

# LVL by Stora Enso

## Technische Broschüre





# Stora Enso

## Der Anbieter erneuerbarer Materialien

Stora Enso ist ein führender Anbieter von nachhaltigen Lösungen für die Bereiche Verpackung, Biomaterialien, Holzbau und Papier auf globalen Märkten.

Wir sind der festen Überzeugung, dass alles, was heute noch aus Materialien auf fossiler Basis hergestellt wird, morgen aus Holz hergestellt werden kann. Unsere erneuerbaren, wiederverwendbaren und recyclingfähigen Materialien bilden die Grundlage für eine Reihe innovativer Lösungen, die dazu beitragen können, Erzeugnisse auf Basis fossiler Brennstoffe und anderer nicht erneuerbarer Materialien zu ersetzen.

Da Holzprodukte Kohlenstoff speichern, sind sie ein echt nachhaltiges Mittel zur Bekämpfung des Klimawandels.

Unsere Produkte werden ausschließlich aus Holz hergestellt, das aus verantwortungsvoll bewirtschafteten Quellen stammt. Die Holzlieferketten der Stora Enso-Produkte werden von einem Herkunftsnachweissystem abgedeckt, das von unabhängigen Dritten nach dem Chain-of-Custody-System gemäß PEFC™ und/oder FSC® zertifiziert wurde.

# Das Wunder von präzisionsgefertigtem Furnierschichtholz

Furnierschichtholz (Eng.: Laminated Veneer Lumber, LVL) ist ein fortschrittliches, auf die Anforderungen der modernen Bauwirtschaft zugeschnittenes Holzprodukt. LVL hat in Relation zu Stahl eine höhere Festigkeit, ist leichter als Beton, leicht zu verarbeiten und äußerst haltbar.

Dieser Holzwerkstoff macht sich die ganze Kraft nordischer Fichte zunutze. LVL hat sich als bevorzugte Wahl für verschiedene lasttragende Anwendungen bewährt. Heute bietet LVL eine Vielzahl von Möglichkeiten für flexibles und nachhaltiges Bauen und bringt das immerwährende Wunder Holz in unsere Wohnung.



## Inhalt

Die wichtigsten LVL-Daten	4	Produktion	10	Deckenbalken	16
Anwendungen	5	Dienstleistungen und		Dachpfetten	18
Drei Typen: S, X und T	6	Weiterverarbeitung	11	Mehrschichtbalken	20
Festigkeitswerte	7	Materialeigenschaften	12	Punktlasten	22
Vergleich mit anderen		Lagerung und Handling	13	Runde Aussparungen	23
Holzprodukten	8	Calculatis by Stora Enso	15	Viereckige Aussparungen	27

# Die wichtigsten LVL-Daten

Furnierschichtholz (Eng.: Laminated Veneer Lumber, LVL) ist ein fortschrittlicher Holzwerkstoff aus 3 mm starken, verklebten Fichtenfurnierschichten. LVL eignet sich für eine Reihe von tragenden Anwendungen bei Neubauten, Sanierungen und Renovierungen. LVL ist, gemessen an seinem Gewicht, eines der festesten Baumaterialien auf Holzbasis und somit eine ideale Lösung, wenn es auf Festigkeit, Dimensionsstabilität und hohe Tragkraft ankommt. Außerdem zeichnet sich das Material durch gleichbleibend hohe Qualität und leichte Bearbeitbarkeit aus.

LVL by Stora Enso ist CE-zertifiziert und hat die Allgemeine Bauartgenehmigung Nr. Z-9.1-880. LVL erfüllt ebenso die Anforderungen gemäß QDF-Richtlinie A-01 und ist auf der sog. QDF-Positivliste (Holzwerkstoffe gemäß QDF-Anforderungen) angeführt.



Anwendung	Tragende Anwendungen, Sparren, Träger, Stützen, Ständerahmen, Wand-, Decken- und Dachpaneele
Maximale Breite	2 500 mm
Maximale Stärke	75 mm
Maximale Länge	24 m
Holzart	Fichte ( <i>Picea abies</i> )
Klebstoffe	LVL besteht aus mehreren Furnierschichten, die mit braunem Phenolharz miteinander verklebt sind. Die Schrägstöße der obersten Furnierlage sind mit klarem Melaminformaldehydharz verklebt. LVL erfüllt die Anforderungen an die Emissionsklasse E1 gemäß EN 717-1 hinsichtlich der Formaldehydabgabe.
Feuchtigkeitsgehalt	Beim Verlassen des Werks 8–10 %
Oberflächenqualität	Für den Einsatz an nicht sichtbaren Stellen. LVL wird standardmäßig ungeschliffen geliefert, mit einer klaren Klebefuge auf der Oberseite. Auf Wunsch ist LVL auch kalibriert und optisch feingeschliffen erhältlich.
Dichte	Mittlere Dichte 510 kg/m <sup>3</sup> (LVL S & X)
Wärmeleitfähigkeit	$\lambda = 0,13 \text{ W/(mK)}$
Spezifische Wärmekapazität	$c = 1800 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
Nutzungsklasse	Nutzungsklasse 1 und 2 gem. EC5 / EN 1995-1-1
Brandverhalten	D-s1, d0 (EN 13501-1)

Hergestellt und geprüft in Finnland gemäß der harmonisierten Norm EN 14374

# Anwendungen

Das LVL-Sortiment umfasst verschiedene, von Bauingenieuren und Architekten, Handwerksbetrieben, Großhändlern und Holzingenieurbaubetrieben geschützte Eigenschaften. LVL bietet gleichbleibend hohe Qualität, Zuverlässigkeit und Bearbeitbarkeit für all Ihre Anwendungen von Industrie- bis zu Wohngebäuden, von großangelegten Hochhäusern bis zu Einfamilienhäusern und von Komponenten bis zu tragenden Elementen und Sparren, Balken und Verbindungsmitteln.



Typische Endanwendungen in einem Einfamilienhaus.



Typische Endanwendungen in einem mehrstöckigen Gebäude.

## Universell und vielseitig

- Pfetten und Sparren
- Träger und Trägerverstärkung
- Stützen
- Holzrahmenwände
- Deckenpaneele
- Dachpaneele
- Rippendeckenelemente
- Portalrahmen
- Dachausbauten
- Bogensparren für Dachgauben
- Fensterrahmenkomponenten

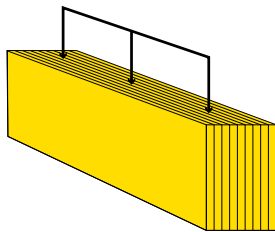
## Vorzüge

LVL eignet sich für die verschiedensten bautechnischen Anwendungen, bei denen es auf Festigkeit, geringes Gewicht und große Spannweiten ankommt. Der äußerst anpassungsfähige Werkstoff vereint die Festigkeit von Beton mit der Bearbeitbarkeit von Holz. LVL eignet sich für große Konstruktionselemente ebenso wie für kleinere Fertigteile.

