Kiefer, ab Waldstrasse, Deutschland	490	50%	50%		100%		100%	
Kiefer, ab Waldstrasse, Schweden	490			50%		50%		50%
Fichte, ab Waldstrasse, Deutschland	430	50%	50%					
Fichte, ab Waldstrasse, Schweden	430			50%		50%		50%
Gemittelte Dichte, (u=0%) [kg/m ³]		460	460	460	490	460	490	460

Ursprünglich war ebenfalls vorgesehen, länderspezifische Holz-Erntemengen pro Hektar Wald zu berücksichtigen. Zwar lassen sich die Waldflächen wie auch die Erntemengen an Holz eines Landes bestimmen. Dies sagt aber eher etwas aus über den Grad der (Unter-) Nutzung der Wälder als über den tatsächlichen Flächenbedarf pro m³ Holz. Aus diesem Grund haben wir auf eine Anpassung des Landbedarfs in den Sachbilanzen verzichtet und die Daten zur Landnutzung pro m³ Birke, Buche, Eiche, Fichte und Kiefer aus Deutschland und Schweden und jene von Laub- und Nadelholz Schweiz gemäss den Sachbilanzen von Werner (2017) übernommen.

3.2 Berechnung des Transportaufwandes

Für Brettschichtholz, Brettsperrholz, Dreischichtplatten und Schnittholz können verschiedene Herkunftsländer und Transportdistanzen sowie Lkw-Transportanteile von Rundholz zum Sägewerk im Rechner eingegeben werden.

Bei Weichfaser- und Spanplatten geht der Holzrechner aufgrund der Komplexität der Sachbilanz und der Vielfalt der Holzrohstoffinputs vereinfachend davon aus, dass das Rundholz sowie weitere Holzprodukte, die zu dessen Produktion benötigt werden, wie Faserholz oder Holzschnitzel zu 100 % aus dem ausgewählten Verarbeitungsland stammen. Als Transportdistanz der Rohstoffe sowie deren Lkw-Transportanteile zum Verarbeitungsstandort werden die durchschnittlichen Transportdistanzen gemäss den Sachbilanzen von Werner (2017) verwendet.

Für alle Holzprodukte kann in der Eingabemaske des Rechners die Distanz sowie der Lkw-Transportanteil vom letzten Verarbeitungsland in die Schweiz angegeben werden. Falls es sich beim Verarbeitungsland um die Schweiz handelt, fällt dieser Transport vollständig weg. Eine trotzdem eingegebene Transportdistanz wird in diesem Fall nicht berücksichtigt.

Für Brettschichtholz, Brettsperrholz und Dreischichtplatten kann zudem eine spezifische Transportdistanz vom Sägewerk zum zweiten Verarbeitungsland sowie der Lkw-Transportanteil dieses Transportes (falls bekannt) angegeben werden.

Falls keine spezifischen Transportdistanzen eingegeben werden, rechnet der Holzrechner im Hintergrund mit Durchschnitts-Transportdistanzen. Diese entsprechen den Distanzen von und zu den geographischen Länder-Mittelpunkten. Für alle Transporte innerhalb eines Landes vom Wald ins Sägewerk beträgt die Default-Distanz 40 km. Dies entspricht der im

Datenbestand DQRv2:2016 (KBOB et al. 2016) und in den Sachbilanzdaten von Werner (2017) hinterlegten Transportdistanz von Holz aus dem Wald ins Sägewerk, sowohl für den Schweizer-Holz Datensatz, wie auch für die Datensätze von ausländischem Holz. Für alle Transporte innerhalb eines Landes vom Sägewerk ins Verarbeitungswerk beträgt die Default-Distanz 150 km. Dies entspricht der hinterlegten Transportdistanz vom Sägewerk zum Verarbeitungswerk in den Sachbilanzdaten von Werner (2017). Die in den aktuellen Sachbilanzdaten verwendeten Transportdistanzen stammen ursprünglich aus Werner et al. (2007). Die Transportdistanzen sind in Tab. 3-3 dargestellt.

