

Stora Enso CLT

Technische Broschüre



Stora Enso

Gutes tun für die Menschheit und unseren Planeten

Stora Enso ist ein führender Anbieter von nachhaltigen Lösungen für die Bereiche Verpackung, Biomaterialien, Holz und Papier auf globalen Märkten. Unser Ziel ist es, Materialien auf fossiler Basis durch Innovation und Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen auf der Basis von Holz und anderen erneuerbaren Materialien zu ersetzen. Das Unternehmen erwirtschaftete 2015 mit rund 26.000 Mitarbeitern/innen in mehr als 35 Ländern einen Umsatz von 10 Milliarden Euro. Die Stora Enso-Aktien werden an den Börsen von Helsinki und Stockholm gehandelt.

Die Division Wood Products bietet vielseitige holzbasierte Lösungen für Bau- und Wohnzwecke an. Unsere Produktpalette deckt alle Bereiche urbanen Bauens ab und umfasst unter anderem Massivholzelemente und Hausmodule, Holzkomponenten und Pellets. Unser Angebot wird durch eine Reihe von Schnittholzprodukten abgerundet. Zu unseren Kunden zählen vor allem Bau- und Tischlereiunternehmen sowie Groß- und Einzelhändler. Wood Products ist weltweit tätig und betreibt in Europa mehr als 20 Produktionseinheiten.

Rethink – ist der Motor für unsere Veränderung und enthält unser Versprechen, Altes stets zu überdenken und uns in allem, was wir tun, Neuem zuzuwenden.

Unsere Grundwerte – führend vorgehen und ethisch handeln – sind unsere Leitsterne überall, wo wir tätig sind. Unsere Grundwerte müssen stets im Einklang mit lokalen Gesetzen und Vorschriften stehen, sollen uns aber zugleich dabei helfen, über die lokale Praxis hinaus Positives für die Menschen und ihre Gemeinschaften zu bewirken.

Unser Unternehmenszweck – Gutes tun für die Menschheit und ihren Planeten – drückt den letztendlichen Sinn aller unserer Bemühungen aus. Warum wir für unsere wirtschaftlichen Ziele, Märkte und andere Faktoren eine Strategie erarbeiten und umsetzen. Und wie wir diese Welt, die sozialen Gemeinschaften und das Leben aller Menschen, die durch unsere Produkte, Aktivitäten und Lieferketten mit uns in Kontakt kommen, verbessern wollen.



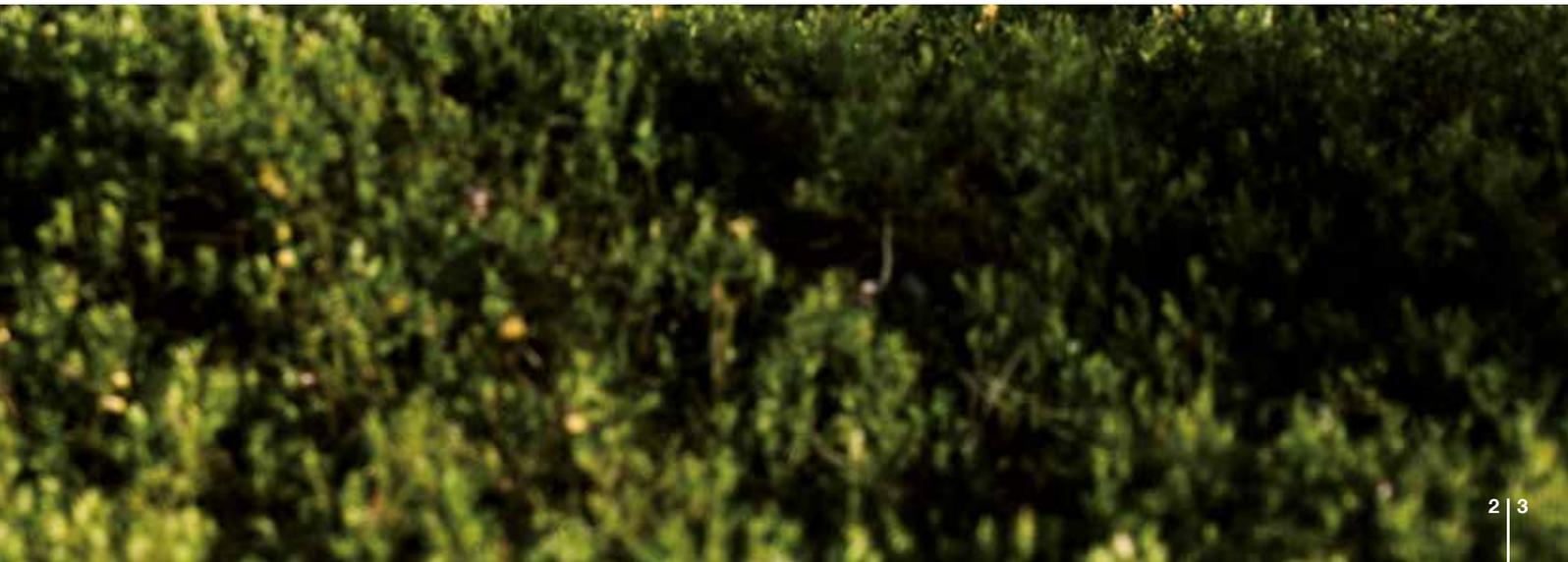
Inhaltsverzeichnis



1. CLT – Cross Laminated Timber	4
Kenndaten	4
Standardaufbauten	5
Plattenaufbau	6
Oberflächenqualitäten	7
Qualitätsbezeichnungen	8
2. Konstruktion	10
3. Bauphysik	12
Wärmeschutz	12
Luftdichtheit	14
Feuchte	16
Schallschutz mit CLT	18
Brandschutz von CLT	21
4. Statik	24
Allgemeines	24
Berechnung und Bemessung von CLT	25
Bemessung mit Stora Enso CLT-Bemessungssoftware	26
Vorbemessungstabellen	26
5. Projektabwicklung	28

Diese Broschüre ist ein Auszug des technischen CLT-Orders. Sämtliche Quellenangaben sind dort zu finden.

Siehe auch: www.clt.info/media-downloads
Die Stora Enso Wood Products GmbH übernimmt keine Haftung für die Vollständigkeit oder Richtigkeit der vorliegenden Daten.



1. CLT

Cross Laminated Timber



Kenndaten

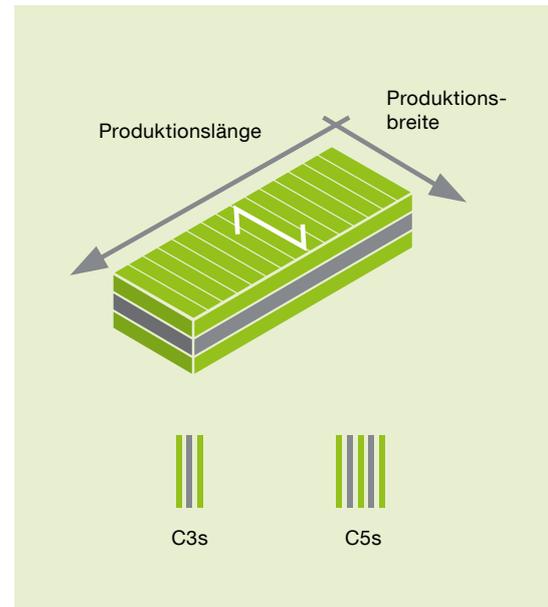
Anwendung	Vorwiegend als Wand-, Decken- und Dachplatte im Wohn- und Objektbau.
Maximale Plattenbreite	2,95 m
Maximale Plattenlänge	16,00 m
Maximale Plattenstärke	320 mm
Plattenaufbau	Mindestens drei Lagen kreuzweise verklebter Einschichtplatten. Ab fünf Lagen kann CLT auch Mittellagen (Querlagen) ohne Schmalseitenverklebung beinhalten.
Holzarten	Fichte (Kiefer, Lärche und Weißtanne auf Anfrage; Mittellagen können Kiefer enthalten!)
Sortierklasse Rohlamelle	C24 (entsprechend der Zulassung können bis zu 10 % der Lamellen der Sortierung C16 entsprechen; andere Sortierklassen auf Anfrage).
Holzfeuchte	12 % ± 2 %
Klebstoff	Formaldehydfreie Klebstoffe für die Schmalseitenverklebung, Keilzinkung und Flächenverklebung.
Optische Qualität	Nichtsicht-, Industriesicht- und Sichtqualität; die Oberflächen sind immer beidseitig geschliffen.
Eigengewicht	Für die Ermittlung des Transportgewichtes: ca. 470 kg/m ³ .
Brandklasse	Nach der Entscheidung der Kommission 2003/43/EC: <ul style="list-style-type: none">• Holzbauteile (außer Böden) ➔ Euroklasse D-s2, d0• Böden ➔ Euroklasse Dfl-s1
Wärmeleitfähigkeit λ	0,13 W/(mK)
Luftdichtheit	CLT-Platten werden aus mindestens drei Lagen Einschichtplatten hergestellt, wodurch sie über eine hohe Luftdichtheit verfügen. Die Luftdichtheit einer 3-schichtigen CLT-Platte wurde nach EN 12 114 geprüft und es wurde festgestellt, dass die Volumenströme außerhalb des messbaren Bereichs lagen.
Nutzungsklassen Verwendbarkeit	Nach EN 1995-1-1 verwendbar in den Nutzungsklassen 1 und 2.

Unsere CLT-Standardaufbauten

C-Platten

Die Faserrichtung der Decklagen verläuft immer parallel zu den Produktionsbreiten.

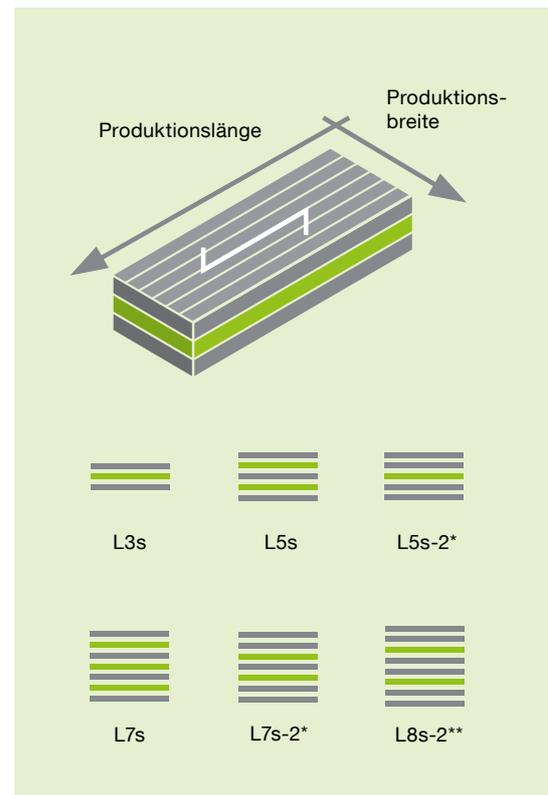
Stärke [mm]	Plattentyp [-]	Lagen [-]	Plattenaufbau [mm]					
			C***	L	C***	L	C***	L
60	C3s	3	20	20	20			
80	C3s	3	20	40	20			
90	C3s	3	30	30	30			
100	C3s	3	30	40	30			
120	C3s	3	40	40	40			
100	C5s	5	20	20	20	20	20	
120	C5s	5	30	20	20	20	30	
140	C5s	5	40	20	20	20	40	
160	C5s	5	40	20	40	20	40	



L-Platten

Die Faserrichtung der Decklagen verläuft immer rechtwinklig zu den Produktionsbreiten.

