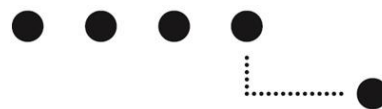


Berechnung des CO₂-Reduktionseffekts von Holz, Holzwerkstoffen und zellulosehaltigen Baustoffen

Bericht

Berner Fachhochschule
Architektur, Holz und Bau



Bericht Nr.	B-01
Klassifizierung	Öffentlich
Datum	22.01.2013
Verfasser	BFH-AHB: Dr. Ernst Zürcher Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau Solithurnstrasse 102 CH-2504 Biel ernst.zuercher@bfh.ch
	CO ₂ -Institut Schweiz: Urs Christian Luginbühl Markus Reinhard CO ₂ -Institut Schweiz c/o VGQ Bahnhofplatz 1 CH-2502 Biel urs.luginbuehl@co2-institut.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUSGANGSLAGE UND ZIEL	3
2	BERECHNUNGSMETHODE	3
3	CO₂-REDUKTIONSEFFEKT VON HOLZ	3
4	CO₂-REDUKTIONSEFFEKT VON HOLZWERKSTOFFEN	5
4.1	Sperrholzplatten und Furnierschichtholzplatten	5
4.2	Spanplatten und OSB.....	5
4.3	Faserplatten.....	6
4.4	Mineralisch gebundene Platten	6
5	CO₂-REDUKTIONSEFFEKT VON ZELLULOSEHALTIGEN BAUSTOFFEN	7
6	QUELLEN	7
7	BESTIMMUNGEN ZUM VORLIEGENDEN BERICHT	7
7.1	Umfang des Berichts	7

1 AUSGANGSLAGE UND ZIEL

Durch den Vorgang der Photosynthese im Blatt des Baumes wird Kohlendioxid (CO₂) aus der Luft entnommen und gespalten. Der Kohlenstoff (C) wird mit der Hälfte des Sauerstoffs (O) im Holz gespeichert. Der restliche Sauerstoff geht, gebunden an Wasserstoff (H), in Form von Wasser in die Pflanze, oder von Wasserdampf zurück in die Atmosphäre. Der Atmosphäre wird somit für die gesamte Nutzungsdauer der Holzprodukte überschüssiges, klimaschädigendes CO₂ entzogen.

Das über die Wurzeln aufgenommene Wasser (H₂O) wird ebenfalls gespalten. Der Wasserstoff (H) wird zur Hälfte im Holz gespeichert und zur anderen Hälfte für „neues“ Wasser eingesetzt; der Sauerstoff (O₂) wird gasförmig in die Atmosphäre abgegeben.

Aufgrund von verschiedenen Weltklimakonferenzen gewinnt die CO₂-Bilanzierung weiter an Wichtigkeit. Am 23. Dezember 2011 hat der Schweizer Nationalrat die Klimapolitik der Schweiz von 2013–2020 verabschiedet. Neu wird es möglich, den in verbautem Holz gespeicherten Kohlenstoff (C) anzurechnen.

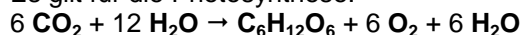
Wie kann nun von einem Holzvolumen der Anteil an gespeichertem Kohlenstoff bzw. die reduzierte Menge an CO₂ berechnet werden? Das vorliegende Dokument zeigt diesen Berechnungsweg und dessen Grundlagen für Holz, Holzwerkstoffe und zellulosehaltige Baustoffe auf und kann so als Berechnungsbasis für die Beurteilung des CO₂-Reduktionseffekts von Produkten oder auch ganzen Bauten beigezogen werden.

Auf diese Art und Weise wurden die Berechnungen für die Baupraxis und insbesondere als Rechnungsbasis für das CO₂-Institut Schweiz (www.co2-institut.ch) erstellt. Genauere Berechnungen auf Basis der Darrdichte resp. bei Holzwerkstoffen mit den effektiven Holzfeuchten und Zusatzstoffanteilen können analog nach dem gleichen Vorgehen durchgeführt werden.