Tab. 3-3: Durchschnitts-Transportdistanzen von und zu den geographischen Länder-Mittelpunkten und für Transporte innerhalb eines Landes vom Wald ins Sägewerk / Sägewerk zum Verarbeitungswerk.

km	DE	FI	FR	IT	NO	AT	SE	CH	HU
DE	40 / 150	2'400	1'500	1'350	1'800	700	1'650	650	1'000
FI	2'400	40 / 150	3'500	3'400	1'100	2'500	700	3'000	2'500
FR	1'500	3'500	40 / 150	1'250	2'600	1'150	2'550	600	1'650
IT	1'350	3'400	1'250	40 / 150	3'000	950	2'900	800	1'200
NO	1'800	1'100	2'600	3'000	40 / 150	2'400	450	2'350	2'550
AT	700	2'500	1'150	950	2'400	40 / 150	2'200	600	550
SE	1'650	700	2'550	2'900	450	2'200	40 / 150	2'300	2'350
CH	650	3'000	600	800	2'350	600	2'300	40 / 150	1'150
HU	1'000	2'500	1'650	1'200	2'550	550	2'350	1'150	40 / 150

Falls in der Eingabemaske des Rechners ein spezifischer Anteil des Lastwagen-Transports eingegeben wird, so alloziert der Rechner den restlichen Anteil auf den Bahn-Transport. Der Lastwagen-Transportanteil von importiertem Rohholz und grob zugerichtetem Holz bei Grenzübertritt in die Schweiz gemäss Aussenhandelsstatistik Schweiz beträgt 61 % (Eidgenössische Zollverwaltung EZV 2017). Der verwendete Default Lastwagen-Transportanteil im Holzrechner für Rundholz vom Wald ins Sägewerk liegt jedoch bei 100 %, da 100 % von Experten vorallem für andere Länder als zutreffender betrachtet wird. Der verwendete Default Lastwagen-Transportanteil im Holzrechner für Holztransporte vom 1. zum 2. Verarbeitungswerk oder vom letzten Verarbeitungswerk in die Schweiz liegt bei 98 % analog dem Lastwagen-Transportanteil von einfach bearbeitetem Holz in die Schweiz gemäss Aussenhandelsstatistik Schweiz (Eidgenössische Zollverwaltung EZV 2017). Die restlichen 2 % werden mit der Bahn transportiert.

4 Struktur der Holz-Lieferketten im Holzrechner

In diesem Kapitel werden die Charakteristiken der modellierten Holzprodukte und die Struktur der Ökobilanzen im Holzrechner der einzelnen Holzprodukte beschrieben und mit einfachen Graphiken illustriert.

4.1.1 Schnittholz

Im Holzrechner können die Umweltauswirkungen von Latten, Balken und Brettern pro m³ berechnet werden. Diese Holzprodukte können entweder aus Laub- oder Nadelholz gefertigt werden und das dazu verwendete Holz ist entweder roh oder gehobelt und kammer- oder luftgetrocknet mit einer Restfeuchte von 10 % oder 20 % (Werner 2017, Kapitel 2 und 3). Das Rundholz kann aber muss nicht aus dem Verarbeitungsland stammen und wird mit einer Feuchte von 70 % in eine Sägerei im Verarbeitungsland transportiert. In den dazugehörigen

Sachbilanzen, die in Annex A.5 ab Seite 126 in Werner (2017) beschrieben werden, wurde der Stromverbrauch der Sägerei und rohes Schnittholz sowie Holzschnitzel für die Trocknung bei kammergetrocknetem Holz regionalisiert.