Stärke [mm]	Plattentyp [-]	Lagen [-]	Plattenaufbau [mm]						
			L	C	L	C	L	C	L
60	L3s	3	20	20	20				
80	L3s	3	20	40	20				
90	L3s	3	30	30	30				
100	L3s	3	30	40	30				
120	L3s	3	40	40	40				
100	L5s	5	20	20	20	20	20		
120	L5s	5	30	20	20	20	30		
140	L5s	5	40	20	20	20	40		
160	L5s	5	40	20	40	20	40		
180	L5s	5	40	30	40	30	40		
200	L5s	5	40	40	40	40	40		
160	L5s-2*	5	60	40	60				
180	L7s	7	30	20	30	20	30	20	30
200	L7s	7	20	40	20	40	20	40	20
240	L7s	7	30	40	30	40	30	40	30
220	L7s-2*	7	60	30	40	30	60		
240	L7s-2*	7	80	20	40	20	80		
260	L7s-2*	7	80	30	40	30	80		
280	L7s-2*	7	80	40	40	40	80		
300	L8s-2**	8	80	30	80	30	80		
320	L8s-2**	8	80	40	80	40	80		



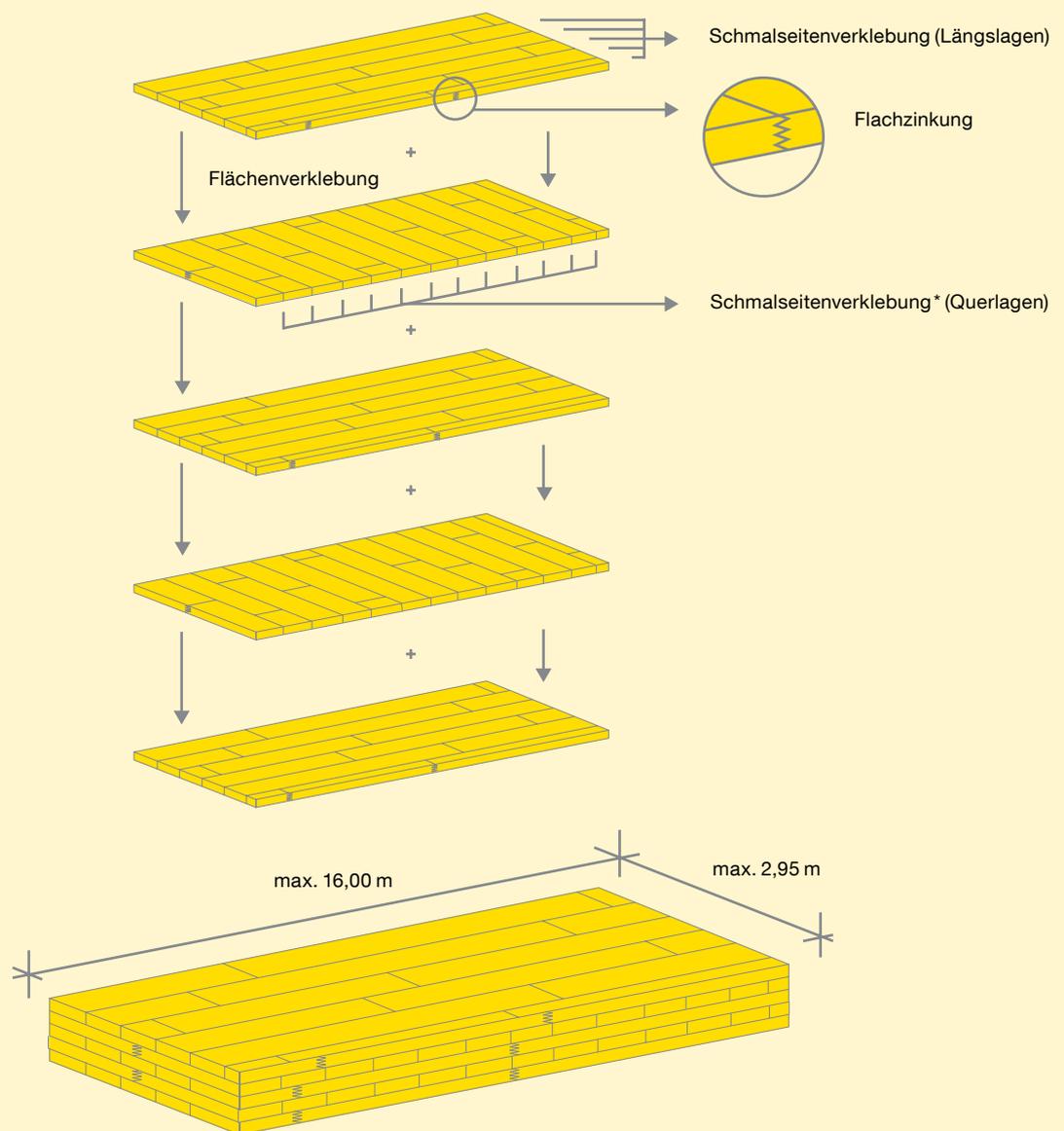
- * Decklagen bestehen aus zwei Längslagen.
- ** Decklagen sowie die innere Lage bestehen aus zwei Längslagen.
- *** Bei C-Platten ist die Schleifrichtung quer zur Faser.

Produktionsbreiten: 245 cm, 275 cm, 295 cm
Produktionslängen: von Mindestproduktionslänge 8,00 m per Verrechnungsbreite bis max. 16,00 m (Abstufung in 10-cm-Schritten)

Plattenaufbau

Der Aufbau der CLT-Massivplatten besteht aus mindestens drei Lagen kreuzweise verklebter Einschichtplatten. Ab fünf Lagen kann CLT auch Mittellagen (Querlagen) ohne Schmalseitenverklebung beinhalten. Es ist derzeit eine Größe von bis zu $2,95 \times 16,00$ m produzierbar.

Beispiel:
Aufbau einer 5-schichtigen CLT-Massivholzplatte



* Ab fünf Lagen können auch Mittellagen (Querlagen) ohne Schmalseitenverklebung verarbeitet werden.

Oberflächenqualitäten

Oberflächenqualität CLT

Erscheinungsklasse der Oberflächenqualität in Bezug auf Produkteigenschaften

Merkmale	VI	IVI	NVI
Verklebung	vereinzelt offene Fugen bis max. 1 mm Breite zulässig	vereinzelt offene Fugen bis max. 2 mm Breite zulässig	vereinzelt offene Fugen bis max. 3 mm Breite zulässig
Bläue	nicht zulässig	leichte Verfärbung zulässig	zulässig
Verfärbungen (Bräune...)	nicht zulässig	nicht zulässig	zulässig
Harzgallen	keine Ansammlungen, max. 5 × 50 mm	max. 10 × 90 mm	zulässig
Rindeneinwuchse	vereinzelt zulässig	vereinzelt zulässig	zulässig
Trockenrisse	vereinzelt Oberflächenrisse erlaubt	zulässig	zulässig
Kern – Markröhre	vereinzelt bis 40 cm Länge erlaubt	zulässig	zulässig
Insektenbefall	nicht zulässig	nicht zulässig	vereinzelt kleine Löcher, bis 2 mm, erlaubt
Äste – gesund	zulässig	zulässig	zulässig
Äste – schwarz	∅ max. 1,5 cm	∅ max. 3 cm	zulässig
Äste – Loch	∅ max. 1 cm	∅ max. 2 cm	zulässig
Waldkante	nicht zulässig	nicht zulässig	max. 2 × 50 cm
Oberfläche	100 % geschliffen	100 % geschliffen	max. 10 % der Fläche rau
Qualität der Oberflächenbearbeitung	vereinzelt kleine Fehlstellen zulässig	vereinzelt Fehlstellen zulässig	vereinzelt Fehlstellen zulässig
Qualität der Schmalseitenverklebung und der Stirnenden	vereinzelt kleine Fehlstellen zulässig	vereinzelt Fehlstellen zulässig	vereinzelt Fehlstellen zulässig
Fase bei L-Platten	ja	ja	nein
Schnittkanten nacharbeiten mit Handschleifpapier	ja	nein	nein
Abbund – Kettensäge	nicht zulässig	zulässig	zulässig
Lamellenbreite	≤ 130 mm	max. 230 mm	max. 230 mm
Holzfeuchte	max. 11 %	max. 15 %	max. 15 %
Holzartenmischung	nicht zulässig	nicht zulässig	bei Fichte sind Tanne und Kiefer erlaubt
Kosmetisierung der Oberfläche mit Dübeln, Leisten ...	zulässig	zulässig	zulässig
Bei C-Platten ist die Schleifrichtung quer zur Faser	zulässig	zulässig	zulässig

VI (Sichtqualität)



IVI (Industriesichtqualität)



NVI (Nichtsichtqualität)



Qualitätsbezeichnungen

Stora Enso bietet drei verschiedene CLT-Oberflächen an

NVI	Nichtsichtqualität
IVI	Industriesichtqualität
VI	Sichtqualität

Aus den drei verschiedenen Oberflächenqualitäten setzen sich die bei Stora Enso erhältlichen CLT-Qualitäten zusammen

Qualitätsbezeichnung	NVI	VI	BVI	INV	IBI	IVI
Decklage	NVI	VI	VI	IVI	IVI	VI
Mittellage	NVI	NVI	NVI	NVI	NVI	NVI
Decklage	NVI	NVI	VI	NVI	IVI	IVI



Vier neue Sonderoberflächen

Um die Auswahlmöglichkeit an Holzarten zu erweitern, gibt es Stora Enso CLT nun auch mit den Sonderoberflächen Kiefer, Lärche, Weißtanne oder Zirbe. Diese wird als 20 mm Zusatzlage in Sichtqualität aufgetragen.

CLT

Kiefer



CLT

Lärche



CLT

Weißtanne



CLT

Zirbe



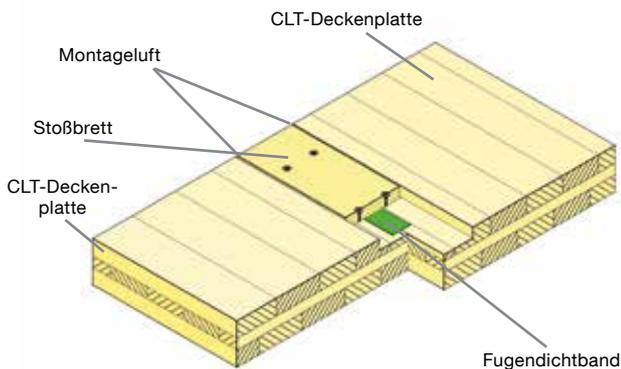


2. Konstruktion

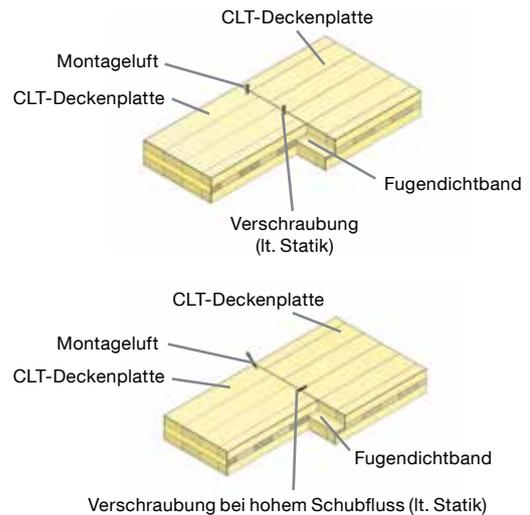
CLT-Elemente haben ein breites Anwendungsgebiet. Bei der Anwendung für beispielsweise Außen-, Innen- und Trennwände übernehmen Bauteile aus CLT aufgrund ihres kreuzweise verleimten Aufbaues sowohl lastabtragende als auch aussteifende Funktionen im Gebäude.