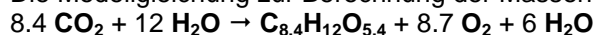
2 BERECHNUNGSMETHODE

Die Berechnung basiert auf mehreren Berechnungsschritten. Dem feuchten Schnittholz werden das Wasser und bei den Holzwerkstoffen zusätzlich die Zusatzstoffe heraus gerechnet. Auf der Basis dieser absolut trockenen Holzmasse kann über die Photosynthese Gleichung das aus der Atmosphäre entnommene CO₂ berechnet werden. Dabei haben Zimmer und Wegener (1996, siehe auch Zimmer, 2002) herausgefunden, dass bei Holz eine angepasste chemische Gleichung gilt und nicht einfach diejenige von synthetisiertem Traubenzucker verwendet werden kann.

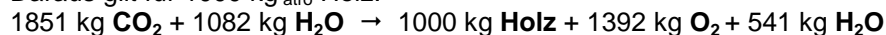
Es gilt für die Photosynthese:



Die Modellgleichung zur Berechnung der Massenströme beim Aufbau von Holz zeigt:



Daraus gilt für 1000 kg_{atro} Holz:



Aus dieser Formel ergibt sich für die Massenverhältnisse zwischen CO₂ und Holz der Umrechnungsfaktor von 1.851.

3 CO₂-REDUKTIONSEFFEKT VON HOLZ

Als Quelle für die Rohdichte der heimischen Hölzer wurde der Holzatlas (Wagenführ, 2000) beigezogen. Die Daten basieren auf einer in der Nutzung üblichen Einbau-Holzfeuchte von 12 – 15%. Mittels Umrechnung wurde auf die tatsächliche Holzmasse (ohne Wasser) geschlossen. Es wurde die häufigste Rohdichte verwendet und durch Wert 1.135 (mittlere Holzfeuchte von 13.5%) geteilt. Auf der Basis der absolut trockenen Holzmasse wurde anschliessend mit dem Faktor 1.851 der CO₂-Reduktionseffekt berechnet.

Vereinfacht kann dieses Verfahren auch für keilgezinktes Vollholz, schichtverleimtes Vollholz, Brett-schichtholz oder Brettsperrholz verwendet werden, da deren Klebstoffanteil relativ gering ist.

Tabelle 1: CO₂-Reduktionseffekt einer Auswahl heimischer Hölzer

Holzarten		Rohdichte ¹⁾	Feuchte	CO ₂ -Reduktionseffekt
Bezeichnung Deutsch	wissenschaftlicher Name	[kg/m ³]	[M-%]	[kg/m ³]
Ahorn / Bergahorn	Acer	630	12-15%	1027
Arve, Zirbe	Pinus cembra	430 ²⁾	15%	692
Aspe, Zitterpappel	Populus tremula	490	12-15%	799
Birke	Betula pendula	650	12-15%	1060
Birnbaum	Pyrus communis	740	12-15%	1207
Douglasie	Pseudotsuga menziesii	510	12-15%	832
Edelkastanie	Castanea stiva	620	12-15%	1011
Eibe	Taxus baccata	670	12-15%	1093
Eiche / Roteiche	Quercus rubra	700	12-15%	1142
Eiche/Stiel, Traubeneiche	Quercus robur, Q. petraea	690	12-15%	1125
Erle, Roterle	Alnus	550	12-15%	897
Esche	Fraxinus excelsior	690	12-15%	1125
Fichte, Rottanne	Picea abies	470	12-15%	766
Kiefer, Gemeine / Waldföhre	Pinus sylvestris	510	12-15%	832
Kirschbaum, Europäi- scher, wilder	Prunus avium	630	12-15%	1027
Lärche, Europäische	Larix decidua	590	12-15%	962
Linde	Tilia	530	12-15%	864
Nussbaum, Europäi- scher, Walnussbaum	Juglans regia	680	12-15%	1109
Pappel / Schwarz-	Populus	450	12-15%	734
Platane	Platanus	620	12-15%	1011
Robine	Robinia pseudoacacia	770	12-15%	1256
Roskastanie	Aesculus hippocastanum	550	12-15%	897
Rotbuche, Buche	Fagus sylvatica	720	12-15%	1174
Tanne, Weissanne	Abies alba	450	12-15%	734
Ulme, Rüster	Ulmus glabra	680	12-15%	1109
Weide, Weissweide	Salix alba	350	12-15%	571
Weissbuche, Hagebuche	Carpinus betulus	830	12-15%	1354
Weymouthsföhre, Weymouthskiefer	Pinus strobus	400	12-15%	652