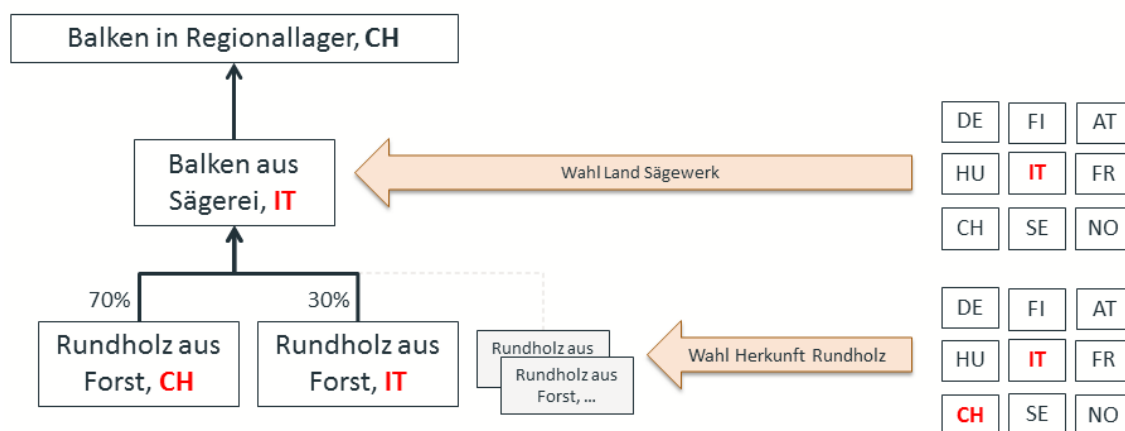


Fig. 1: Darstellung der Auswahlmöglichkeiten der Länder für die Herkunft des Rundholzes und den Standort des Sägewerkes

In Fig. 1 sind die Auswahlmöglichkeiten der Herkunft des Rundholzes und des Standortes der Sägerei beispielhaft dargestellt. Das Rundholz kann aus den neun betrachteten Ländern stammen. Dabei ist jede Kombination möglich. Im dargestellten Beispiel, kommt das Rundholz zu 70 % aus der Schweiz und zu 30 % aus Italien. Das Rundholz kann auch aus mehr als zwei Ländern stammen. Die Anteile der Herkunftsgebiete des Rundholzes müssen 100 % ergeben. Im Beispiel wird das Rundholz in einem Sägewerk in Italien zu Balken verarbeitet. Der Standort des Sägewerkes kann unabhängig von der Herkunft des Holzes gewählt werden. Nach der Verarbeitung im Sägewerk, werden die Balken in ein Regionallager in der Schweiz transportiert.

4.1.2 Brettschichtholz

Brettschichtholz wird ausschliesslich aus kammergetrockneten Brettern aus Nadelholz mit einer Restfeuchte von $u=10\%$ gefertigt. Regionalisiert wurden der Stromverbrauch des Brettschichtholzwerkes, die Holzbretter sowie die Holzchnitzel, die verfeuert werden. Im Holzrechner kann sowohl das Land des Sägewerkes, in welchem das Rundholz zu kammergetrockneten Brettern verarbeitet wird, wie auch das Land, der Verarbeitung jener Bretter zu Brettschichtholz separat ausgewählt werden. Die Umweltauswirkungen der Verarbeitungsschritte beider Werke werden mit dem jeweiligen Strommix des ausgewählten Landes berechnet. Ebenfalls kann auch das unverarbeitete Rundholz aus unterschiedlichen Ländern stammen und über verschiedene Transportdistanzen in die Sägerei transportiert werden. Der Entsorgungsaufwand von Brettschichtholz für die Innen- wie für die Aussenanwendung ist identisch. Die Dichte von Brettschichtholz ist abhängig von der Herkunft Rundholzes, da je nach Land andere Holzarten die Nadelwälder dominieren und deren Dichten leicht variieren.