Beispielhafte Konstruktionsdetails und Bauteilaufbauten

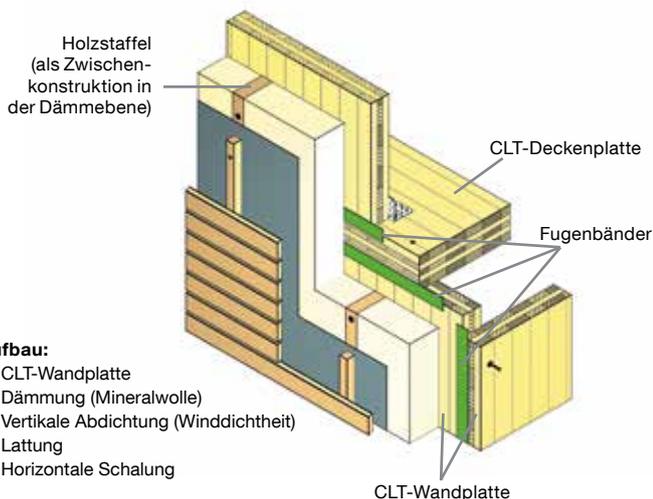
Decke
Deckenstoß (Stoßbrett)



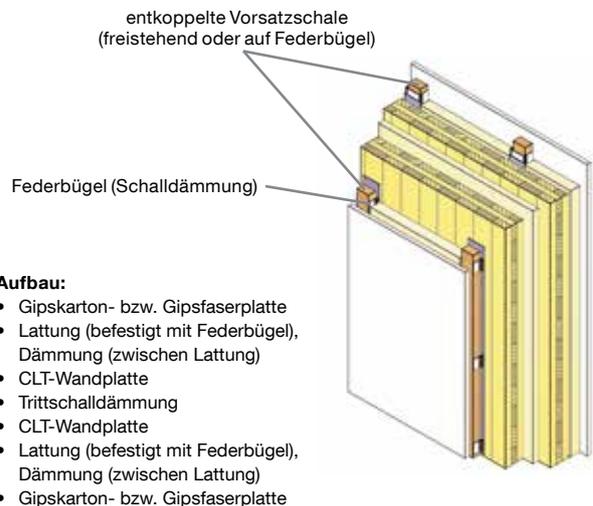
Decke
Deckenstoß (Stufenfalz)



Außenwand
Dämmung mit Mineralwolle



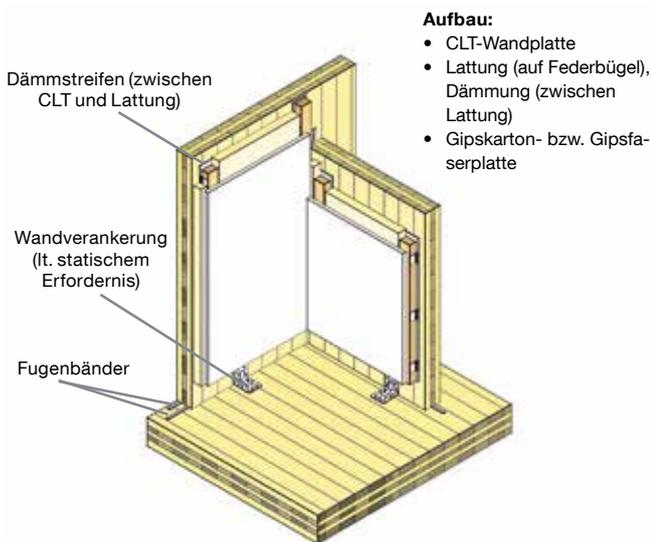
Wohnungstrennwand
System mit zweischaliger CLT-Anordnung



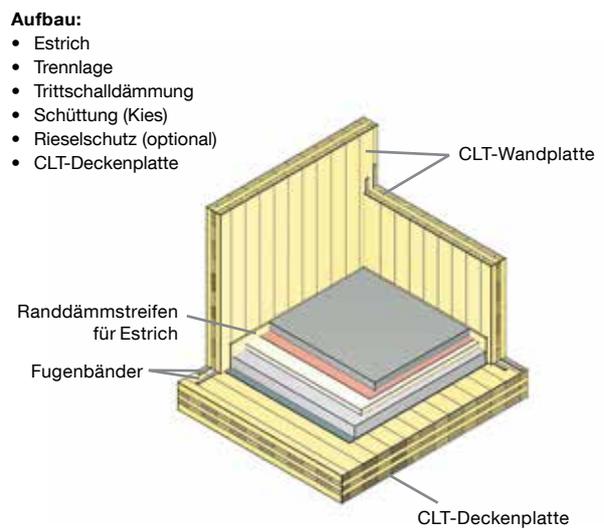
Der hohe Vorfertigungsgrad und die damit gegebene kurze Montagezeit werden vor allem auch beim Einsatz als Dachelemente aufgrund der schnell erreichbaren Regendichtheit von Gebäuden zum großen Vorteil. Einer wirtschaftlichen Ausführung von Dächern und Decken mit üblichen Spann-

weiten steht ebenso wenig im Wege wie der Erfüllung der bauphysikalischen Anforderungen. Diese lassen sich mit richtig gewählten Bauteilaufbauten problemlos erreichen, wobei die Möglichkeiten der Kombination von CLT mit anderen Baustoffen nahezu unbegrenzt sind.

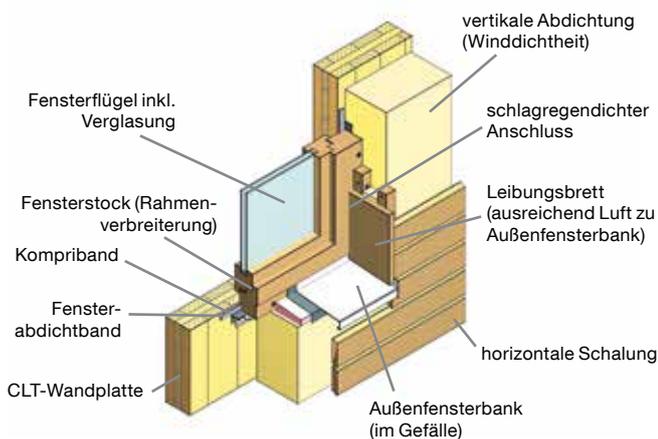
Innenwand Vorschale (Federbügel)



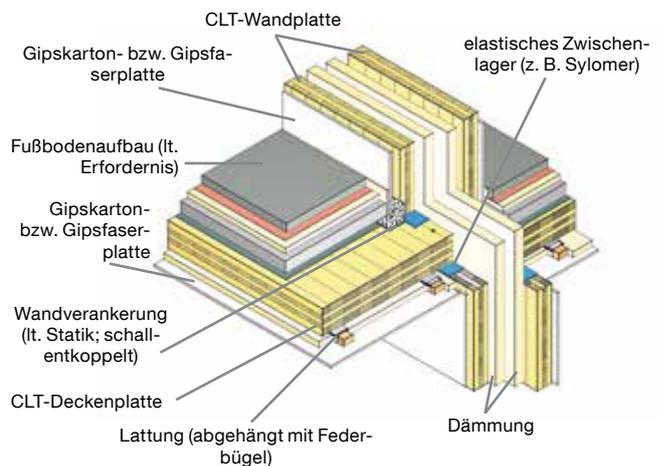
Decke Deckenstoß (Stufenfalz)



Fensteranschluss Einbau mittels Kompriband



Mehrgeschossiger Wohnbau Wand UG – Decke – Wand OG



3. Bauphysik

Wärmeschutz



Grundsätzliches

Der Wärmeschutz von Gebäuden umfasst alle Maßnahmen zur Minimierung des Heizwärmebedarfs¹ während der Wintermonate und des Kühlbedarfs² während der Sommermonate. Das heißt, mit Wärmeschutz versucht man unter

Beachtung der wärmeschutztechnischen Funktionstüchtigkeit von Bauteilen den Energieverbrauch zur Gewährleistung der Behaglichkeit und zur Schaffung eines angenehmen Raumklimas möglichst klein zu halten.

¹) Wärmemenge, die dem Gebäude im Laufe eines Jahres zugeführt werden muss, um eine minimale Raumtemperatur einzuhalten.

²) Wärmemenge, die vom Gebäude im Laufe eines Jahres abgeführt werden muss, um eine maximale Raumtemperatur einzuhalten.

Faktoren bzw. Prinzipien für den Wärmeschutz im Winter

- Vermeidung exponierter Standorte
- Wahl einer kompakten Bauweise
- Geeignete Gebäudeausrichtung im Hinblick auf Fensterflächen
- Ausreichende Dämmung der Gebäudehülle
- Vermeidung von Wärmebrücken
- Ausreichende Luftdichtheit der Gebäudehülle
- Energiedurchlassgrad und Beschattung der transparenten Außenbauteile
- Flächenanteil, Orientierung und Neigungswinkel der transparenten Außenbauteile
- Wärmedämmeigenschaften der opaken Außenbauteile
- Interne Heizlasten (Personen, Elektrogeräte etc.)
- Grundriss bzw. Raumgeometrie
- Raumlüftung
- Wärmespeichereigenschaften der raumumgrenzenden Bauteile

Wärmeschutz mit CLT

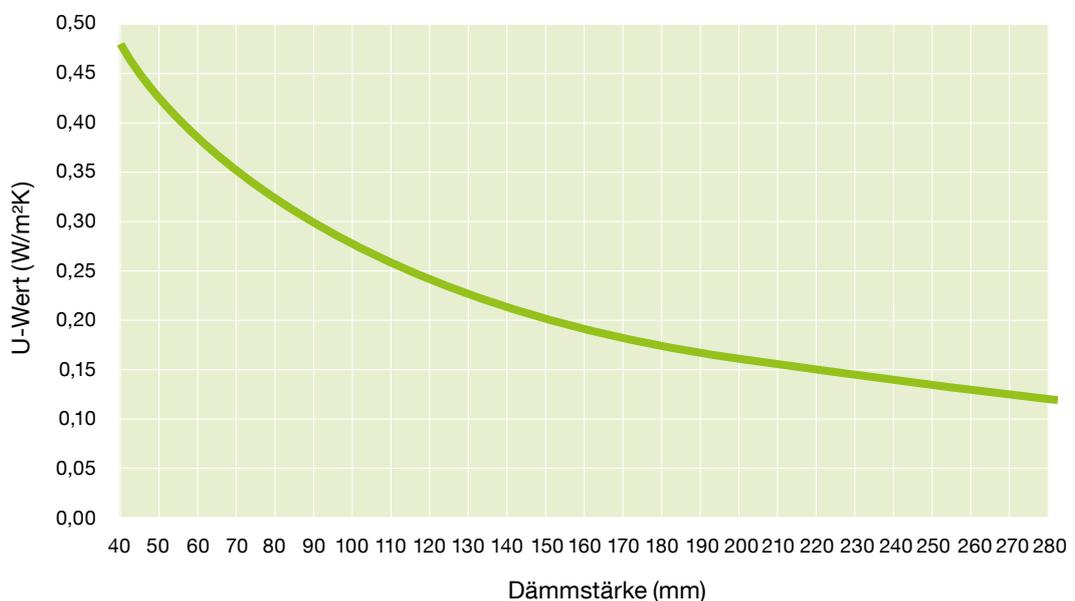
Der Wärmeschutz eines Bauteiles wird durch dessen U-Wert, den sogenannten Wärmedurchgangskoeffizienten, bestimmt. Um diesen Wert berechnen zu können, müssen die Lage im Gebäude, der Aufbau sowie die Wärmeleitfähigkeiten und Dimensionen der einzelnen Baustoffe bekannt sein. Die Wärmeleitfähigkeit von Holz wird im Wesentlichen durch dessen Rohdichte und Holzfeuchte bestimmt und

kann für CLT mit einem Wert von $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$ angenommen werden.

Folgende Abbildung zeigt ein Diagramm, in dem die U-Werte von gedämmten CLT-Platten der Stärke 100 mm in Abhängigkeit von der Stärke des Dämmstoffes (Wärmeleitfähigkeitsgruppe WLG 040) eingetragen sind.

U-Wert von CLT 100 mm

Mit variabler Dämmstärke



Luftdichtheit

Die Luft- und die Winddichtheit der Gebäudehülle sind wesentliche Anforderungen an ein funktionierendes Gebäude. Eine luftdichte Schicht an der Gebäudeinnenseite verhindert das Eindringen von feuchter Luft und in weiterer Folge das Auftreten von Kondensat in Bauteilen. Sie beeinflusst außerdem den Wärme- und Feuchtigkeitshaushalt und damit die Energiebilanz von Gebäuden. Somit ist diese luftdichte Schicht für die Qualität und Dauerhaftigkeit der Baukonstruktion entscheidend.

Fehlende Luftdichtheit kann zu einer Durchströmung der Konstruktion von innen nach außen führen.

Ebenso relevant wie die Luftdichtheit ist die Winddichtheit einer Gebäudehülle. Die winddichte Ebene an der Gebäudeaußenseite verhindert das Eindringen von Außenluft in Bauteile. Somit wird die Wärmedämmschicht geschützt und die Dämmeigenschaft der Bauteile nicht beeinträchtigt. Die Winddichtheit wird in der Regel nicht durch das CLT, sondern bei Putzfassaden durch den Putz und bei Holzfassaden durch eine diffusionsoffene Bahn hinter der Hinterlüftungsebene hergestellt.