¹⁾ Rohdichte $r_{12...15}$ gemäss "Holzatlas" (Wagenführ, 2000)

²⁾ Rohdichte r_{15} gemäss "Einheimische und Fremdländische Nutzhölzer" (Kucera & Gfeller, 1994)

4 CO₂-REDUKTIONSEFFEKT VON HOLZWERKSTOFFEN

Analog wie beim Massivholz gilt es für die unterschiedlichen Holzwerkstoffe die absolut trockene Holzmasse zu berechnen. Als Berechnungsbasis wurden zahlreiche Herstellerinformationen und Produkte-Dokumentationen beigezogen. Bei Werten, welche in einer bestimmten Spannbreite vorlagen (Rohdichte, Zusatzstoffanteil), wurde der untere Wert übernommen. Der Feuchtegehalt beträgt je nach Produkt 8-9%.

Ausgehend von der Rohdichte wurde mittels Feuchtegehalt auf die Trockenmasse der Holzwerkstoffe geschlossen. Davon wurden die Zusatzstoffe abgezogen, wobei immer die höchsten Werte der Herstellerangabe berücksichtigt wurden. Auf der Basis der berechneten absolut trockenen Holzmasse wurde dann wie beim Massivholz mit dem Faktor 1.851 der CO₂-Reduktionseffekt bestimmt. Beim Vergleich mehrerer Produkte gleicher Art, wurde jeweils der tiefere CO₂-Reduktionseffekt in die Tabelle aufgenommen.

Der CO₂-Reduktionseffekt wird in den Tabellen immer in Kilogramm pro Kubikmeter angegeben. Die meisten Holzwerkstoffe sind jedoch plattenförmige Produkte. Mittels Multiplikation der tabellierten Werte mit der Plattendicke (in Metern,) kann vereinfacht der CO₂-Reduktionseffekt in Kilogramm pro Quadratmeter für die unterschiedlichen auf dem Baumarkt erhältlichen Materialdicken berechnet werden.

4.1 Sperrholzplatten und Furnierschichtholzplatten

Tabelle 2: CO₂-Reduktionseffekt von Sperrholz und Furnierschichtholz

Produkte	Rohdichte	Feuchte	Zusatzstoffe	CO ₂ -Reduktionseffekt
	[kg/m ³]	[M-%]	[M-%]	[kg/m ³]
Sperrholz / Furnierschichtholz Nadelholz	480	9%	7%	758
Sperrholz / Furnierschichtholz (Laubholz, leicht)	440	9%	7%	695
Sperrholz / Furnierschichtholz (Laubholz, schwer)	700	9%	7%	1106

4.2 Spanplatten und OSB

Tabelle 3: CO₂-Reduktionseffekt von Spanplatte und OSB

Produkte	Rohdichte	Feuchte	Zusatzstoffe	CO ₂ -Reduktionseffekt
	[kg/m ³]	[M-%]	[M-%]	[kg/m ³]
Spanplatte / Spanplatte beschichtet	550	9%	12%	822
Spanplatte furniert	580	9%	12%	867
OSB (Oriented Strand Board)	600	9%	7%	948

4.3 Faserplatten

Tabelle 4: CO₂-Reduktionseffekt von Faserplatten

Produkte	Rohdichte	Feuchte	Zusatzstoffe	CO ₂ -Reduktionseffekt
	[kg/m ³]	[M-%]	[M-%]	[kg/m ³]
Holzfaserdämmstoff flexibel	40	8%	15%	58
Holzfaserdämmstoff druckfest	110	8%	5%	179
Holzfaserdämmstoff druckfest	140	8%	5%	228
Holzfaserdämmstoff druckfest	170	8%	5%	277
Holzfaser-Unterdachplatte	200	8%	5%	326
Mitteldichte Faserplatte (MDF)	630	9%	15%	909
Hartfaserplatte leicht	750	9%	4%	1223
Hartfaserplatte schwer	900	9%	4%	1467

4.4 Mineralisch gebundene Platten

Einige Hersteller geben den Zusatzstoff- bzw. den Holzanteil in Volumenprozenten an. In diesen Fällen wurde für die Berechnung der Holzmasse eine Darrdichte von 440 kg/m³ angenommen.