- Im Verhältnis zu seinem Gewicht bis zu doppelt so fest wie Stahl
- Dimensionsstabil, kein Verziehen, Splintern oder Einreißen
- Homogene Qualität
- Leicht zu bohren, sägen, befestigen und einzupassen
- Herkömmliche Holzbearbeitungswerkzeuge genügen
- Präzisionsverarbeitung und leichte Maßanfertigung
- Wenig Materialabfall
- Geringes Gewicht und leicht zu tragen
- Leicht mit anderen Holzprodukten zu kombinieren
- Kürzere Bauzeiten durch Vorfertigung
- Umweltfreundlich, da zu 100 % aus erneuerbarem, recyclingfähigem Holz

# Drei Typen S, X und T

Die Eigenschaften und Leistungsmerkmale des Materials hängen von der Anordnung der anwendungsspezifisch optimiert verklebten Furnierschichten ab. Alle drei LVL-Typen verfügen über bestimmte Schlüsseleigenschaften und Vorteile wie Festigkeit, Spannweite und Formstabilität.

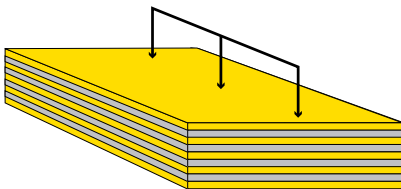


## Typ S – für Balken in höchster Präzision

Beim Typ S haben alle Furnierschichten dieselbe Faserrichtung, wodurch sich die Festigkeitseigenschaften in Längsrichtung des Produkts verbessern. Auch wegen ihres leichten Gewichts und ihrer guten Verarbeitbarkeit ist dieser Typ im Bauwesen die ideale Wahl für zahlreiche Anwendungen – vom Holzrahmenbau bis hin zu Balkenkonstruktionen und von Dachstuhlkomponenten bis hin zu Stützen.

Erhältliche Abmessungen\*

- Dicke (mm): 27 / 30 / 33 / 39 / 45 / 51 / 57 / 63 / 69 / 75
- Breite (mm): 200 / 220 / 240 / 250 / 260 / 300 / 350 / 360 / 400 / 450 / 500 / 600, auf Wunsch bis zu 2 500 erhältlich
- Maximale Länge 24 m

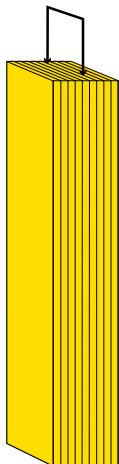


## Typ X – für Paneele in höchster Präzision

Durch die über das gesamte Element hinweg kreuzweise verklebten Furnierschichten ist dieser Typ ideal für lasttragende Plattenelemente im Holzbau. Der Typ X zeichnet sich durch eine besondere Dimensionsstabilität aus, die eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten bietet, vor allem, wenn von den Anwendungen große Schubfestigkeit gefordert wird.

Erhältliche Abmessungen\*

- Dicke (mm): 27 / 30 / 33 / 39 / 45 / 51 / 57 / 63 / 69 / 75
- Breite (mm): 200 / 220 / 240 / 250 / 260 / 300 / 350 / 360 / 400 / 450 / 500 / 600
- Paneele (mm): 1 200–2 500
- Maximale Länge 24 m



## Typ T – für den präzisen Innenausbau

Beim Typ T verlaufen alle Furnierschichten in derselben Richtung. Dabei handelt es sich jedoch um leichtere Furniere. Als solches bietet LVL T besondere Vorteile in Sachen Dimensionsstabilität, statische Festigkeit und Verwindungsresistenz. Dadurch eignet sich der Typ T besonders für Konstruktionen, bei denen es auf Dimensionsstabilität, Geradheit und geringes Gewicht ankommt. Eine typische Anwendung sind Wandsteher für Innenwände.

Erhältliche Abmessungen (mm)\*

- 39 x 66 mm, Längen 2 550–6 000 mm
- 39 x 92 mm, Länge 6 000 mm
- 45 x 45 mm, Längen 2 550–6 000 mm

\*) Auf Wunsch auch andere Abmessungen möglich.

# Festigkeitswerte

Bewerten Sie die von Ihnen verwendeten LVL-Typen hinsichtlich Ihrer Festigkeitseigenschaften.

		Kürzel	Maßeinheit	LVL S 24–75 mm	LVL X 24–75 mm	LVL T 27–75 mm
Biegefestigkeit	hochkant, in Faserrichtung	$f_{m,0,edge,k}$	N/mm <sup>2</sup>	44	32	27
	flachkant, in Faserrichtung	$f_{m,0,flat,k}$	N/mm <sup>2</sup>	50	36	32
Größeneffektparameter		s	–	0,15	0,15	0,15
Charakteristische Zugfestigkeit	in Faserrichtung	$f_{t,0,k}$	N/mm <sup>2</sup>	35	26	24
	senkrecht zur Faserrichtung, hochkant	$f_{t,90,edge,k}$	N/mm <sup>2</sup>	0,8	6	
Charakteristische Druckfestigkeit	in Faserrichtung	$f_{c,0,k}$	N/mm <sup>2</sup>	35	26	26
	senkrecht zur Faserrichtung, hochkant	$f_{c,90,edge,k}$	N/mm <sup>2</sup>	6	9	
Charakteristische Schubfestigkeit	hochkant, in Faserrichtung	$f_{v,0,edge,k}$	N/mm <sup>2</sup>	4,1	4,5	
	flachkant, in Faserrichtung	$f_{v,0,flat,k}$	N/mm <sup>2</sup>	2,3	1,3	
Elastizitätsmodul	in Faserrichtung	$E_{0,mean}$	N/mm <sup>2</sup>	13.800	10.500	10.000
	in Faserrichtung	$E_{0,k}$	N/mm <sup>2</sup>	11.600	8.800	8.800
Schubmodul	hochkant, in Faserrichtung	$G_{0,edge,mean}$	N/mm <sup>2</sup>	600	600	
	hochkant, in Faserrichtung	$G_{0,edge,k}$	N/mm <sup>2</sup>	400	400	
Dichte	Mittelwert	$\rho_{mean}$	kg/m <sup>3</sup>	510	510	440
	charakteristische Wert	$\rho_k$	kg/m <sup>3</sup>	480	480	410

	Nenngrößen	Toleranz
<b>Dicke (d)</b>	≤ 27	± 1 mm
	27–57 mm	± 2 mm
	> 57 mm	± 3 mm
<b>Breite (b)</b>	≤ 300 mm	± 2 mm
	300–600 mm	± 3 mm
	> 600 mm	± 0,5 %
<b>Länge (l)</b>	≤ 5 m	± 5 mm
	5–20 m	± 0,1 %
	> 20 m	± 20 mm

Maximale Abweichungen von Nenngröße für LVL ohne Druckimprägnierung. Die LVL-Toleranzen gelten für die Hauptproduktionslinie mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 10 %.


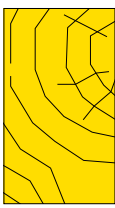


# Vergleich mit anderen Holzprodukten

LVL verfügt über Festigkeitseigenschaften, die größere Gestaltungsfreiheiten und Kosteneinsparungen ermöglichen als GL 24h oder C24 Vollholz.