CLT ist ab drei Lagen luftdicht

CLT von Stora Enso wurde von der Holzforschung Austria auf Luftdichtheit geprüft. Diese Luftdichtheitsprüfung von CLT wurde in Anlehnung an die ÖNORM EN 12114:2000 durchgeführt und umfasste das Element selbst, einen Stufenfalz sowie einen Elementstoß mit Stoßbrett.

Das Ergebnis:

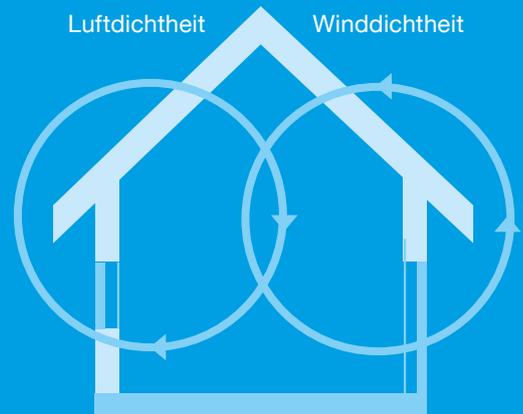
„Die untersuchten Elementstöße und das CLT-Element an sich weisen eine hohe Luftdichtheit auf. Die Volumenströme durch die

beiden Stoßvarianten und durch die ungestörte Fläche lagen aufgrund der hohen Dichtigkeit außerhalb des messbaren Bereichs.“





CLT ist luftdicht



CLT bleibt auch über seine Nutzungsdauer luftdicht

Während seiner Nutzungsdauer ist CLT verschiedenen Feuchtezuständen ausgesetzt. Produziert wird es, abhängig von der Oberflächenqualität, mit einer relativen Holzfeuchte von $12\% \pm 2\%$.

Während der Bauphase kommt es zur Aufnahme der Baufeuchte aus z. B. gebundenen Schüttungen, Estrichen oder Putzen und die Holzfeuchte steigt an. Auch die Nutzungsphase ist geprägt durch jahreszeitbedingte Schwankungen der Holzfeuchte. Wohnraumlüftungen können während der Wintermonate das CLT zusätzlich austrocknen. Diese Schwankungen des Feuchtegehaltes von CLT sind verbunden mit Formänderungen (Quellen bzw. Schwinden) des Holzes, die sich im Extremfall durch Risse an der Oberfläche (zu trocken) bzw. durch eine wellige Oberfläche (zu feucht) zeigen können.

Dass CLT auch im Langzeitverhalten luftdicht bleibt, wurde am Labor für Bauphysik der TU Graz nachgewiesen. Bauübliche Schwankungen der Holzfeuchte wurden im Klimaschrank simuliert und das CLT wurde in vier verschiedenen Feuchtezuständen auf die Luftdurchlässigkeit geprüft.

Geprüft wurde ein 3-schichtiges 100 mm starkes CLT-Element in Nichtsichtqualität (CLT 100 3s NVI) mit Abmessungen von $2\text{ m} \times 2\text{ m}$, das vertikal einmal mittels Stufenfalz und einmal mittels Stoßbrett gestoßen war.

Feuchte

Grundsätzliches

Feuchteschutz hat zum Ziel, verschiedene Feuchteinwirkungen auf Baukonstruktionen so zu begrenzen, dass Schäden – beispielsweise Herabsetzung des Wärmeschutzes, Festigkeitsverluste von Baumaterialien, Schimmel, Fäulnis – vermieden werden. Zu den wesentlichen Feuchteinwirkungen gehören vor allem die Tauwasserbildung, die Witterungsfeuchte und aufsteigende Feuchte. Darüber hinaus kann es auch während der Bauphase zu erhöhten Feuchtigkeitsgehalten von Baumaterialien durch Aufnahme von Baufeuchte aus z. B. eingebrachten Estrichen oder Putzen kommen.

Feuchteschutztechnische Grundlagen

In Bezug auf Holz bzw. CLT unterscheiden wir grundsätzlich drei Feuchtetransportmechanismen:

- Wasserdampfdiffusion
- Sorption
- Kapillarleitung

Neben diesen grundsätzlichen Feuchtetransportmechanismen im Baustoff Holz gilt es bezüglich Feuchteschutz aber auch, mögliche konvektive Vorgänge zu beachten. CLT an sich – mit seinem Aufbau bestehend aus kreuzweise und vollflächig verklebten Einzellagen – verhindert jegliche Konvektionsmöglichkeiten. Jedoch ist bei Anschlüssen, Einbauten und Installationen auf Leckagen zu achten.

Das Diffusionsverhalten von CLT

Der Klebstoffanteil von CLT variiert je nach Lamellenaufbau, bleibt jedoch geringer als 1 %. Nichtsdestotrotz besitzen die Klebefugen der Flächenverleimung eine andere Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl als die umliegenden Holzlamellen und müssen bei der Bestimmung des s_d -Wertes beachtet werden.

Andererseits gilt es zu beachten, dass CLT während seiner Nutzungsdauer verschiedenen Feuchtezuständen – wobei zwischen der Produktionsfeuchte, der Baufeuchte, der Feuchte während der Heizperiode und der Sommerfeuchte differenziert werden kann – ausgesetzt ist. Diese unterschiedlichen Feuchtezustände können durchaus in einer zwischen 8 % und 14 % variierenden Holzfeuchte resultieren, die das Diffusionsverhalten beeinflusst.

Prüfungen zur Bestimmung des Wasserdampfdiffusionswiderstandes μ der Klebefugen von CLT-Elementen erbrachten folgende Erkenntnisse:

- Der Wasserdampfdiffusionswiderstand ist feuchteabhängig, wobei μ der Leimfuge bei feuchterem Prüfklima deutlich absinkt.
- Die Klebstofffuge von CLT weist bei trockenem Klima (23 °C und 26,5 % mittlere relative Luftfeuchte) dieselbe diffusionsäquivalente Luftschichtdicke wie Fichten-Massivholz mit einer Dicke von 6 mm \pm 4 mm auf. Bei feuchtem Klima (23 °C und 71,5 % mittlere relative Luftfeuchte) weist die Klebstofffuge dieselbe diffusionsäquivalente Luftschichtdicke wie Fichten-Massivholz mit einer Dicke von 13 mm \pm 6 mm auf.
- Somit besitzt ein 3-schichtiges CLT-Element (mit zwei flächigen Klebstofffugen) im Mittel eine diffusionsäquivalente Luftschichtdicke entsprechend einem Fichten-Massivholz gleicher Dicke plus 12 mm bei trockenem und plus 26 mm bei feuchtem Klima.

Außerdem wurden im Zuge einer Masterarbeit CLT-Prüfkörper am Thünen-Institut für Holzforschung (Hamburg) untersucht und deren feuchteabhängige Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl bestimmt:

- Die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl von CLT steigt annähernd linear mit der auf die Elementdicke bezogenen Klebefugenanzahl, weshalb eine mittlere Klebefugenanzahl je cm CLT-Elementdicke bestimmt wurde.
- Unter Berücksichtigung dieser mittleren Klebefugenanzahl wurden für verschiedene Holzfeuchten folgende Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen ermittelt:
 - ▶ 11,3 % Holzfeuchte $\ominus \mu = 52 \pm 10$
 - ▶ 14,7 % Holzfeuchte $\ominus \mu = 33 \pm 7$
 - ▶ 8,0 % Holzfeuchte $\ominus \mu = \sim 105$ (interpolierend ermittelt)

CLT als feuchtevariable Dampfbremse

CLT-Elemente sind ab einem 3-schichtigen Aufbau luftdicht, jedoch nicht dampfdicht. CLT ist diffusionsoffen und die Leimfugen bilden die „Dampfbremsen“ für die außenliegende Dämmebene. So reagiert CLT wie eine feuchtevariable Dampfbremse. Während der Heizperiode, wo die Luftfeuchte im Innenraum sich verringert, reduziert CLT die Fähigkeit, Feuchte zu transportieren und wird diffusionsdichter. In den Sommermonaten erhöht sich die Raumluftfeuchte wiederum und CLT wird diffusionsoffener. Dem Baustoff Holz wurde diese baupraktische Eigenschaft von der Natur in die Wiege gelegt, womit sich mit CLT bei Beachtung des bauphysikalischen Konstruktionsprinzips „nach außen hin diffusionsoffener“ dauerhaft funktionierende Bauteilaufbauten planen und realisieren lassen.

Somit wirkt CLT auch raumluftregulierend. Bei erhöhter Raumfeuchte nimmt CLT die Feuchte auf und gibt sie wieder ab, wenn die Luftfeuchte sinkt.

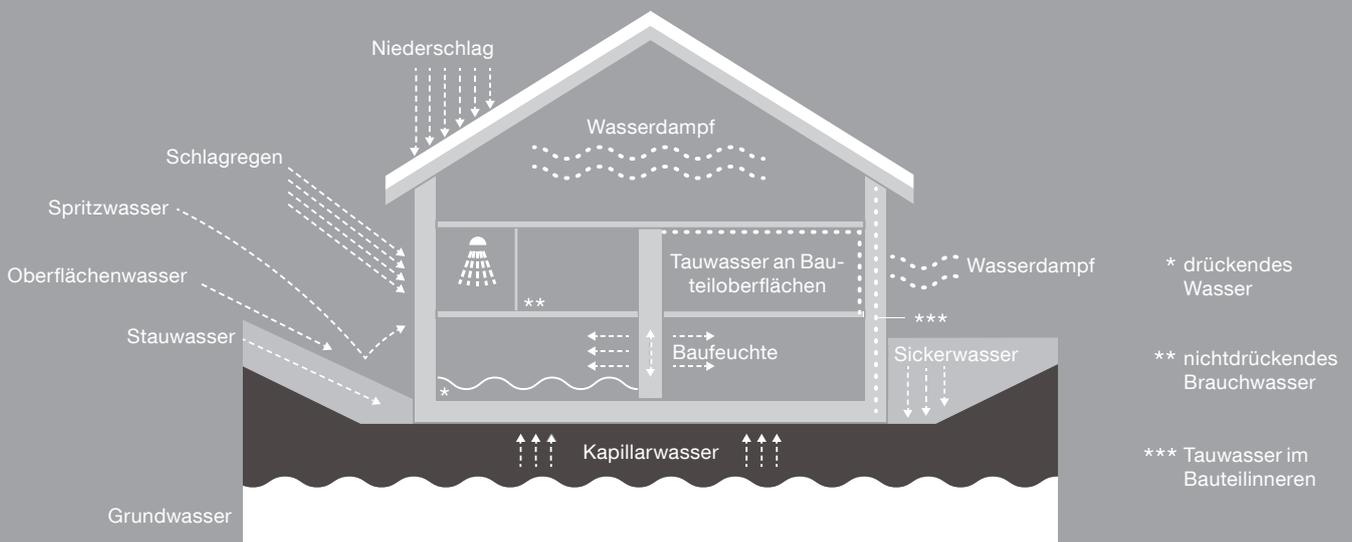
Beurteilung des Feuchteschutzes

Die Beurteilung des Feuchteschutzes von Bauteilen erfolgte in der Vergangenheit vorwiegend nach dem sogenannten Glaser-Verfahren, das jedoch nur grobe Beurteilungen hinsichtlich feuchtetechnischer Funktionstüchtigkeit von Bauteilaufbauten zulässt. Mit der Entwicklung von hygrothermischen Simulationsprogrammen ergaben sich neue

Möglichkeiten zur realitätsnahen und detaillierten Berechnung der hygrothermischen Transport- und Speichervorgänge in Bauteilen unter realen Klimabedingungen.

Mit dieser wirklichkeitsgetreuen Berechnung steigt jedoch die Komplexität und die Anzahl der erforderlichen Baustoffkennwerte. Diese notwendigen materialspezifischen Stoffkennwerte wurden für CLT an der Universität Hamburg für das am Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) entwickelte Simulationsprogramm WUFI Pro ermittelt. Abgesehen davon wurde erstmals eine experimentelle Validierung einer hygrothermischen Simulation für ein Brettsperrholz-Element durchgeführt, wobei eine gute Übereinstimmung zwischen experimentellem Feldversuch und numerischer Simulation erreicht werden konnte.