Tabelle 5: CO₂-Reduktionseffekt von mineralisch gebundenen Platten

Produkte	Rohdichte	Feuchte	Zusatzstoffe	CO ₂ -Reduktionseffekt
	[kg/m ³]	[M-%]	[M-%]	[kg/m ³]
Zementgebundene Holzwolleplatte	360	9%	70%	183
Gipsgebundene Spanplatte	900	9%	83%	260
Zementgebundene Spanplatte	1250	9%	78%	467

5 CO₂-REDUKTIONSEFFEKT VON ZELULOSEHALTIGEN BAUSTOFFEN

Bei den zellulosehaltigen Baustoffen gilt es, analog zu den Holzwerkstoffen, die trockene Masse des Ursprungsmaterials (Altpapier oder Zeitungspapier) zu berechnen. Nach der Feuchtigkeit wurden die Zusatzstoffe abgezogen. Daraus wurde der Kohlenstoff-Gehalt berechnet. Er beträgt gemäss Herstellerangaben bei Alt- bzw. Zeitungspapiers 45.8%. Ausgehend von diesem Wert wurde anschliessend mit dem Mol-Verhältnis 44/12 (CO₂ zu C, Faktor 3.67) der CO₂-Reduktionseffekt berechnet.

Bei Zellulose-Dämmstoffen kann gemäss Herstellerangaben von einem Feuchtegehalt von 7% und einem Anteil an Zusatzstoffen von 8% ausgegangen werden.

Tabelle 6: CO₂-Reduktionseffekt von Zellulose-Dämmstoffen

Produkt	Masse	Feuchte	Zusatzstoffe	Papieranteil	CO ₂ -Reduktionseffekt
	[t]	[M-%]	[M-%]	[t/t]	[t/t]
Zellulose-Dämmstoff	1	7%	8%	0.86	1.44

Bei Gipsfaserplatten kann gemäss Herstellerangaben von einem Feuchtegehalt von 0.7% und einem Gipsanteil von 82% ausgegangen werden.

Tabelle 7: CO₂-Reduktionseffekt von Gipsfaserplatten

Produkt	Masse	Feuchte	Gipsanteil	Zellulose-Anteil	CO ₂ -Reduktionseffekt
	[kg/m ³]	[M-%]	[M-%]	[kg/ m ³]	[kg/m ³]
Gipsfaserplatte	1150	0.7%	82%	210	345

6 QUELLEN

Kucera, L. J., & Gfeller, B. (1994): *Einheimische und Fremdländische Nutzhölzer*. Zürich Biel: ETH, SH-Holz.

Wagenführ, R. (2000): *Holz atlas*. München Wien: Carl Hanser Verlag.

Zimmer, B. & Wegener (1996): *Stoff- und Energieflüsse vom Forst zum Sägewerk*. Holz als Roh- und Werkstoff 54 (1996): 217-223.

Zimmer, B. (2002): *Ökobilanzierung - Bewertungssystem für Werkstoffe und Produkte der Zukunft*. Institut für Holzforschung (ihf) und Verband Holzwirte Österreichs – VHÖ, Lignovisionen , Bd 2: 69-78.

Bei den Holzwerkstoffen und den zellulosehaltigen Baustoffen wurden als Quellen zahlreiche Hersteller-Informationen und Produkte-Dokumentationen beigezogen. Auf deren Auflistung wird hier verzichtet.

7 BESTIMMUNGEN ZUM VORLIEGENDEN BERICHT

Dieser Bericht darf nicht ohne Genehmigung der Autoren auszugsweise vervielfältigt werden. Jegliche Veröffentlichung des Berichts oder von Teilen davon bedarf der schriftlichen Zustimmung der Autoren.

7.1 Umfang des Berichts

Dieser Bericht besteht 7 Seiten inkl. Titelblatt.