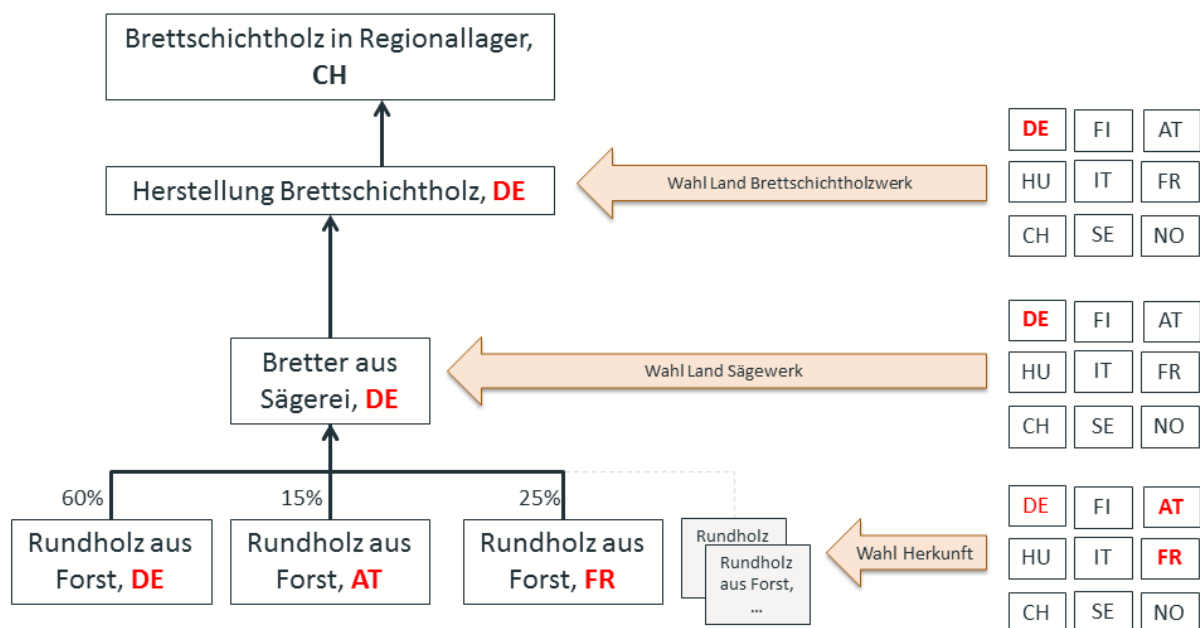


Fig. 2: Darstellung der Auswahlmöglichkeit für die Herkunft des Rundholzes sowie die Standorte der Säge- und Brettschichtholzwerke

In Fig. 2 ist die Lieferkette von Brettschichtholz beispielhaft dargestellt. Das Rundholz kann aus einem bis maximal neun Herkunftsbereichen stammen. Im dargestellten Beispiel kommt das Rundholz zu 60 % aus Deutschland, zu 15 % aus Österreich und zu 25 % aus Frankreich. Als Standort des Sägewerks sowie des Brettschichtholzwerkes wurde Deutschland gewählt. Nach der Herstellung wird das Brettschichtholz in ein Regionallager in der Schweiz transportiert.

4.1.3 Weichfaserplatten

Es gibt einen nassen und einen trockenen Prozess zur Herstellung von Weichfaserplatten. Die Produktion in der Schweiz wird vollständig mit dem trockenen Prozess modelliert, welcher auf Daten vom Schweizer Hersteller Pavatex beruht. Die ausländische Produktion wird mit einem Mix beider Herstellungsprozesse modelliert (69 % nass und 31 % trocken). Die Dichte der in der Schweiz hergestellten Weichfaserplatten beträgt 140 kg/m^3 und jene der ausländischen Weichfaserplatten 160 kg/m^3 . Beide Datensätze werden im Kapitel 4.2.5 in Werner (2017) näher beschrieben. Regionalisiert wurden der benötigte Strom und die Laub- und Nadelholz-Ausgangsstoffe (Holzschnitzel, Faserholz und Schwarten und Spreissel) für die Produktion der Weichfaserplatten. Die Transportaufwände (Distanz und dafür verwendete Transportmittel) der Rohstoffe entsprechen jenen in Werner (2017) und unterscheiden sich nicht für die verschiedenen europäischen Länder. Da zur Produktion von Weichfaserplatten mehrere verschiedene Holzprodukte benötigt werden, wird einfachheitshalber angenommen, dass alles Holz vom Land des Werkes stammt, in welchem die Weichfaserplatten hergestellt werden.