Stora Enso CLT wurde vom Fraunhofer Institut positiv auf Plausibilität geprüft und in die Materialdatenbank von WUFI (Wärme und Feuchte instationär) aufgenommen. Damit bieten wir unseren Kunden und Planern ein weiteres aussichtsreiches und wertvolles Planungswerkzeug für CLT-Konstruktionen, das insbesondere bei hohen gebäudeinternen Feuchtelasten oder beim Einsatz von Holzbauteilen in Regionen mit extremen Klimaverhältnissen unabdingbar wird.



Schallschutz mit CLT

Grundsätzliches

Ein guter Schutz gegen Lärm (störenden Schall) ist eine wichtige Voraussetzung für das Wohlbefinden in einem Gebäude, weshalb ein guter Schallschutz einen hohen Stellenwert bei der Planung von Gebäuden einnehmen sollte. Normative Anforderungen an den Schallschutz stellen sicher, dass normal empfindende Menschen ausreichenden Schutz vor Lärm von außen, aus anderen Nutzungseinheiten desselben Gebäudes sowie aus angrenzenden Gebäuden erhalten.

Definiert ist Schall als mechanische Bewegungsenergie, die sich durch Druckschwankungen und Molekularbewegungen in elastischen Medien ausbreitet. Schall ist keine Fortbewegung von Teilchen, sondern Weitergabe eines Impulses. Nach der Quelle des Schalls wird in der Bauakustik zwischen Luftschall und Körperschall unterschieden.

Luftschall: Bauteile werden durch Luftschallwellen angeregt und geben diese in angrenzenden Räumen wieder ab. Quellen für den Luftschall sind z. B. Verkehr, Sprache oder Musik.

Körperschall wird durch Gehen, Klopfen, das Verrücken von Stühlen usw. in Bauteile eingeleitet und in benachbarten Räumen als Luftschall abgestrahlt. Für die Bauakustik relevant ist vor allem der Trittschall.

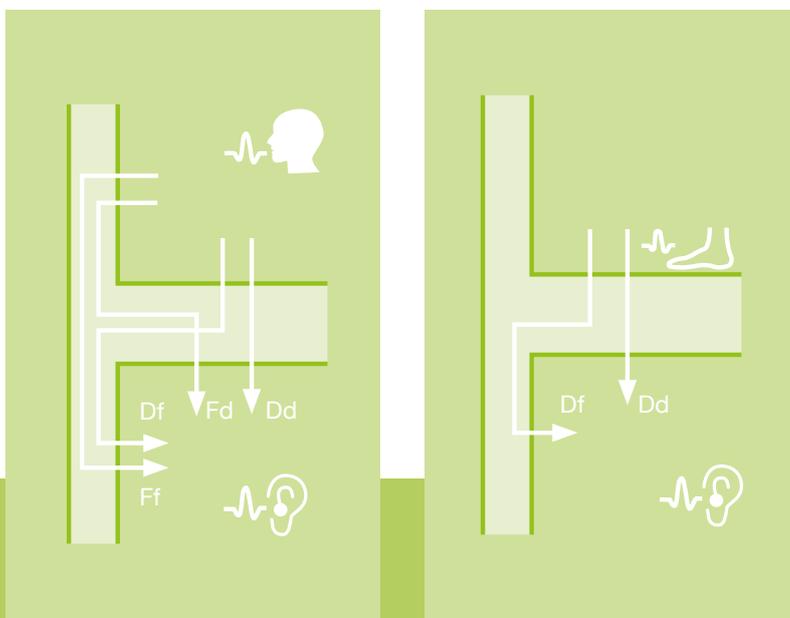
F ... Flanke angeregt f Flanke abgestrahlt
D... direkt angeregt d ... direkt abgestrahlt

Schallübertragungswege zwischen zwei Räumen

Bestimmung der Schalldämmung

Zur Bestimmung der Schalldämmung wird im Senderaum (im Prüfstand oder einem Gebäude) ein Bauteil mit einer Schallquelle angeregt und im Empfangsraum der ankommende Schall gemessen.

Zur besseren Vergleichbarkeit der meist in Terzbändern ermittelten Schallwerte werden aus den aufgezeichneten Messkurven mit Hilfe genormter Bewertungskurven nach EN ISO 717 (Teil 1 für den Luftschall und Teil 2 für den Trittschall) Einzahlwerte gebildet. Diese Bewertungskurven sind von den „Kurven gleicher Lautstärke“ (das menschliche Gehör nimmt Töne mit gleichem Pegel, aber unterschiedlicher Frequenz als verschieden laut war) abgeleitet und berücksichtigen so die frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs. Gemessen wird ein breiter Frequenzbereich (von 50 Hz bis 5.000 Hz), jedoch nur der Bereich von 100 Hz bis 3.150 Hz fließt in die Bildung des Einzahlwertes ein.



Spektrum-Anpassungswerte

Da die Einzahlangabe alleine die schalltechnischen Stärken und Schwächen von Bauteilen oft nur unzureichend beschreibt (unterschiedliche Kurvenverläufe können den gleichen Einzahlwert ergeben), wurden in EN ISO 717 sogenannte Spektrum-Anpassungswerte als zusätzliche Einzahlangaben eingeführt und finden in einigen europäischen Ländern bereits Anwendung. Durch diese ergänzende Angabe werden für den Wohnbereich typische Schallspektren berücksichtigt.

Es können auch Spektrum-Anpassungswerte für spezielle Frequenzbereiche unter 100 Hz und über 3.150 Hz ausgewiesen werden (z. B. $C_{50-5000}$ oder $C_{tr,50-3150}$).

Flankenschall

Die Schallübertragung zwischen benachbarten Räumen erfolgt nicht nur über das Trennbauteil, sondern auch über die flankierenden Bauteile. Es dürfen daher nicht nur die Trennbauteile selbst, sondern es müssen auch die flankierenden Bauteile betrachtet werden. Dabei gilt: Je hochwertiger das Trennbauteil, desto gewichtiger wird der Anteil des Flankenschalls an der gesamten Schallübertragung. Gemindert wird der Flankenschall durch eine Entkoppelung der Bauteile oder das Anbringen biegeweicher Vorsatzschalen.

Schalldämmung von CLT-Bauteilen

Deckenaufbauten

Eine Verbesserung des Schallschutzes von Deckenkonstruktionen kann entweder durch die Erhöhung von Masse oder durch die Verbesserung der Entkopplung erreicht werden. Durch die zusätzliche Masse, als Rohdeckenbeschwerung oder Beschwerung der Unterdecke, wird infolge der Reduzierung der Anregbarkeit eine geringere Schallabstrahlung erreicht. Oberhalb ihrer Resonanzfrequenz wird die Übertragung der Bauteilschwingung innerhalb der Konstruktion reduziert. Die Resonanzfrequenz ist dabei möglichst tief (< 80 Hz) abzustimmen.

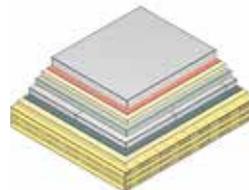
¹⁾ s' = dynamische Steifigkeit (MN/m³)

Für die Praxis bedeutet das: ein relativ schwerer Estrich – 5–7 cm Zementestrich (wichtig: Randdämmstreifen wird erst nach dem Verlegen des Bodenbelages abgeschnitten) – auf einer weichen Trittschalldämmplatte ($s' \leq 10$)¹ und darunter zusätzliche Masse in Form einer Splittschüttung. Bei Decken ohne Abhängung ist die Dicke der Schüttung auf ca. 10 cm zu erhöhen und lose Schüttungen sind aufgrund ihrer höheren Dämpfung gebundenen vorzuziehen, wobei der Einsatz loser Schüttungen im Vorfeld mit dem Estrichleger besprochen werden sollte. Deckenverkleidungen wirken schallschutztechnisch am günstigsten, wenn sie entkoppelt (auf Schwingbügeln oder Federschien) montiert werden. Auch auf eine Hohlraumdämpfung mit Mineralwolle sollte zur Vermeidung von Hohlraumresonanzen nicht verzichtet werden.

Deckenaufbauten

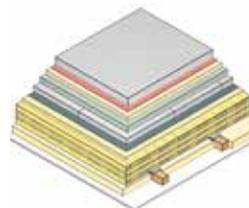
Schallwerte aus Labor- und Baustellenmessungen. Details zur Knotenausbildung auf Anfrage.

$R_w(C;C_{tr}) = 61 (-1;-5)$ dB
 $L_{n,w}(C)_l = 41 (1)$ dB



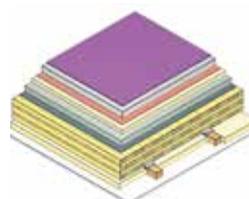
70 mm Zementestrich
 0,2 mm PE-Folie
 30 mm Trittschalldämmplatte
 50 mm Splittschüttung
 50 mm Gehwegplatte
 0,2 mm Rieselschutz
 18 mm Weichfaserplatte
 140 mm Stora Enso CLT

$R_w(C;C_{tr}) = 63 (-2;-5)$ dB
 $L_{n,w}(C)_l = 36 (3)$ dB



70 mm Zementestrich
 0,2 mm PE-Folie
 30 mm Trittschalldämmplatte
 50 mm Splittschüttung
 50 mm Gehwegplatte
 0,2 mm Rieselschutz
 18 mm Weichfaserplatte
 140 mm Stora Enso CLT
 3 mm Anschlussdichtung komprimiert
 70 mm Abhängung, dazwischen
 60 mm Mineralwolle
 15 mm Gipskartonplatte

$D_{nT,w}(C;C_w): 62 (-3;-9)$ dB
 $L_{nT,w}^*(C)_l: 39 (7)$ dB



10 mm Teppichboden
 60 mm Zementestrich
 0,2 mm PE-Folie
 30 mm Trittschalldämmplatte
 50 mm Splittschüttung
 0,2 mm Rieselschutz
 > 165 mm Stora Enso CLT
 70 mm Abhängung, dazwischen
 50 mm Mineralwolle
 12,5 mm Gipskartonplatte

Wandaufbauten

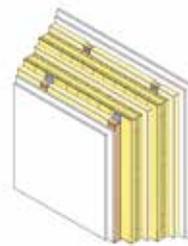
Die Schalldämmung von einschaligen Bauteilen ist durch ihre flächenbezogene Masse und die Biegesteifigkeit bestimmt. Nach dem Massegesetz von Berger erhöht sich die Schalldämmung bei Verdoppelung der Masse um 6 dB und hat bei der Koinzidenzfrequenz ihre Schwachstelle. Bei mehrschaligen Bauteilen mit Vorsatzschalen lässt sich bei geringerer Masse eine höhere Schalldämmung erreichen.

Bei solchen Masse-Feder-Systemen steigt die Schalldämmung unterhalb der Resonanzfrequenz f_0 um 6 dB pro Oktave (Verdoppelung der Frequenz), oberhalb f_0 jedoch um 18 dB pro Oktave. Um eine gute Schalldämmung zu erreichen ist die Resonanzfrequenz also möglichst tief (≤ 100 Hz) abzustimmen. Verringern lässt sich die Resonanzfrequenz durch Vergrößerung des Schalenabstandes, die Erhöhung der Masse sowie durch eine möglichst biegeweihe Anbindung der Vorsatzschale an die tragende Wand. Zur Vermeidung von Hohlraumresonanzen sind Vorsatzschalen mit fasrigen Dämmstoffen auszdämmen.

Trennwandaufbauten

Schallwerte aus Labor- und Baustellenmessungen.
Details zur Knotenbildung auf Anfrage.