## Getroffene Annahmen

Spannweite, L-Träger	6 m
$I_{e,t}$ für die Tragfläche	150 mm
Durchbiegung $w_{inst}$	L/300
Durchbiegung $w_{net,fin}$	L/200
Durchbiegung $w_{fin}$	L/125

	LVL S von Stora Enso			Brettschichtholz (Gluelam) GL 24h			Vollholz C24		
H =	300 mm 			300 mm 			300 mm 		
	Eigen-schaft N/mm <sup>2</sup>	Breite mm	Material-einsparung	Eigen-schaft N/mm <sup>2</sup>	Breite mm	Material-Erhöhung	Eigen-schaft N/mm <sup>2</sup>	Breite mm	Material-Erhöhung
Biegefestigkeit hochkant $f_{m,0,edge,k}$	44,0	39	0 %	24,0	69	78 %	24,0	89	128 %
	44,0	45	0 %	24,0	80	78 %	24,0	103	128 %
	44,0	51	0 %	24,0	90	78 %	24,0	115	128 %
	44,0	75	0 %	24,0	134	78 %	24,0	171	128 %
Schubfestigkeit hochkant $f_{v,0,edge,k}$	4,1	39	0 %	3,5	48	22 %	4,0	65	66 %
	4,1	45	0 %	3,5	55	22 %	4,0	75	66 %
	4,1	51	0 %	3,5	62	22 %	4,0	84	66 %
	4,1	75	0 %	3,5	92	22 %	4,0	125	66 %
Druckfestigkeit $\parallel f_{c,0,k}$	35,0	39	0 %	24,0	59	52 %	21,0	70	81 %
	35,0	45	0 %	24,0	68	52 %	21,0	80	81 %
	35,0	51	0 %	24,0	78	52 %	21,0	93	81 %
	35,0	75	0 %	24,0	114	52 %	21,0	135	81 %
Druckfestigkeit $\perp f_{c,90,edge,k}$	6,0	39	0 %	2,5	98	150 %	2,5	101	160 %
	6,0	45	0 %	2,5	112	150 %	2,5	116	160 %
	6,0	51	0 %	2,5	127	150 %	2,5	132	160 %
	6,0	75	0 %	2,5	186	150 %	2,5	194	160 %
Zugfestigkeit $\parallel f_{t,0,k}$	35,0	39	0 %	19,2	76	95 %	14,0	133	242 %
	35,0	45	0 %	19,2	88	95 %	14,0	154	242 %
	35,0	51	0 %	19,2	100	95 %	14,0	175	242 %
	35,0	75	0 %	19,2	145	95 %	14,0	255	242 %
Elastizitätsmodul $E_{0,mean}$	13.800	39	0 %	11.500	47	20 %	11.000	49	25 %
	13.800	45	0 %	11.500	54	20 %	11.000	56	25 %
	13.800	51	0 %	11.500	61	20 %	11.000	64	25 %
	13.800	75	0 %	11.500	90	20 %	11.000	94	25 %
Mittlere Dichte $\rho_{mean}$	510 kg/m <sup>3</sup>			420 kg/m <sup>3</sup>			420 kg/m <sup>3</sup>		
Charakteristische Dichte $\rho_k$	480 kg/m <sup>3</sup>			385 kg/m <sup>3</sup>			350 kg/m <sup>3</sup>		





# Produktion

Die Stora Enso-Division Wood Products bietet vielseitige holzbasierte Lösungen für den Bausektor.

Unsere Produktpalette deckt alle Bereiche urbanen Bauens ab und umfasst unter anderem Massivholzelemente und Baumodule, Holzkomponenten und Schnittholz. Unser Angebot wird durch Pellets für nachhaltiges Heizen abgerundet.

Wood Products ist weltweit tätig und betreibt in Europa mehr als 20 Produktionsstandorte. Unser globales Verkaufs- und Liefernetzwerk garantiert eine verlässliche und effiziente Belieferung unserer Kunden.

Unser hochmodernes finnisches LVL-Werk verfügt über eine Produktionskapazität von 100 000 m<sup>3</sup> pro Jahr.



# Dienstleistungen und Weiterverarbeitung

Neben dimensionsstabilen Standardelementen können wir auch maßgeschneiderte, vorgefertigte Elemente direkt zur Baustelle liefern.



## Kalibrierung und optischer Feinschliff

LVL-Standardprodukte werden ungeschliffen geliefert. Um eine noch präzisere Dicke und die Einhaltung anspruchsvoller Toleranzen zu gewährleisten, kann das LVL kalibriert oder optisch feingeschliffen werden.

Die Kalibrierung verringert die Dicke um etwa 3 mm (1,5 mm pro Seite). Die Dicketoleranz beträgt nach der Kalibrierung  $\pm 0,5$  mm. Der optische Feinschliff verringert die Dicke um etwa 2 mm (1 mm pro Seite).



## Plattenabbund

Termingerecht angelieferte, millimetergenau fertig zugeschnittene Elemente lassen sich leicht montieren und steigern somit die Produktivität.

Mit der Abbundanlage können wir kundenspezifisch angepasste Platten und Spezialschnitte herstellen. Weiterverarbeitete Elemente eignen sich perfekt für Träger und Balken, Dach- und Wandelemente.

### Längentoleranz

$\pm 1,0$  mm (<12 000 mm)  
 $\pm 2,0$  mm (>12 000 mm)

### Breitentoleranz

$\pm 0,5$  mm (<1 500 mm)  
 $\pm 1,0$  mm (>1 500 mm)

Maximale Breite 3 200 mm  
Max. Dicke 150 mm  
Max. Länge 24 000 mm

## Feuchtigkeitsschutz

LVL-Produkte können mit wasserbasiertem Holzöl (Teknoschild 4015) behandelt werden. Das Feuchtigkeitsschutzmittel wird auf beiden Seiten sowie auf den Kanten aufgetragen, um einen besseren Schutz zu erreichen.

Die Schutzbehandlung ist nur für den vorübergehenden Schutz während der Lagerung und der Bauzeit gedacht. Es empfiehlt sich, Oberflächen, die ständiger Witterung ausgesetzt sind, einmal im Jahr nachzubehandeln.



# Materialeigenschaften

## Biologische und chemische Widerstandsfähigkeit

Die biologische Widerstandsfähigkeit von LVL entspricht der, der verwendeten Holzart. Der Klebstoff ist witterungsbeständig. Die Verwendung von unbehandeltem LVL in Nutzungsklasse 3 ist nicht zu empfehlen. Kontinuierlicher Kontakt mit Wasser ist zu vermeiden.

Durch Pilzbefall verursachte Holzfäule weicht das Holz auf und mindert dessen Festigkeit. Pilze entstehen und wachsen, wenn der Feuchtegehalt über 20 % liegt und Temperaturen zwischen +3 °C und +40 °C herrschen. Wenn Holz im Außenbereich eingesetzt wird, empfehlen wir eine entsprechende Oberflächenbehandlung. LVL besitzt gute Widerstandsfähigkeit gegen schwache Säuren und saure Salzlösungen.

Laugen verursachen die Erweichung von Holz. Der direkte Kontakt mit Oxidationsmitteln, wie Chlor, Hypochlorite und Nitrate ist zu vermeiden. Alkohol und einige andere organische Flüssigkeiten haben ähnliche Auswirkung wie Wasser, d. h., sie bewirken ein Aufquellen des Holzes und einen leichten Verlust an Festigkeit. Mineralöl hat keine Auswirkungen auf die Festigkeitseigenschaften, verursacht jedoch Verfärbungen. Die chemische Widerstandsfähigkeit lässt sich durch unterschiedliche Beschichtungen verbessern.