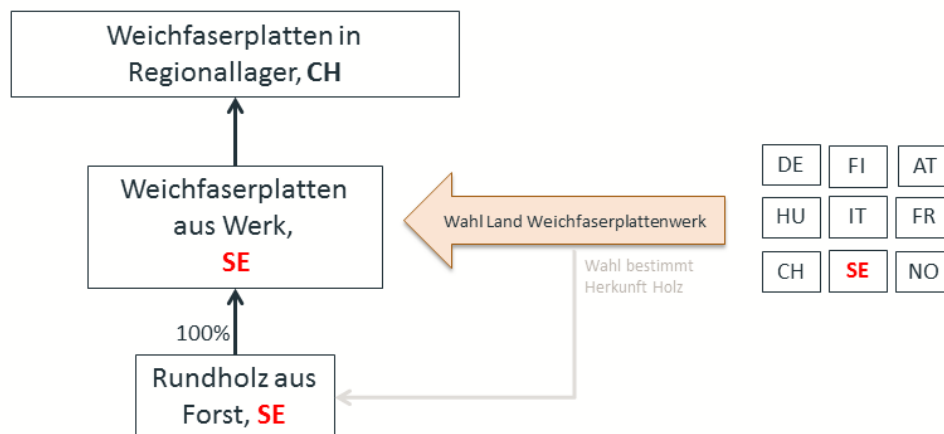


Fig. 3: Darstellung der Wahlmöglichkeiten des Standortes des Weichfaserplattenwerkes

Bei der Weichfaserplattenlieferkette kann der Standort des Weichfaserplattenwerkes gewählt werden. In Fig. 3 wurde Schweden als Standort gewählt. Einfachheitshalber wird angenommen, dass das zur Produktion verwendete Holz ebenfalls aus Schweden stammt. Das Rundholz stammt also immer nur aus dem Land des Weichfaserplattenwerkes.

4.1.4 Spanplatten

Die Dichte aller Spanplatten liegt bei 640 kg/m^3 . In Werner (2017) wird keine für die Schweiz eigene Sachbilanz zur Herstellung von Spanplatten dokumentiert. Deshalb basiert die Spanplattenherstellung der Schweiz ebenfalls auf dem Datensatz für Europa, welcher im Kapitel 4.2.1 in Werner (2017) näher beschrieben wird. Regionalisiert wurden der Strom und die Laub- und Nadelholz-Ausgangsstoffe (Sägemehl, Schwarten und Spreissel, Holzschnitzel und Faserholz). Der Transportaufwand wird über alle Länder konstant gehalten. Die PF-gebundenen und die UF-gebundenen Spanplatten unterscheiden sich weder in deren Herstellung, noch in deren Entsorgung. Bei den UF-gebundenen, beschichteten Spanplatten kommt einzig die Beschichtung hinzu. Ob die Spanplatte für den Feucht- oder Trockenbereich hergestellt wird führt aus ökobilanzieller Sicht zu keinem Unterschied. Da zur Produktion von Spanplatten mehrere verschiedene Holz-Ausgangsstoffe benötigt werden, wird einfachheitshalber angenommen, dass alles für die Produktion verwendete Holz vom Land des Werkes stammt, in welchem die Spanplatten hergestellt werden.

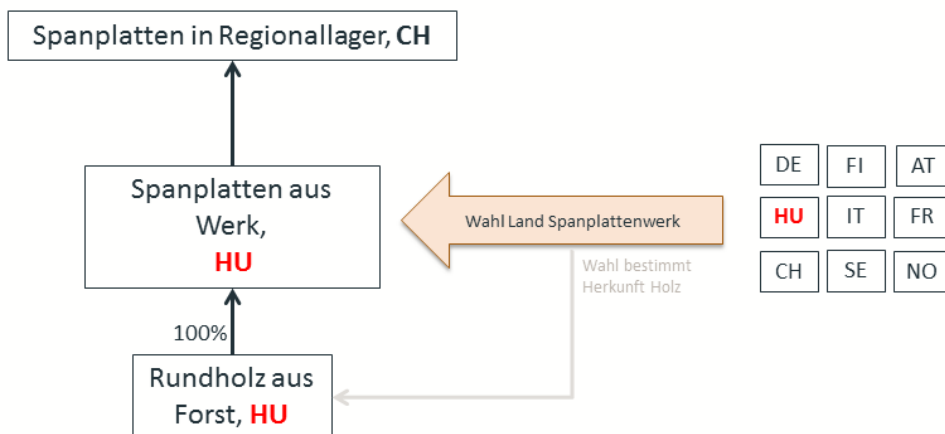


Fig. 4: Darstellung der Auswahlmöglichkeiten des Standortes des Spanplattenwerkes