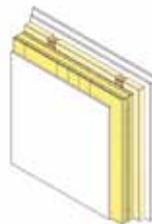
$D_{nT,w}$ (C;C_{tr}): 67 (-1;-4) dB



Zweischalig, Vorsatzschale

- 12,5 mm Gipskartonplatte
- 12,5 mm Gipskartonplatte
- 50 mm freistehende Vorsatzschale (CW-Profil inkl. 50 mm Mineralwolle)
- 5 mm Vorlegeband
- 100 mm Stora Enso CLT
- 40 mm Mineralwolle
- 100 mm Stora Enso CLT
- 5 mm Vorlegeband
- 50 mm freistehende Vorsatzschale inkl. 50 mm Mineralwolle
- 12,5 mm Gipskartonplatte
- 12,5 mm Gipskartonplatte

$D_{nT,w}$ (C;C_{tr}): 60 (-2;-8) dB



Einschalig, Vorsatzschale

- 12,5 mm Gipskartonplatte
- 100 mm Stora Enso CLT
- 5 mm Vorlegeband
- 50 mm freistehende Vorsatzschale (CW-Profil inkl. 50 mm Mineralwolle)
- 12,5 mm Gipskartonplatte
- 12,5 mm Gipskartonplatte

$D_{nT,w}$ (C;C_{tr}): 61 (-3;-10) dB



Zweischalig, CLT sichtbar

- 100 mm Stora Enso CLT
- 12,5 mm Gipskartonplatte
- 30 mm Mineralwolle
- 30 mm Mineralwolle
- 5 mm Luftschicht
- 100 mm Stora Enso CLT

Brandschutz von CLT

CLT unter Brandeinwirkung

CLT von Stora Enso hat einen Feuchtigkeitsgehalt von zirka 12 %. Wird CLT einer Brandbeanspruchung ausgesetzt und kommt es somit zu einer Energiezufuhr, steigt dessen Temperatur und das darin enthaltene Wasser beginnt ab ca. 100 °C zu verdampfen. Die ab 200–300 °C stattfindende Zersetzung chemischer Verbindungen – wobei es durch Ausgasung brennbarer Bestandteile des Holzes zur Verbrennung mit Flamme kommt – wird Pyrolyse genannt; sie setzt sich schrittweise fort und baut hinter sich eine Verkohlungszone auf. Diese Kohleschicht entsteht aus kohlenstoffhaltigen Rückständen der Pyrolyse, die mit Glut verbrennen. Die Eigenschaften dieser Schicht – insbesondere die niedrige Dichte und die hohe Permeabilität – wirken wärmedämmend und schützend in Bezug auf das darunterliegende, unversehrte Holz.



Daraus resultiert die schützende Wirkung der Kohleschicht auf noch nicht vom Brand beanspruchte, innere CLT-Lagen, sodass – anders als bei Stahl- oder Betonkonstruktionen – die massive Holzkonstruktion bei einem Brand zwar verkohlt, aber der Pyrolysevorgang und das Verhalten von Holz unter Brandeinwirkung berechenbar und vorhersehbar sind.

Brandschutzmaßnahmen – die beispielsweise bei Stahlkonstruktionen zusätzlich notwendig werden – wurden dem Baustoff Holz bereits durch die Eigenschaften der Pyrolyse und der Kohleschichtbildung von der Natur in die Wiege gelegt. Der ökologische Baustoff bietet einzigartige Eigenschaften unter Brandeinwirkung, die in hohen Feuerwiderständen von CLT-Elementen resultieren.

Um diese Aussage zu bekräftigen, wurde Stora Enso CLT von akkreditierten Instituten geprüft. Die Ergebnisse sprechen eine deutliche Sprache und belegen den hohen Feuerwiderstand von CLT-Bauteilen.

Querschnittfläche eines ursprünglich mit GKF-Platten bekleideten 80 mm dicken CLT-Elementes nach einem Großbrandversuch: Gut zu erkennen sind die verschiedenen Schichten – die Verkohlungszone (schwarze Färbung), gefolgt von der Pyrolysezone (bräunliche Färbung) und dem unversehrtem Holz – die durch Fortschreiten des Brandes bzw. der Pyrolyse entstehen.

Das Brandverhalten von Stora Enso CLT ist als D-s2, d0 eingestuft

Zur Führung des Nachweises des Feuerwiderstandes von Holzbauteilen können entweder Klassifizierungsberichte nach EN 13501-2 auf Basis von Großbrandversuchen herangezogen oder Bemessungen nach EN 1995-1-2 in Kombination mit den jeweiligen nationalen Anwendungsdokumenten durchgeführt werden.

CLT-Außenwandaufbauten

Bekleidung innenseitig	Installationsebene	Brettsperrholzelement		Bekleidung außenseitig	Prüflast	Klassifizierung i↔o
		Bezeichnung	Lamellenaufbau [mm]			
12,5 mm GKF	—	CLT 100 C3s	30–40–30	50 mm Holzwolle- leichtbauplatte, 15 mm Putz	35	REI 90
12,5 mm GKF	—	CLT 100 C3s	30–40–30	80 mm Steinwolle, 4 mm Putz	35	REI 90
12,5 mm GKF	—	CLT 100 C5s	20–20–20–20–20	50 mm Holzwolle- leichtbauplatte, 15 mm Putz	35	REI 90
12,5 mm GKF	—	CLT 100 C5s	20–20–20–20–20	80 mm Steinwolle, 4 mm Putz	35	REI 90
12,5 mm GKF	40 mm Mineralwolle	CLT 100 C3s	30–40–30	50 mm Holzwolle- leichtbauplatte, 15 mm Putz	35	REI 90
12,5 mm GKF	40 mm Mineralwolle	CLT 100 C3s	30–40–30	80 mm Steinwolle, 4 mm Putz	35	REI 90

Klassifizierungen der geprüften Bauteile

CLT-Wandaufbauten

Bekleidung	Installationsebene	Brettsperrholzelement		Prüflast	Klassifizierung i↔o
		Bezeichnung	Lamellenaufbau [mm]		
—	—	CLT 100 C3s	30–40–30	35	REI 60
—	—	CLT 100 C5s	20–20–20–20–20	35	REI 60
12,5 mm GKF	—	CLT 100 C3s	30–40–30	35	REI 90
12,5 mm GKF	—	CLT 100 C5s	20–20–20–20–20	35	REI 90
12,5 mm GKF	40 mm Mineralwolle	CLT 100 C3s	30–40–30	35	REI 90
35 mm ProCrea Lehmplatte, 5 mm ProCrea Lehmunterputz mit Armierungsgewebe, 5 mm ProCrea Lehmoberputz	—	CLT 140 C5s	40–20–20–20–40	280	REI 90
12,5 mm GKF	40 mm Mineralwolle	CLT 100 C3s	30–40–30	35	REI 120

Klassifizierungen der geprüften Bauteile

CLT-Deckenaufbauten

Bekleidung	Abhängung	Brettsperreholzelement		Prüflast	Klassifizierung i↔o
		Bezeichnung	Lamellenaufbau [mm]	[kN/m²]	
12,5 mm GKF (auf brand- abgewandter Seite) oder Fußbodenaufbau	—	CLT 100 L3s	30-40-30	0,6	REI 60
—	—	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 60
—	—	CLT 160 L5s	40-20-40-20-40	6	REI 90
12,5 mm GKF	—	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 90
35 mm Heraklith EPV	—	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 90
12,5 mm GKF	40 mm Mineralwolle	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 90

Klassifizierungen der geprüften Bauteile

Führung des Nachweises des Feuerwiderstandes von CLT-Elementen anhand von Bemessung nach EN 1995-1-2:2011 (Eurocode 5)

Bemessung der Tragfähigkeit (R) von CLT-Elementen nach EN 1995-1-2:2011

Bei der Bemessung der Tragfähigkeit (R) von Holzbauteilen unter Brandbeanspruchung bzw. der Bemessung der Querschnittswerte gilt es abgesehen von der Bestimmung des Abbrandes auch die dahinterliegende temperaturbeeinflusste Zone zu berücksichtigen, da die Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften von Holz mit zunehmender Temperatur abnehmen.

Die Bemessung der Querschnittswerte kann – abgesehen von der in EN 1995-1-2, Anhang B angeführten detaillierten Berechnungsmöglichkeit – anhand zweier vereinfachter Methoden geführt werden, wobei erstere empfohlen wird:

- Methode mit reduziertem Querschnitt
- Methode mit reduzierten Eigenschaften

Bemessung des Raumabschlusses (E) und der Wärmedämmung (I) von CLT-Elementen

Zum Nachweis des Raumabschlusses (E) und der Wärmedämmung (I) gibt es folgende Optionen:

- Berechnungsverfahren nach EN 1995-1-2:2011, Anhang E
- Modell nach ÖNORM B 1995-1-2:2011, 14.3 bzw. europäischer technischer Richtlinie „Fire safety in timber buildings“ bzw. Dissertation von Vanessa Schleifer „Zum Verhalten von raumabschliessenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall“ (2009)
- Konstruktionen nach ÖNORM B 1995-1-2:2011 sind ohne weiteren Nachweis möglich.

Der Nachweis des Raumabschlusses und der Wärmedämmung von CLT-Elementen kann mit dem in ÖNORM B 1995-1-2:2011 oder in der europäischen technischen Richtlinie „Fire safety in timber buildings“ angeführten Modell durchgeführt werden, die demselben Konzept bzw. derselben Theorie folgen.

Vergleicht man dieses Modell mit dem in EN 1995-1-2:2011, Anhang E angeführten Berechnungsverfahren, so ist beim Ersteren die Möglichkeit der unbegrenzteren Variation von verschiedenen Materialien und der Anzahl von Schichten als wesentlicher Vorteil zu sehen.

4. Statik

Allgemeines



Durch die kreuzweise verklebten Brettlagen besteht die Möglichkeit, Lasten in zwei Haupttragrichtungen abzutragen – man spricht auch von zweiachsig gespannten Platten. Dies war bisher der Stahlbetonbauweise vorbehalten. Der Vorteil ist eine flexiblere Raumgestaltung bei der Planung bzw. lassen sich Konstruktionen nun vereinfachen und es sind geringere Rohdeckenhöhen möglich. Übereck auskragende oder punktgestützte Konstruktionen bedürfen

zwar eines erhöhten Planungsaufwandes, sind aber gut realisierbar. CLT-Platten sind besonders tragfähig, da sich aufgrund der Querschlagen die mittragende Breite in der Regel über die gesamte Plattenbreite erstreckt. Die hohe Eigensteifigkeit von CLT wirkt sich auch positiv auf die Aussteifung eines Gebäudes aus.

Berechnung und Bemessung von CLT

Berechnung von CLT

Die Besonderheit bei der Berechnung von CLT liegt darin, dass die Querlagen schubweiche Schichten darstellen. Dadurch können in der Regel die Durchbiegung infolge Querkraft und der sogenannte „Rollschub“ nicht mehr vernachlässigt werden. Es haben sich dazu verschiedene Berechnungsmethoden entwickelt. Im Folgenden werden diese Methoden kurz dargestellt und die ausführlichen Publikationen angeführt. CLT (Brettsperrholz) kann bei der statischen Berechnung nicht wie Voll- oder Brettschichtholz betrachtet und behandelt werden.

Berechnung nach der Verbundtheorie

Mit Hilfe von „Plattenaufbaufaktoren“

Diese Berechnungsart berücksichtigt die Durchbiegung infolge Querkraft nicht und gilt daher nur für größere Stützweiten- bzw. Dickenverhältnisse (ca. > 30). Für symmetrische Plattenaufbauten werden Formeln zur Berechnung der effektiven Biegesteifigkeit EI_{ef} bei Platten und Scheiben im technischen CLT-Ordner angegeben.

Mit Hilfe der Anpassung des Schubkorrekturbeiwertes

Diese Methode ermöglicht die Durchbiegungsberechnung von Decken, indem der Schubkorrekturbeiwert nach der Balkentheorie von Timoschenko für den jeweiligen Querschnittsaufbau berechnet wird. Mit Stabwerksprogrammen, die die Durchbiegung infolge Querkraft berücksichtigen, kann CLT damit hinreichend genau berechnet werden.

Berechnung nach dem γ -Verfahren

Dieses Verfahren wurde zur Berechnung von nachgiebig verbundenen Biegeträgern entwickelt und ist auch für CLT verwendbar. Es ist baupraktisch hinreichend genau und für die Anwendung bei Brettsperrholz beschrieben.

Diese Methode ist auch in verschiedenen Holzbaunormen verankert, z. B. in DIN 1052-1:1988, DIN 1052:2008, ÖNORM B 4100-2:2003 und in EN 1995-1-1 (Eurocode 5).