## Thermische Eigenschaften

Die Wärmeleitfähigkeit von LVL hängt von dessen Feuchtigkeitsgehalt ab. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 47 % beträgt der Feuchtegehalt 9,3 % und die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,110 \text{ W/(mK)}$ . Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 93 % beträgt der Feuchtegehalt 25 % und die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,132 \text{ W/(mK)}$ .

LVL kann bei Temperaturen bis zu 100 °C und vorübergehend bis 120 °C eingesetzt werden. Holzprodukte sind widerstandsfähiger gegen Kälte als gegen Hitze und können sogar bei einer Temperatur von -200 °C eingesetzt werden. LVL ist bei Wärmeeinwirkung sehr dimensionsstabil und seine thermische Verformung kann im Allgemeinen vernachlässigt werden.

## Brandbeständigkeit

Die Entzündungstemperatur von LVL über offener Flamme beträgt etwa 270 °C.

Das Brandverhalten von LVL ist der Baustoffklasse D-s1 d0 zugeordnet. Gemäß EN 1995-1-2 liegt die angegebene eindimensionale Abbrandrate bei 0,65 mm/min und die ideale Abbrandrate bei 0,70 mm/min.

Beispiel zu einer Brandeinwirkungsdauer von 60 min:  
 $d_{\text{char}, n} = \beta_n \cdot t = 0,70 \text{ mm/min} \cdot 60 \text{ min} = 42 \text{ mm}$



# Lagerung und Handling

Um Beschädigungen an den Oberflächen, Kanten und Ecken des Produkts zu vermeiden, ist es wesentlich, auf eine sorgfältige und sachgemäße Lagerung und Handhabung zu achten. Außerdem kann eine unsachgemäße Handhabung die Dimensionsstabilität des Produkts beeinträchtigen.

## Transport

Bei Transport und Lagerung des Produkts ist eine Erhöhung des Feuchtegehalts durch Regen oder Spritzwasser zu vermeiden. Um Beschädigungen des Produkts zu vermeiden, ist bei Verwendung eines Gabelstaplers sicherzustellen, dass die Gabelzinken weit genug auseinander liegen. Ein hinreichender Abstand der Gabelzinken ist auch wichtig, wenn mehrere LVL-Pakete auf einmal angehoben werden sollen.

## Entladung

Beim Handling von LVL-Paketen mit einem Gabelstapler oder Kran sind Gurte von einwandfreiem Zustand und angemessener Festigkeit zu verwenden. Die Verwendung von Ketten und Drahtseilen ist zu vermeiden, da diese die Oberflächen, Kanten und Dimensionsstabilität der Produkte beeinträchtigen können.

Die Pakete immer vorsichtig vom LKW entladen und nicht mit der Staplergabel schieben. Bei Verwendung eines Gabelstaplers ist auf einen stabilen Stand zu achten.

## Lagerung

LVL-Pakete sollten abgedeckt und vor Witterungseinflüssen geschützt aufbewahrt werden. Es ist sicherzustellen, dass die Pakete auf Unterlagen mit einem Bodenabstand von mindestens 30 cm, flach und trocken gelagert werden. Die Unterlagen müssen von ausreichender Größe sein und gleichmäßig aufgestellt werden, um ein Verziehen oder Reißen der Produkte zu vermeiden. Wenn LVL-Pakete länger als eine Woche gelagert werden, sind die Kunststoffverpackungen an den unteren Kanten aufzuschneiden, um eine ausreichende Luftzirkulation zu ermöglichen.





# Calculatis by Stora Enso

Stora Enso bietet für die Planung von Holzkonstruktionen das Online-Tool Calculatis an. Calculatis by Stora Enso ist eine Software für die Bemessung von tragenden Holzkonstruktionen und Bauphysik. Calculatis läuft auf allen Betriebssystemen und kann so über den Webbrowser auf Desktop-, Laptop- und Tablet-PCs verwendet werden.

Die Software ist in sechs Sprachen verfügbar. Die Ausgabedateien im PDF-Format können in jeder dieser Sprachen erstellt werden, unabhängig von der jeweiligen Betriebssystemsprache.

Calculatis ist kostenlos, plattformunabhängig und kann über den Webbrowser benutzt werden.

Anmeldung über

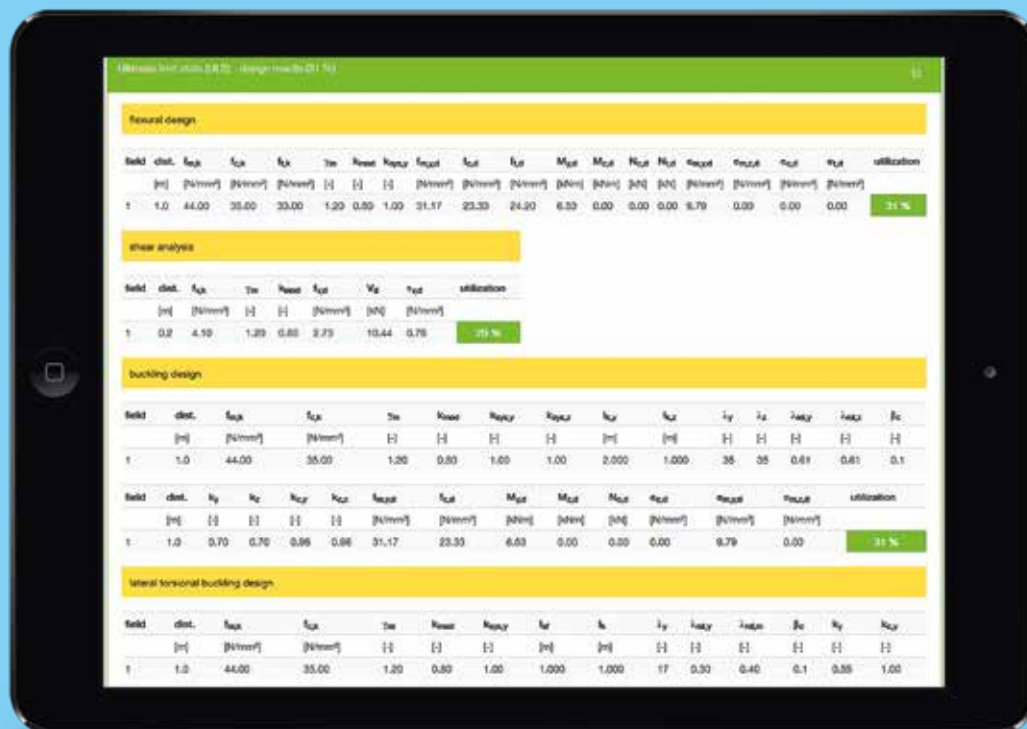
[www.storaenso.com/calculatis](http://www.storaenso.com/calculatis)

Calculatis ist ein Planungsprogramm, das in der Lage ist, Bauelemente aus LVL, CTL, Brettschichtholz und herkömmlichem Schnittholz zu berechnen.