In Fig. 4 ist die Auswahlmöglichkeiten des Standortes des Spanplattenwerkes dargestellt. Im Beispiel wurde Ungarn als Standort gewählt. Einfachheitshalber wird angenommen, dass das zur Produktion verwendete Holz ebenfalls aus Ungarn stammt. Das Rundholz kann nur aus dem Land des Spanplattenwerkes stammen.

4.1.5 Dreischichtplatten

Dreischichtplatten werden ausschliesslich aus kammergetrockneten Brettern aus Nadelholz mit einer Restfeuchte von $u=10\%$ gefertigt. Regionalisiert wurden der Stromverbrauch des Dreischichtplattenwerkes, die Holzbretter sowie die Holzschnitzel, die verfeuert werden. Im Holzrechner kann sowohl das Land des Sägewerkes, in welchem das Rundholz zu kammergetrockneten Brettern verarbeitet wird, wie auch das Land, der Verarbeitung jener Bretter zu Dreischichtplatten separat ausgewählt werden. Die Umweltauswirkungen der Verarbeitungsschritte beider Werke werden mit dem jeweiligen Strommix des ausgewählten Landes berechnet. Ebenfalls kann auch das unverarbeitete Rundholz aus unterschiedlichen Ländern stammen und über verschiedene Transportdistanzen in die Sägerei transportiert werden. Die Dichte von Dreischichtplatten ist abhängig von der Herkunft des Rundholzes, da je nach Land andere Holzarten die Nadelwälder dominieren und deren Dichten leicht variieren.

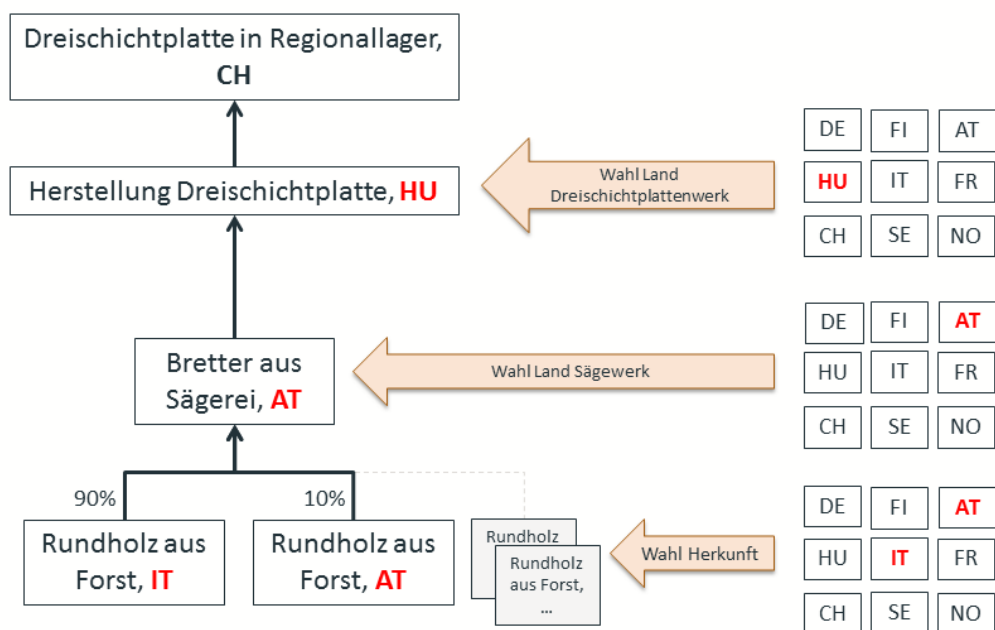


Fig. 5: Darstellung der Auswahlmöglichkeiten der Herkunft des Rundholzes und der Standorte des Säge- und Dreischichtplattenwerkes