Berechnung nach dem Schubanalogieverfahren

Das Schubanalogieverfahren ist in DIN 1052-1:2008, Anhang D beschrieben und gilt als genaue Methode zur Berechnung von Brettsperrholz mit beliebigen Schichtaufbauten.

Zweiachsige Berechnung von CLT

Mit Hilfe von Trägerrosten

Mit Stabwerksprogrammen können 2D-Strukturen modelliert werden.

Mit Hilfe von Finite-Elemente-Programmen

Mit FE-Programmen können 2D-Strukturen modelliert werden.

Berechnung von Verbindungsmitteln in CLT

Die Berechnung von Verbindungsmitteln ist in der Zulassung EN 1995-1-1 für CLT beschrieben.

Bemessung mit der Stora Enso CLT-Bemessungssoftware

Stora Enso stellt unter www.clt.info eine Bemessungssoftware zur Nachweisführung bei üblichen CLT-Bauteilen kostenlos zur Verfügung.

Vorbemessungstabellen

Die nachstehenden Bemessungstabellen sind eine Hilfe zur Vordimensionierung, aber kein Ersatz für eine vollständige statische Bemessung.

Mit dieser Software können folgende Elemente bemessen werden:

- Decken oder Flachdächer
- Steildächer
- Rippendecken
- Wandscheiben
- wandartige Träger
- Stürze über Fenster und Türen
- Kragenscheiben
- Auflager
- Lastverteilung auf aussteifende Wände

Eigen-gewicht (g _e)	Nutz-last q _k	Spannweite Einfeldträger								
		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m
1,00	1,00		80 L3s	100 L3s	120 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s
	2,00	80 L3s	90 L3s						180 L5s	200 L5s
	2,80			100 L3s	120 L3s		140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s
	3,50	90 L3s								220 L7s-2
	4,00	90 L3s				160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2	
	5,00	100 L3s	120 L3s	140 L3s	160 L5s-2	160 L5s-2	200 L5s-2	220 L7s-2		240 L7s-2
1,50	1,00	80 L3s	90 L3s		120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	
	2,00			100 L3s	120 L3s					200 L5s
	2,80	90 L3s					160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	
	3,50					140 L5s				220 L7s-2
	4,00	90 L3s	120 L3s	140 L5s			160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2
	5,00	100 L3s			160 L5s-2	160 L5s-2	200 L5s-2	220 L7s-2		240 L7s-2
2,00	1,00	80 L3s	100 L3s		120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	
	2,00	80 L3s			120 L3s	140 L5s				220 L7s-2
	2,80	90 L3s					160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	
	3,50		120 L3s							220 L7s-2
	4,00	100 L3s		140 L5s	160 L5s-2		180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	
	5,00				160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2		240 L7s-2
2,50	1,00		100 L3s		120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	240 L7s-2
	2,00	90 L3s			120 L3s	140 L5s				220 L7s-2
	2,80						160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	
	3,50		120 L3s			160 L5s-2		200 L5s		
	4,00	100 L3s		140 L5s			200 L5s	220 L7s-2		240 L7s-2
	5,00	120 L3s	120 L3s		160 L5s-2	180 L5s	200 L5s		240 L7s-2	
3,00	1,00	90 L3s		120 L3s		140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2
	2,00		120 L3s							
	2,80				160 L5s-2		160 L5s-2		220 L7s-2	
	3,50	100 L3s						200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2
	4,00		120 L3s	140 L5s						
	5,00	120 L3s	140 L5s		160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2		240 L7s-2

Einfeldträger: Verformung

Tragfähigkeit:

- Nachweis der Biegespannungen
- Nachweis der Schubspannungen

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

Gebrauchstauglichkeit:

- Anfangsdurchbiegung
 $w_{\text{inst}} < L/300$
- Enddurchbiegung
 $w_{\text{fin}} < L/250$

$$k_{\text{def}} = 0,6$$

* Das Eigengewicht von CLT ist mit $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ in der Tabelle bereits berücksichtigt.

NKL 1, Nutzlastkategorie A
($\psi_0 = 0,7$; $\psi_1 = 0,5$; $\psi_2 = 0,3$)

Nach ETA-14/0349 (02.10.2014)
EN 1995-1-1 (2014)

R0
R30
R60
R90

Brand:

HFA 2011

$\beta_1 = 0,65 \text{ mm/min}$



Eigen- gewicht (g _k)	Nutz- last q _k	Spannweite Einfeldträger								
		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m
1,00	1,00						180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2
	2,00					160 L5s-2				
	2,80			140 L5s						260 L7s-2
	3,50	120 L3s	120 L3s		160 L5s-2		200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	4,00					180 L5s				280 L7s-2
	5,00			140 L5s			220 L7s-2		260 L7s-2	
1,50	1,00								240 L7s-2	260 L7s-2
	2,00					160 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2		
	2,80			140 L5s						280 L7s-2
	3,50	120 L3s	120 L3s		160 L5s-2					
	4,00					180 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	260 L7s-2	
	5,00			140 L5s		200 L5s				300 L8s-2
2,00	1,00					160 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	280 L7s-2
	2,00						180 L5s			
	2,80			140 L5s					260 L7s-2	
	3,50	120 L3s	120 L3s		160 L5s-2		220 L7s-2	240 L7s-2		
	4,00			140 L5s		200 L5s				300 L8s-2
	5,00								280 L7s-2	
2,50	1,00			140 L5s			180 L5s		260 L7s-2	
	2,00									300 L8s-2
	2,80		120 L3s					240 L7s-2		
	3,50	120 L3s		140 L5s	160 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2			
	4,00								280 L7s-2	
	5,00		120 L3s			220 L7s-2		260 L7s-2		320 L8s-2
3,00	1,00									300 L8s-2
	2,00		120 L3s		160 L5s-2	200 L5s		240 L7s-2	280 L7s-2	
	2,80			140 L5s						320 L8s-2
	3,50	120 L3s								
	4,00		120 L3s							
	5,00			140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	260 L7s-2	300 L8s-2

Einfeldträger: Schwingung

Tragfähigkeit:

- a. Nachweis der Biegespannungen
- b. Nachweis der Schubspannungen

$k_{mod} = 0,8$

Gebrauchstauglichkeit:

- a. Anfangsdurchbiegung
 $w_{inst} < L/300$
- b. Enddurchbiegung
 $w_{fin} < L/250$
- c. Schwingung
Schwingung nach ÖNORM B 1995-1-1 (2014)
Deckenklasse I
 $\zeta = 4 \%$, 5 cm Zementestrich
($E = 26.000 \text{ N/mm}^2$), $b = 1,2 \cdot \ell$

$k_{def} = 0,6$

* Das Eigengewicht von CLT ist mit $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ in der Tabelle bereits berücksichtigt.

NKL 1, Nutzlastkategorie A
($\psi_0 = 0,7$; $\psi_1 = 0,5$; $\psi_2 = 0,3$)

Nach ETA-14/0349 (02.10.2014)
EN 1995-1-1 (2014)

R0
R30
R60
R90

Brand:
HFA 2011
 $\beta_1 = 0,65 \text{ mm/min}$

5. Projektabwicklung

Projektphasen

Angebotsphase

Gerne erstellen wir Ihnen anhand Ihrer Unterlagen ein entsprechendes Angebot. Grundsätzlich geht es beim Angebot in erster Linie um folgende Punkte:

- Mengen (Nettofläche, Bruttofläche, Nestingfläche bzw. Verschnitt)
- Plattenaufbau
- Qualität
- Abbundkosten
- Transportkosten
- Zusatzprodukte und -leistungen

Je genauer die Unterlagen diesbezüglich sind, umso genauer kann auch ein Angebot erstellt werden. Außerdem hat die Qualität der Planunterlagen einen wesentlichen Einfluss darauf, wie schnell ein Angebot erstellt werden kann. Nachstehend eine Kurzübersicht:

- Leitungsverzeichnisse bzw. Ausschreibungstexte: Es ist grundsätzlich sehr gut, wenn auch die Bruttoflächen angeführt sind. Der dann noch erforderliche Verschnittzuschlag hängt in erster Linie von der Gebäudegeometrie und folglich von den daraus abzuleitenden CLT-Einzelteilen ab.
- Einreichpläne: Auf Basis solcher Pläne wird von uns zur raschen Massenermittlung meistens ein 3D-Modell ohne Details (Durchbrüche bzw. Bearbeitungen) erstellt. Bitte Einreichpläne wenn möglich immer als DWG- oder DXF-Datei schicken. PDF-Dateien sind meist von schlechter Qualität und erfordern mehr Zeit in der Weiterbearbeitung.

- 3D-Modelle: In vielen Fällen sind bereits mehr oder weniger detaillierte 3D-Daten vorhanden. Materiallisten (XLS- oder CSV-Dateien) können folglich sehr rasch erstellt werden. Ist für die Angebotserstellung trotzdem eine Nach-/Weiterbearbeitung in 3D erforderlich, dann sollte es mit den meisten CAD-Programmen möglich sein, uns entsprechende 3D-DWG-, 3D-DXF-, SAT-(ACIS) und/oder IFC-Dateien zur Verfügung zu stellen.

Optimal ist natürlich, wenn in der Angebotsphase schon detaillierte Ausführungspläne als 2D- und/oder 3D-Datei vorliegen. Die üblichen Mengen- und Kostenabweichungen zwischen Angebot und endgültigem Auftrag können dadurch minimiert werden.

Ein Vorbemessungsprogramm zur einfachen Ermittlung der erforderlichen Plattenstärken steht Ihnen kostenlos als Download auf www.clt.info zur Verfügung. Sollten Sie unsere Hilfe bei der Vordimensionierung benötigen, so müssen uns folgende Daten mitgeteilt werden:

- Nutzlast
- Ständige Lasten
- Schneelast

Beispiel: 15.900 × 2.950 mm

Verrechnungsmaß: 2,95 × 15,90	46,91 m ²
Plattenfläche (netto):	38,59 m ²
Verschnitt:	8,32 m ²
Verrechnungsmaß:	46,91 m ²

Verrechnungslängen	8,00 m bis 16,00 m (Abstufung in 10-cm-Schritten)
Verrechnungsbreiten	2,45 m, 2,75 m, 2,95 m

Auftragsphase

Wurde von Stora Enso für Ihr Projekt ein Angebot erstellt, bitten wir Sie, dieses als Zeichen der Auftragserteilung unterzeichnet an uns zu übermitteln. Aufgrund der Angebotsmengen und des gewünschten Anliefertermins wird sofort eine entsprechende Produktionskapazität reserviert. Die endgültigen Planunterlagen bzw. Projektdaten müssen uns spätestens 20 Werktage vor dem erforderlichen Auslieferungsdatum (LKW verlässt unser Werk) zur Verfügung gestellt werden. Ist dies nicht der Fall, wird der Anliefertermin automatisch mindestens um eine Woche nach hinten verschoben.