## LVL kann bemessen werden als:

- Balken
- Druckglied (Stütze)
- Bestandteil eines CLT-Rippenpaneels (LVL-Rippen)
- LVL Rippendecke
- Beton-Verbunddecke (mit Rippendeckenelementen aus LVL)
- Verbindungsmittelbemessung
- im Bauphysikmodul (Wärmedämmung mit Kondensationsanalyse)

Die Software wird kontinuierlich weiterentwickelt, auf den neuesten Stand gebracht und gewartet.



# Deckenbalken

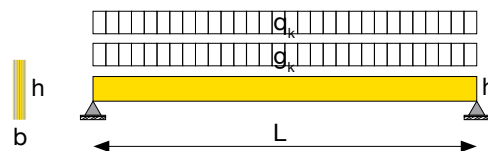
## Bemessungstabelle: LVL S – Einfeldträger

Für diese Tabelle wurde ein Trägerabstand von 1,00 m angenommen. Die Druckzone des Trägers wurde als kontinuierlich seitlich gehalten angenommen. Somit ist ein Versagen durch Biegedrillknicken ausgeschlossen.

Balkenabstand 1,00 m

### Fußbodenaufbau

	Dicke	E
6 cm Estrich	60,0 mm	26 000 N/mm <sup>2</sup>
Spanplatte	22,0 mm	3 000 N/mm <sup>2</sup>
Sekundärträger C16 38x200 @ 600 c/c	200,0 mm	8 000 N/mm <sup>2</sup>
Deckenuntersicht aus Gipskartonplatten	12,5 mm	2 000 N/mm <sup>2</sup>



Permanente Last, $g_k$	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	
	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	
Nutzlast $q_k$	2,0 kN/m <sup>2</sup>			3,0 kN/m <sup>2</sup>			5,0 kN/m <sup>2</sup>			
Nutzlastkategorie	Kategorie A			Kategorie B			Kategorie C			
b [mm]	h [mm]		Spannweite [m]							
39	195		2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
39	200		2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19
39	240		2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
39	300		3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,37
39	360		4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,15	4,00
39	400		4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,62	4,46	4,31
45	195		2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
45	200		2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31
45	240		2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,83
45	300		3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,53
45	360		4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	4,39	4,24
45	400		4,93	4,93	4,93	4,93	4,93	4,93	4,87	4,71
57	195		2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
57	200		2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53
57	240		3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,06
57	300		3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,95	3,82
57	360		4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,74	4,58
57	400		5,33	5,33	5,23	5,33	5,33	5,23	5,33	5,08
75	195		2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
75	200		2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,79
75	240		3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	3,35
75	300		4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,32	4,18
75	360		5,26	5,26	5,16	5,26	5,26	5,16	5,26	5,01
75	400		5,84	5,84	5,58	5,84	5,84	5,58	5,84	5,56

Schwingung ist bemessungsmaßgebend.

Bei der Erstellung dieser Tabellen wurden folgende Parameter für die Bemessung und Konstruktion von Holzbauten gemäß DIN EN 1995-1-1 verwendet.

### Koeffizienten

$\gamma_m$	1,3
$k_{mod,perm}$	0,6
$k_{mod,med}$	0,8
$k_{def}$	0,6
$L/w_{inst} =$	300
$L/w_{fin} =$	300
$f_1$	8,00 Hz
$\gamma_G$	1,35
$\gamma_Q$	1,5
$\zeta$	3 %
Nutzungsklasse	1

### LVL Eigenschaften

$E_{mean}$	13800 N/mm <sup>2</sup>
$G_{mean}$	600 N/mm <sup>2</sup>
$f_{m,k}$	44 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,k}$	35 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k}$	35 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,k}$	4,1 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k}$	6 N/mm <sup>2</sup>
$\rho_{mean}$	510 kg/m <sup>3</sup>
$s$	0,15 -

Diese Tabelle ist kein Ersatz für eine umfassende, projektspezifische baustatische Bemessung.

Die Länge der Auflager sollte den vorgeschlagenen Anschlussdetails entsprechend projektspezifisch berechnet werden.

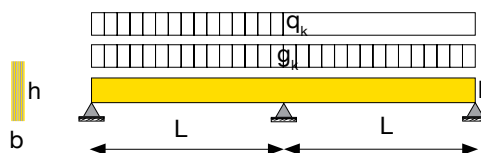


# Deckenbalken

## Bemessungstabelle: LVL S – Zweifeld-Durchlaufträger

Für diese Tabelle wurde ein Trägerabstand von 1,0 m angenommen. Eine Fußbodenauflast wird in kN/m<sup>2</sup> angegeben. In der Mehrfelddachträgertabelle wurden einwirkende Lasten berücksichtigt. Die Mehrfeldträgertabellen basieren auf mehreren gleich großen Spannweiten. Die Druckzone des Trägers wurde als kontinuierlich seitlich gestützt angenommen. Somit ist ein Versagen durch Biegedrillknicken ausgeschlossen.

Balkenabstand	1,00 m
<b>Fußbodenaufbau</b>	<b>Dicke</b> <b>E</b>
6 cm Estrich	60,0 mm      26 000 N/mm <sup>2</sup>
Spanplatte	22,0 mm      3 000 N/mm <sup>2</sup>
Sekundärträger C16 38x200 @ 600 c/c	200,0 mm      8 000 N/mm <sup>2</sup>
Deckenuntersicht aus Gipskartonplatten	12,5 mm      2 000 N/mm <sup>2</sup>



Permanente Last, g <sub>k</sub>	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0
	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Nutzlast q <sub>k</sub>	2,0 kN/m <sup>2</sup>			3,0 kN/m <sup>2</sup>			5,0 kN/m <sup>2</sup>		
Nutzlastkategorie	Kategorie A			Kategorie B			Kategorie C		
b [mm]	h [mm]			Spannweite [m]					
39	195	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
39	200	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19
39	240	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
39	300	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46
39	360	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,14	4,01
39	400	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,62	4,46	4,31
45	195	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
45	200	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31
45	240	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84
45	300	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65
45	360	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43
45	400	4,93	4,93	4,93	4,93	4,93	4,93	4,93	4,91
57	195	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
57	200	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53
57	240	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
57	300	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99
57	360	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80
57	400	5,33	5,33	5,23	5,33	5,33	5,23	5,33	5,23
75	195	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
75	200	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
75	240	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44
75	300	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38
75	360	5,26	5,26	5,16	5,26	5,26	5,16	5,26	5,16
75	400	5,84	5,84	5,58	5,84	5,84	5,58	5,84	5,58

Schwingung ist bemessungsmaßgebend.

Bei der Erstellung dieser Tabellen wurden folgende Parameter für die Bemessung und Konstruktion von Holzbauten gemäß DIN EN 1995-1-1 verwendet.