In Fig. 5 sind die Auswahlmöglichkeiten zur Herkunft des Rundholzes und den Standorten des Säge- und Dreischichtplattenwerkes dargestellt. Das Rundholz kann aus einem bis maximal neun Herkunftsbereichen stammen. Im Beispiel kommt das Rundholz zu 90 % aus Italien und zu 10 % aus Österreich. Zudem kann der Standort des Sägewerkes aus denselben neun Ländern gewählt werden. Die Wahl ist unabhängig von den Herkunftsländern des Rundholzes. In Fig. 5 wurde als Standort Österreich gewählt. Die Weiterverarbeitung zu Dreischichtplatten geschieht in Ungarn. Danach werden die Dreischichtplatten in ein Regionallager in der Schweiz transportiert.

4.1.6 Brettsperrholz

Brettsperrholz wird ausschliesslich aus kammergetrockneten Brettern aus Nadelholz mit einer Restfeuchte von $u=10\%$ gefertigt. Regionalisiert wurden der Stromverbrauch des Brettsperrholzwerkes, die Holzbretter sowie die Holzschnitzel, die verfeuert werden. Brettsperrholz für den Aussenbereich ist zusätzlich beschichtet. Im Holzrechner kann sowohl das Land des Sägewerkes, in welchem das Rundholz zu kammergetrockneten Brettern verarbeitet wird, wie auch das Land, der Verarbeitung jener Bretter zu Brettsperrholz separat ausgewählt werden. Die Umweltauswirkungen der Verarbeitungsschritte beider Werke werden mit dem jeweiligen Strommix des ausgewählten Landes berechnet. Ebenfalls kann auch das unverarbeitete Rundholz aus unterschiedlichen Ländern stammen und über verschiedene Transportdistanzen in die Sägerei transportiert werden. Der Entsorgungsaufwand von Brettsperrholz für die Innen- wie für die Aussenanwendung ist identisch. Die Dichte von Brettsperrholz ist abhängig von der Herkunft des Rundholzes, da je nach Land andere Holzarten die Nadelwälder dominieren und deren Dichten leicht variieren.

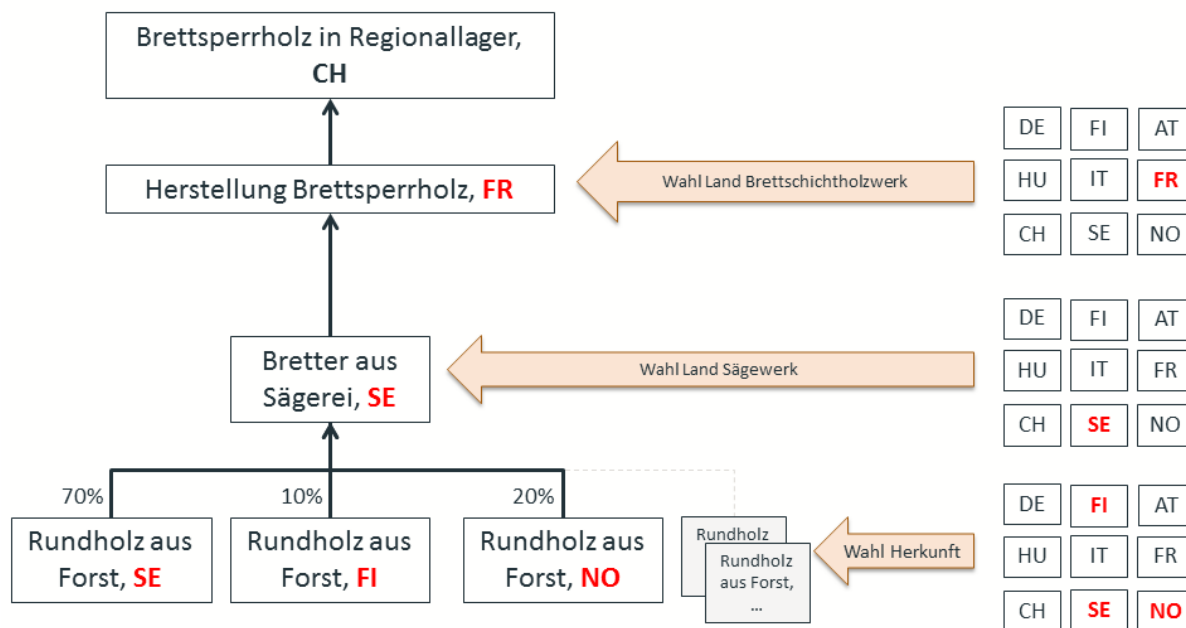


Fig. 6: Darstellung der Auswahlmöglichkeiten zur Herkunft des Rundholzes und der Standorte des Säge- und Brettsperrholzwerkes