Für eine rasche und ordnungsgemäße Weiterbearbeitung müssen die 2D- und/oder 3D-Planunterlagen nachstehend angeführte Informationen klar und übersichtlich darstellen:

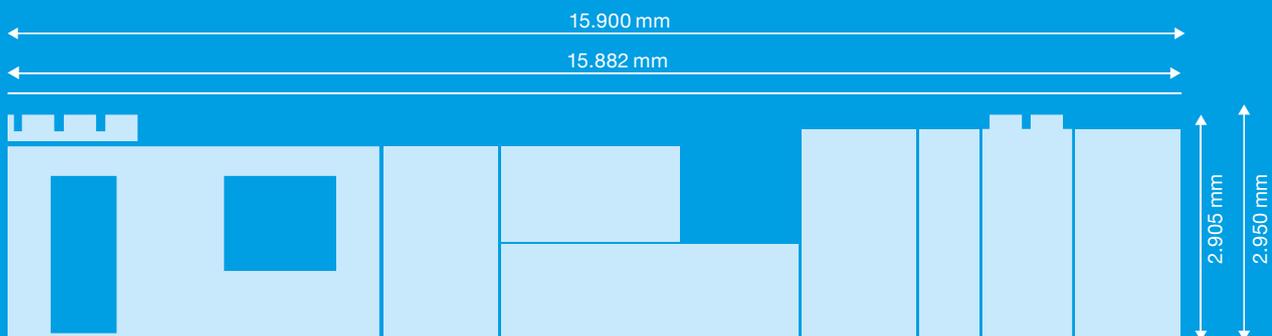
- Bauteilgeometrie
- Bauteilbezeichnung
- Faserrichtung der Decklagen
- Plattenstärke
- Plattenaufbau
- Oberflächenqualität
- Bauteilliste mit Spalten für: Bauteilbezeichnung, Stückanzahl, Plattentyp (z. B. L3S), Qualität (z. B. INV), Stärke, Länge, Breite, Nettofläche, Nettovolumen

Ein CLT-Auftragsformular steht auf unserer Homepage www.clt.info als Download zur Verfügung. Gerne können Sie auch ein eigenes Formular benutzen, sofern dort die benötigten Informationen übersichtlich und verständlich vorhanden sind. Es kann auch eine entsprechende E-Mail-Vorlage verwendet werden. Handelt es sich um einen möglichen Erstauftrag, dann ist es empfehlenswert, den CAD-Datenaustausch schon circa 4–5 Wochen vor dem Auslieferungsdatum in Ruhe mit uns zu besprechen bzw. zu testen, damit bei Auftragserteilung und Weiterbearbeitung keine unnötigen Verzögerungen entstehen. Wir arbeiten mit AutoCAD Architecture und hsbCAD. Die dafür bevorzugten Datenformate sind DWG, DXF, SAT-V7.0 und IFC.

Nach Erhalt der erforderlichen Projektunterlagen beginnt das Stora Enso CLT-Technikteam mit der Werksplanung Ihres Projektes. Es werden Ihnen dann, je nach erforderlichem Zeitaufwand, entsprechende Kontrollunterlagen geschickt, die von Ihnen kontrolliert und freigegeben werden müssen.

Nach erfolgter Freigabe beginnt Stora Enso mit der Produktion Ihres CLT-Projektes. Bitte darauf achten, dass Änderungswünsche grundsätzlich nur bis maximal 12 Werktage vor dem Auslieferungsdatum berücksichtigt werden können.

Verrechnungsmaß



Verladung

Liegendverladung

Ein Standard-Aufleger kann bei der Liegendverladung mit max. 25 t beladen werden, wobei die maximale Ladelänge 13,60 m und die maximale Ladebreite 2,95 m beträgt. Sollte es die Plattendicke zulassen, so können auch max. 15,00 m lange CLT-Massivholzplatten mit einem Standard-Aufleger transportiert werden. Zur Berechnung des Verladegewichts kann eine Dichte von 490 kg/m³ angesetzt werden. Im Regelfall kann von einer Verlademenge von

ca. 50 m³ ausgegangen werden. Bei einem Standard-Plateau-Aufleger kann von einer maximalen Verladehöhe von 2,60 m ausgegangen werden.

Wird ein Spezial-Equipment benötigt, so bieten wir Ihnen dieses gerne an. Achten Sie dabei jedoch auf folgende Änderungen bezüglich der maximalen Ladelänge und -breite sowie des maximalen Ladegewichts:

Standard-Equipment	Max. Beladung	Max. Ladelänge	Max. Ladebreite
Standard-Aufleger	25 t	15,00 m	2,95 m

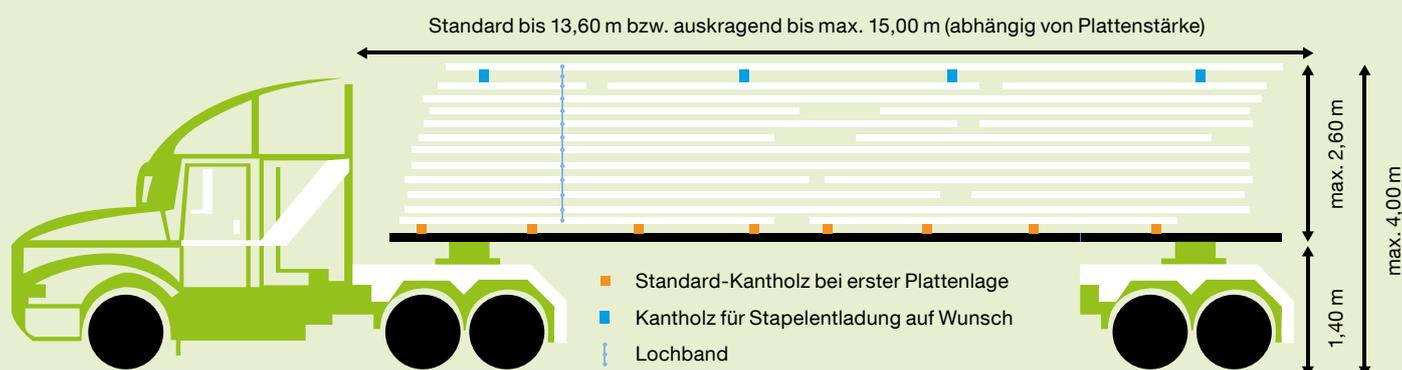
Spezial-Equipment	Max. Beladung	Max. Ladelänge	Max. Ladebreite
Ausziehbarer Aufleger	24 t	16,00 m	2,95 m
Gelenkter Sattel	20 t	15,00 m	2,95 m
Allrad und gelenkter Sattel	auf Anfrage	auf Anfrage	

Die Elemente werden von uns mit einer Folie umschlagen (bei Sichtqualität mit UV-undurchlässiger Folie) und anschließend mit einer LKW-Plane abgedeckt. Dies ist notwendig, damit die Platten vor Umwelteinflüssen geschützt sind. Zum Schutz der Elemente werden zwischen Zurrgurte und Platten Kantenschoner aus Karton eingelegt.

Bei der ersten Plattenlage, die verladen wird, werden von uns standardmäßig mindestens 8 Stück Unterleggehölzer (105 × 105 mm oder

95 × 95 mm) eingelegt. Die Unterleggehölzer sind mit Antirutschmatten versehen. Jede darauf folgende Lage wird jedoch direkt übereinander liegend verladen.

Wenn für die Kran- bzw. Staplerentladung Zwischenhölzer erforderlich sind, dann ist dies im Zuge der Bestellung (inkl. Skizze) bekannt zu geben. Die Hölzer werden vom Transportunternehmen wieder retour genommen. Sollten die Unterleger Ihrerseits weiterverwendet werden, so werden diese von uns verrechnet.



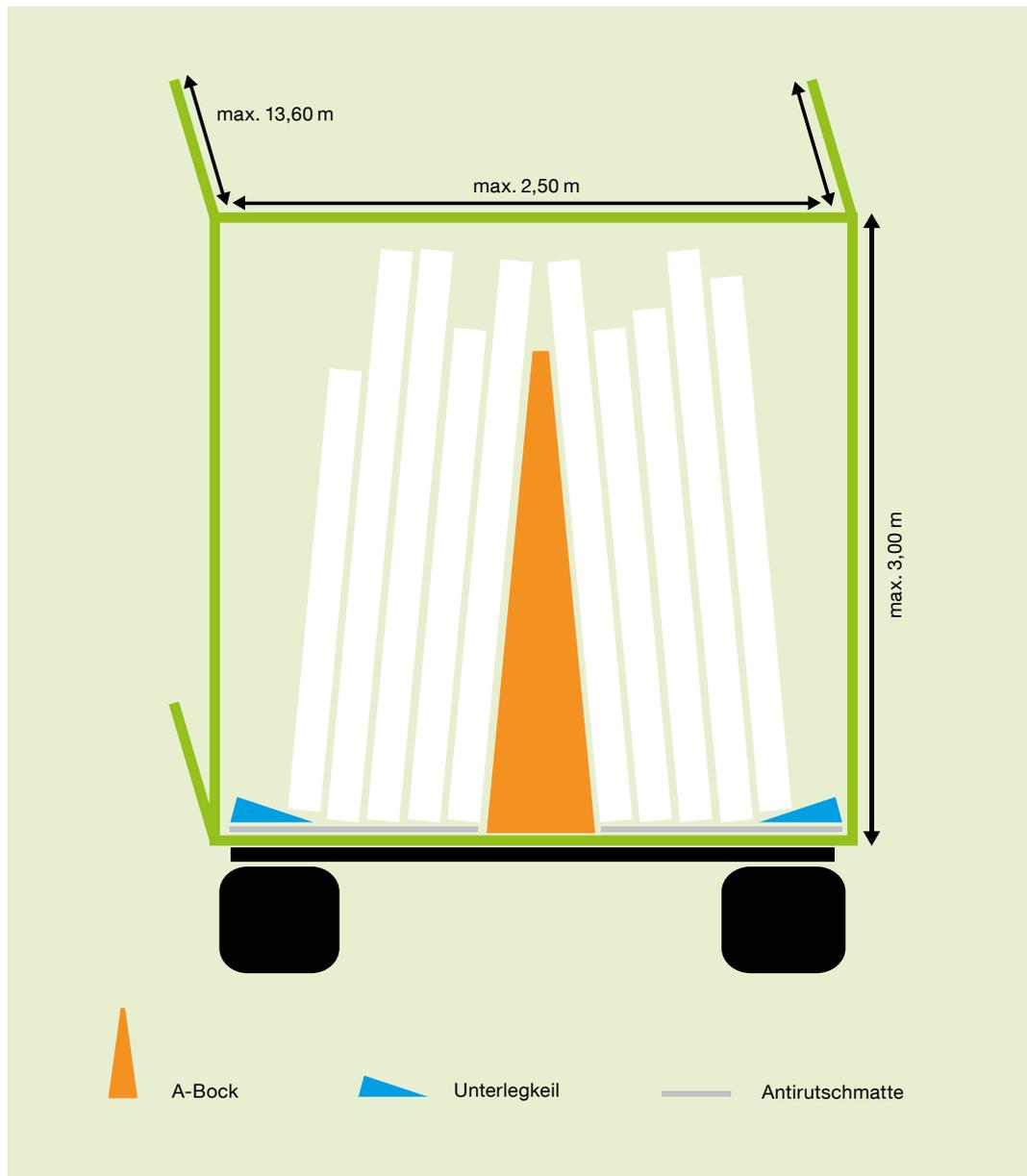
Stehendverladung

Ein Megatrailer kann bei der Stehendverladung mit max. 24 t beladen werden, wobei die maximale Ladelänge 13,60 m und die maximale Ladehöhe 3,00 m beträgt. Beachten Sie bitte, dass durch die A-Böcke die Ausladung geringer anzusetzen ist als bei der Liegendverladung (max. ca. 45 m³, abhängig von den Plattendimensionen und -stärken).

Zur Berechnung des Verladegewichts kann eine Dichte von 490 kg/m³ angesetzt werden. Jeder Auflieger ist mit mindestens 6 A-Böcken ausgestattet, an welche die CLT-Massivholzplatten angelehnt und anschließend ineinander verschraubt (Schraubstellen werden mit Farbe gekennzeichnet) werden. Danach

werden die Platten seitlich der Böcke nochmals mittels Zurrgurten miteinander verbunden sowie die komplette Ladung abermals fest zusammengezurt. Des Weiteren werden die Platten auf Unterlegkeile gestellt, die ein Wegrutschen bzw. Wegkippen der Platten verhindern. Wie bei der Liegendverladung werden Kantenschützer aus Karton zwischen Verzurrgurte und Platten eingelegt.

Müssen Sichtelemente stehend geladen werden, werden diese mit Lochbändern an den Schmalseiten verschraubt, damit die Platten nicht beschädigt werden. Sollten die A-Böcke sowie die Unterlegkeile nicht an uns retourniert werden, so werden diese von uns verrechnet.





Hererausgeber und für den Inhalt verantwortlich:
Stora Enso Wood Products GmbH,
Gedruckt auf Multi/Art Silk von Stora Enso.
Satz- und Druckfehler vorbehalten.
Ausgabe und Druck: 02/2017.

Stora Enso Division Wood Products

Building Solutions

E-Mail: buildingsolutions@storaenso.com

www.storaenso.com

www.clt.info

facebook.com/storaensolvingroom

THE RENEWABLE MATERIALS COMPANY