### Koeffizienten

Y <sub>m</sub>	1,3
k <sub>mod,perm</sub>	0,6
k <sub>mod,med</sub>	0,8
k <sub>def</sub>	0,6
L/w <sub>inst</sub> =	300
L/w <sub>fin</sub> =	300
f <sub>1</sub>	8,00 Hz
Y <sub>G</sub>	1,35
Y <sub>Q</sub>	1,5
ζ	3 %
Nutzungsklasse	1

### LVL Eigenschaften

E <sub>mean</sub>	13800 N/mm <sup>2</sup>
G <sub>mean</sub>	600 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>m,k</sub>	44 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t,0,k</sub>	35 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,0,k</sub>	35 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>v,k</sub>	4,1 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,0,k</sub>	6 N/mm <sup>2</sup>
ρ <sub>mean</sub>	510 kg/m <sup>3</sup>
s	0,15 -

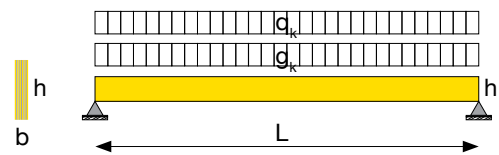
Diese Tabelle ist kein Ersatz für eine umfassende, projektspezifische baustatische Bemessung.

Die Länge der Auflager sollte den vorgeschlagenen Anschlussdetails entsprechend projektspezifisch berechnet werden.

# Dachpfetten

## Bemessungstabelle: LVL S – Einfeldträger

Die Druckzone des Trägers wurde als kontinuierlich seitlich halten angenommen. Somit ist ein Versagen durch Biegedrillknicken ausgeschlossen.



Permanente Last, $g_k$	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	
	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	
Veränderliche Last $s_k$	2,0 kN/m <sup>2</sup>			4,0 kN/m <sup>2</sup>			6,0 kN/m <sup>2</sup>			
b [mm]	h [mm]	Spannweite [m]								
39	195	3,05	2,90	2,77	2,57	2,49	2,42	2,30	2,25	2,20
39	200	3,13	2,97	2,84	2,64	2,56	2,48	2,36	2,31	2,26
39	240	3,75	3,57	3,41	3,17	3,07	2,98	2,83	2,77	2,71
39	300	4,69	4,46	4,26	3,96	3,83	3,72	3,54	3,46	3,38
39	360	5,63	5,35	5,12	4,75	4,60	4,47	4,25	4,15	4,06
39	400	6,26	5,94	5,68	5,28	5,11	4,97	4,72	4,61	4,51
45	195	3,20	3,04	2,91	2,70	2,61	2,54	2,41	2,36	2,31
45	200	3,28	3,12	2,98	2,77	2,68	2,60	2,47	2,42	2,37
45	240	3,94	3,74	3,58	3,32	3,22	3,13	2,97	2,90	2,84
45	300	4,92	4,68	4,47	4,15	4,02	3,91	3,71	3,63	3,55
45	360	5,91	5,61	5,37	4,98	4,83	4,69	4,45	4,35	4,26
45	400	6,56	6,23	5,96	5,54	5,36	5,21	4,95	4,84	4,73
57	195	3,46	3,29	3,14	2,92	2,83	2,75	2,61	2,55	2,50
57	200	3,55	3,37	3,23	2,99	2,90	2,82	2,68	2,62	2,56
57	240	4,26	4,05	3,87	3,59	3,48	3,38	3,21	3,14	3,07
57	300	5,33	5,06	4,84	4,49	4,35	4,23	4,02	3,92	3,84
57	360	6,39	6,07	5,81	5,39	5,22	5,07	4,82	4,71	4,61
57	400	7,10	6,74	6,45	5,99	5,80	5,64	5,35	5,23	5,12
75	195	3,79	3,60	3,45	3,20	3,10	3,01	2,86	2,79	2,74
75	200	3,89	3,70	3,53	3,28	3,18	3,09	2,93	2,87	2,81
75	240	4,67	4,43	4,24	3,94	3,81	3,71	3,52	3,44	3,37
75	300	5,84	5,54	5,30	4,92	4,77	4,63	4,40	4,30	4,21
75	360	7,00	6,65	6,36	5,91	5,72	5,56	5,28	5,16	5,05
75	400	7,78	7,39	7,07	6,56	6,36	6,18	5,87	5,73	5,61

Bei der Erstellung dieser Tabellen wurden folgende Parameter für die Bemessung und Konstruktion von Holzbauten gemäß DIN EN 1995-1-1 verwendet.

### Koeffizienten

$\gamma_m$	1,3
$k_{mod,perm}$	0,6
$k_{mod,med}$	0,8
$k_{def}$	0,6
$L/w_{inst} =$	300
$L/w_{fin} =$	300
$\gamma_G$	1,35
$\gamma_Q$	1,5
$\psi_2$	0
Nutzungsklasse	1

### LVL Eigenschaften

$E_{mean}$	13800 N/mm <sup>2</sup>
$G_{mean}$	600 N/mm <sup>2</sup>
$f_{m,k}$	44 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,k}$	35 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k}$	35 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,k}$	4,1 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k}$	6 N/mm <sup>2</sup>
$\rho_{mean}$	510 kg/m <sup>3</sup>
$s$	0,15 -

Diese Tabelle ist kein Ersatz für eine umfassende, projektspezifische baustatische Bemessung.

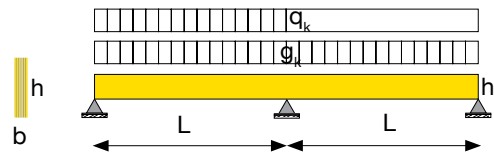
Die Länge der Auflager sollte den vorgeschlagenen Anschlussdetails entsprechend projektspezifisch berechnet werden.

# Dachpfetten

## Bemessungstabelle: LVL S – Zweifeld-Durchlaufträger

In der Mehrfelddachträgertabelle wurden volle einwirkende Lasten verwendet. Die Mehrfeldträgertabellen basieren auf mehreren gleich großen Spannweiten.

Die Druckzone des Trägers wurde als kontinuierlich seitlich halten angenommen. Somit ist ein Versagen durch Biegedrillknicken ausgeschlossen.



Permanente Last, $g_k$	1,0 kN/m <sup>2</sup>			1,5 kN/m <sup>2</sup>			2,0 kN/m <sup>2</sup>				
	Veränderliche Last $s_k$			2,0 kN/m <sup>2</sup>			4,0 kN/m <sup>2</sup>			6,0 kN/m <sup>2</sup>	
b [mm]	h [mm]	Spannweite [m]									
39	195	3,84	3,58	3,36	2,96	2,83	2,72	2,49	2,40	2,28	
39	200	3,93	3,66	3,44	3,03	2,90	2,78	2,55	2,46	2,34	
39	240	4,66	4,33	4,07	3,58	3,43	3,29	3,02	2,93	2,81	
39	300	5,72	5,33	5,00	4,40	4,21	4,05	3,71	3,60	3,49	
39	360	6,78	6,30	5,92	5,21	4,99	4,79	4,39	4,26	4,13	
39	400	7,47	6,95	6,53	5,75	5,50	5,28	4,84	4,69	4,55	
45	195	4,13	3,84	3,61	3,18	3,04	2,92	2,68	2,59	2,52	
45	200	4,23	3,93	3,69	3,25	3,11	2,99	2,74	2,65	2,58	
45	240	5,00	4,65	4,37	3,85	3,68	3,54	3,24	3,14	3,05	
45	300	6,15	5,72	5,37	4,73	4,53	4,35	3,99	3,86	3,75	
45	360	7,28	6,77	6,36	5,60	5,36	5,15	4,72	4,57	4,44	
45	400	8,02	7,47	7,01	6,17	5,91	5,67	5,20	5,04	4,89	
57	195	4,64	4,32	4,06	3,57	3,42	3,29	3,01	2,92	2,83	
57	200	4,76	4,43	4,16	3,66	3,50	3,36	3,08	2,99	2,90	
57	240	5,63	5,24	4,92	4,33	4,15	3,98	3,65	3,54	3,43	
57	300	6,92	6,44	6,05	5,32	5,10	4,89	4,49	4,35	4,22	
57	360	8,19	7,62	7,16	6,30	6,03	5,79	5,31	5,15	5,00	
57	400	9,03	8,40	7,89	6,95	6,65	6,39	5,85	5,67	5,51	
75	195	5,09	4,83	4,62	4,10	3,92	3,77	3,46	3,35	3,25	
75	200	5,22	4,96	4,74	4,20	4,02	3,86	3,54	3,43	3,33	
75	240	6,26	5,95	5,64	4,97	4,75	4,57	4,19	4,06	3,94	
75	300	7,83	7,39	6,94	6,11	5,84	5,61	5,15	4,99	4,84	
75	360	9,39	8,74	8,21	7,23	6,92	6,64	6,09	5,90	5,73	
75	400	10,36	9,64	9,05	7,97	7,63	7,32	6,72	6,51	6,32	