In Fig. 6 sind die Auswahlmöglichkeiten zur Herkunft des Rundholzes und der Standorte des Säge- bzw. Brettsperrholzwerkes dargestellt. Im Beispiel stammt das Rundholz zu 70 % aus Schweden, zu 10 % aus Finnland und zu 20 % aus Norwegen. Das Rundholz kann aus einem bis maximal neun Herkunftsgebieten stammen. Im Beispiel wird das Rundholz nach Schweden transportiert und dort zu Brettern verarbeitet. Die Herstellung von Brettsperrholz wird in Frankreich durchgeführt. Danach wird das Brettsperrholz in ein Regionallager in der Schweiz transportiert.

5 Vergleich der Umweltauswirkungen

Die Umweltbelastung, ausgedrückt in Umweltbelastungspunkten, der Herstellung pro m³ Holzprodukt berechnet mit dem Holzrechner weicht sowohl von der Umweltbelastung der Holzprodukte gemäss Werner (2017) und Werner et al. (2007) und als auch berechnet mit den Hintergrunddaten des Datenbestandes DQRv2:2016 (KBOB et al. 2016) ab. Der Grund dafür ist, dass im Holzrechner bei der Quantifizierung der Umweltbelastung der Herstellung berücksichtigt wird, dass lediglich 50 % der Holzressource verbrauchend genutzt wird (siehe Abschnitt 2.1.2). Es gibt bezüglich allen Umweltindikatoren eine geringfügige Differenz zwischen den Ergebnissen gemäss Holzrechner und den Datensätzen von Werner (2017) und Werner et al. (2007) ausgewertet mit dem Datenbestand DQRv2:2016 (KBOB et al. 2016) pro m³ Holzprodukt, da der Transportaufwand von Rundholz zur Sägerei in allen Datensätzen von Werner (2017), unabhängig von der transportierten Holzart und damit unabhängig von dessen spezifischer Dichte, als gleich gross angenommen wurde. Im Holzrechner werden jedoch die geringfügigen Dichteunterschiede von Rundholz der Feuchte u=70 % berücksichtigt. Unter der Annahme derselben Dichte wären die Umweltauswirkungen bei einer Transportdistanz von 40 km und ohne Ressourcenkorrektur identisch zu den mit dem Datenbestand DQRv2:2016 (KBOB et al. 2016) ausgewerteten Datensätzen von Werner (2017) und Werner et al. (2007).

Literatur

- BAFU (Hrsg.) (2016) Jahrbuch Wald und Holz 2016. Umwelt-Zustand Nr. 1640. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern, Schweiz.
- Eidgenössische Zollverwaltung EZV (2017) Aussenhandelsstatistik. Eidgenössische Zollverwaltung EZV, Bern, retrieved from: <https://www.swiss-impex.admin.ch/>.
- 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>.
- Frischknecht R. and Ramseier L. (2020) Broschüre Ökobilanzen Holz und Holzgebäude. treeze ltd., im Auftrag der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB, Uster, CH.
- 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 (2016) 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.
- Lignum, Holzbau Schweiz, Holzindustrie Schweiz and Waldwirtschaft Schweiz (2010) Qualitätskriterien für Holz und Holzwerkstoffe im Bau und Ausbau : Handelsgebräuche für die Schweiz, Zürich.
- PRé Consultants (2017) SimaPro 8.4.0, Amersfoort, NL.
- Ramseier L. and Frischknecht R. (2020) Manual Holzrechner. treeze ltd., im Auftrag der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB, Uster, CH.
- 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.