Bei der Erstellung dieser Tabellen wurden folgende Parameter für die Bemessung und Konstruktion von Holzbauten gemäß DIN EN 1995-1-1 verwendet.

### Koeffizienten

$\gamma_m$	1,3
$k_{mod,perm}$	0,6
$k_{mod,med}$	0,8
$k_{mod,short}$	0,9
$k_{def}$	0,6
$L/w_{inst} =$	300
$L/w_{fin} =$	300
$\gamma_G$	1,35
$\gamma_Q$	1,5
$\psi_2$	0
Nutzungsklasse	1

### LVL Eigenschaften

$E_{mean}$	13800 N/mm <sup>2</sup>
$G_{mean}$	600 N/mm <sup>2</sup>
$f_{m,k}$	44 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,k}$	35 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k}$	35 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,k}$	4,1 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k}$	6 N/mm <sup>2</sup>
$\rho_{mean}$	510 kg/m <sup>3</sup>
$s$	0,15 -

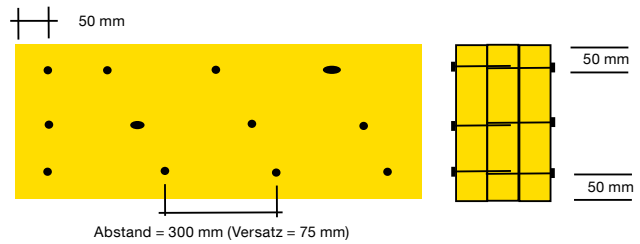
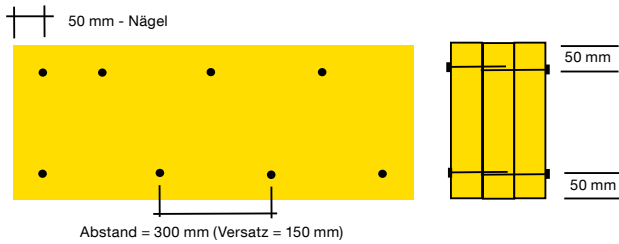
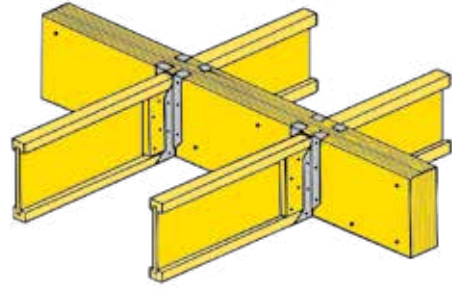
Diese Tabelle ist kein Ersatz für eine umfassende, projektspezifische baustatische Bemessung.

Die Länge der Auflager sollte den vorgeschlagenen Anschlussdetails entsprechend projektspezifisch berechnet werden.

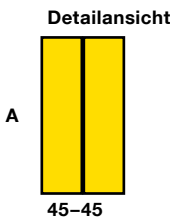
# Mehrschichtbalken

Sekundärträger auf einer, oder beiden Seiten des Balkens.

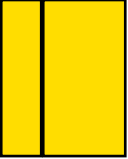
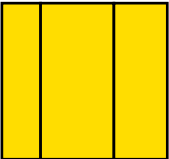
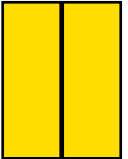
Bei 180 mm breiten Balken ist eine seitliche (exzentrische) Einleitung von vertikalen Lasten nur dann zu empfehlen, wenn diese auf beiden Seiten des Balkens erfolgt.



Annahme für lineare, mittlere Belastung:  $k_{mod} = 0,8$   $\gamma_m = 1,3$



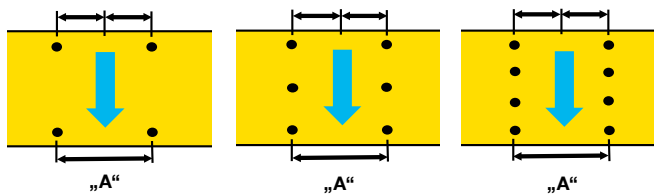
Verbindungsmittel	Schubfestigkeit	EC5-Modus	Maximale seitlich eingeleitete Belastung <sup>1)</sup>
3,35 Ø x 90 Glattnägeln 2 Reihen @ 300 c/c	4,75 kN/m	f	9,50 kN/m
3,35 Ø x 90 Glattnägeln 3 Reihen @ 300 c/c	7,12 kN/m	f	14,20 kN/m
3,75 Ø x 90 Glattnägeln 2 Reihen @ 300 c/c	5,72 kN/m	f	11,40 kN/m
3,75 Ø x 90 Glattnägeln 3 Reihen @ 300 c/c	8,58 kN/m	f	17,20 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 8 x 80 2 Reihen @ 600 c/c	7,67 kN/m	c	7,67 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 8 x 80 2 Reihen @ 300 c/c	15,34 kN/m	c	15,34 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 8 x 80 3 Reihen @ 600 c/c	11,50 kN/m	c	11,50 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 8 x 80 3 Reihen @ 300 c/c	23,00 kN/m	c	23,00 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 10 x 80 2 Reihen @ 600 c/c	9,38 kN/m	c	9,38 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 10 x 80 2 Reihen @ 300 c/c	18,75 kN/m	c	18,75 kN/m
3,35 Ø x 90 Glattnägeln 2 Reihen @ 300 c/c	4,75 kN/m	f	7,1 kN/m
3,35 Ø x 90 Glattnägeln 3 Reihen @ 300 c/c	7,12 kN/m	f	10,7 kN/m
3,75 Ø x 90 Glattnägeln 2 Reihen @ 300 c/c	5,72 kN/m	f	8,6 kN/m
3,75 Ø x 90 Glattnägeln 3 Reihen @ 300 c/c	8,58 kN/m	f	12,9 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 8 x 130 2 Reihen @ 600 c/c	10,28 kN/m	h	20,55 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 8 x 130 2 Reihen @ 300 c/c	20,55 kN/m	h	41,10 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 8 x 130 3 Reihen @ 600 c/c	15,41 kN/m	h	30,83 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 8 x 130 3 Reihen @ 300 c/c	30,83 kN/m	h	61,65 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 10 x 130 2 Reihen @ 600 c/c	12,57 kN/m	h	25,13 kN/m
Vollgewindeschrauben Ø 10 x 130 2 Reihen @ 300 c/c	25,13 kN/m	h	50,26 kN/m

	Verbindungsmittel	Schubfestigkeit	EC5-Modus	Maximale seitlich eingeleitete Belastung <sup>1)</sup>
C  45-90	3,35 Ø x 90 Glattnägeln 2 Reihen @ 300 c/c	4,75 kN/m	f	7,10 kN/m
	3,35 Ø x 90 Glattnägeln 3 Reihen @ 300 c/c	7,12 kN/m	f	10,70 kN/m
	3,75 Ø x 90 Glattnägeln 2 Reihen @ 300 c/c	5,72 kN/m	f	8,60 kN/m
	3,75 Ø x 90 Glattnägeln 3 Reihen @ 300 c/c	8,58 kN/m	f	12,90 kN/m
	Vollgewindeschrauben Ø 8 x 130 2 Reihen @ 600 c/c	13,28 kN/m	c	13,28 kN/m
	Vollgewindeschrauben Ø 8 x 130 2 Reihen @ 300 c/c	26,56 kN/m	c	26,56 kN/m
	Vollgewindeschrauben Ø 8 x 130 3 Reihen @ 600 c/c	19,92 kN/m	c	19,92 kN/m
	Vollgewindeschrauben Ø 8 x 130 3 Reihen @ 300 c/c	39,83 kN/m	c	39,83 kN/m
	Vollgewindeschrauben Ø 10 x 130 2 Reihen @ 600 c/c	16,24 kN/m	c	16,24 kN/m
	Vollgewindeschrauben Ø 10 x 130 2 Reihen @ 300 c/c	32,47 kN/m	c	32,47 kN/m
D  45-90-45	3,35 Ø x 90 Glattnägeln 2 Reihen @ 300 c/c	4,75 kN/m	f	6,30 kN/m
	3,35 Ø x 90 Glattnägeln 3 Reihen @ 300 c/c	7,12 kN/m	f	9,50 kN/m
	3,75 Ø x 90 Glattnägeln 2 Reihen @ 300 c/c	5,72 kN/m	f	7,60 kN/m
	3,75 Ø x 90 Glattnägeln 3 Reihen @ 300 c/c	8,58 kN/m	f	11,40 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 8 x 180 2 Reihen @ 600 c/c	17,03 kN/m	f	34,07 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 8 x 180 2 Reihen @ 300 c/c	34,07 kN/m	f	68,13 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 8 x 180 3 Reihen @ 600 c/c	25,55 kN/m	f	51,10 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 8 x 180 3 Reihen @ 300 c/c	51,10 kN/m	f	102,20 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 10 x 180 2 Reihen @ 600 c/c	21,67 kN/m	d	43,33 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 10 x 180 2 Reihen @ 300 c/c	43,33 kN/m	d	86,66 kN/m
E  90-90	3,35 Ø x 90 Glattnägeln 2 Reihen @ 300 c/c	K/A	K/A	K/A
	3,35 Ø x 90 Glattnägeln 3 Reihen @ 300 c/c	K/A	K/A	K/A
	3,75 Ø x 90 Glattnägeln 2 Reihen @ 300 c/c	K/A	K/A	K/A
	3,75 Ø x 90 Glattnägeln 3 Reihen @ 300 c/c	K/A	K/A	K/A
	Durchsteckbolzen Ø 8 x 180 2 Reihen @ 600 c/c	17,03 kN/m	c	17,03 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 8 x 180 2 Reihen @ 300 c/c	34,05 kN/m	c	34,05 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 8 x 180 3 Reihen @ 600 c/c	25,54 kN/m	c	25,54 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 8 x 180 3 Reihen @ 300 c/c	51,08 kN/m	c	51,08 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 10 x 180 2 Reihen @ 600 c/c	20,82 kN/m	c	20,82 kN/m
	Durchsteckbolzen Ø 10 x 180 2 Reihen @ 300 c/c	41,64 kN/m	c	41,64 kN/m

1.) Bei den in dieser Tabelle angegebenen Werten handelt es sich um die maximal linearen, mittleren seitlich eingeleiteten Belastungen, die die Anforderungen der Befestigungsmittel erfüllen. Der Ingenieur sollte sich auch vergewissern, dass alle sonstigen Festigkeits- und Steifigkeitskriterien erfüllt sind (z. B. Biegefestigkeit, Schubfestigkeit und Durchbiegung).

# Punktlasten

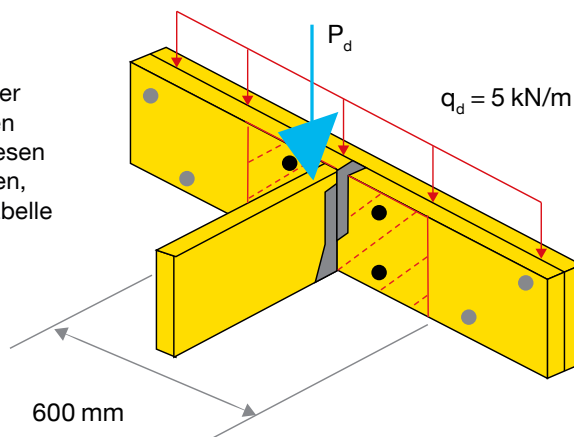
„A“ ist nicht größer als 300 mm



A	3,35 Ø x 90 Glattnägel 2 Reihen @ 300 c/c	6,84 kN	10,26 kN	13,68 kN
	3,75 Ø x 90 Glattnägel 2 Reihen @ 300 c/c	8,21 kN	12,31 kN	16,42 kN
	Vollgewindeschrauben Ø 8 x 80 2 Reihen @ 300 c/c	11,04 kN	16,56 kN	22,08 kN
	Vollgewindeschrauben Ø 10 x 80 2 Reihen @ 300 c/c	13,50 kN	20,25 kN	27,00 kN
B	3,35 Ø x 90 Glattnägel 2 Reihen @ 300 c/c	5,11 kN	7,67 kN	10,22 kN
	3,75 Ø x 90 Glattnägel 2 Reihen @ 300 c/c	6,19 kN	9,29 kN	12,38 kN
	Vollgewindeschrauben Ø 8 x 130 2 Reihen @ 300 c/c	29,59 kN	44,39 kN	59,19 kN
	Vollgewindeschrauben Ø 10 x 130 2 Reihen @ 300 c/c	36,19 kN	54,28 kN	72,38 kN
C	3,35 Ø x 90 Glattnägel 2 Reihen @ 300 c/c	5,11 kN	7,67 kN	10,22 kN
	3,75 Ø x 90 Glattnägel 2 Reihen @ 300 c/c	6,19 kN	9,29 kN	12,38 kN
	Vollgewindeschrauben Ø 8 x 130 2 Reihen @ 300 c/c	19,12 kN	28,68 kN	38,24 kN
	Vollgewindeschrauben Ø 10 x 130 2 Reihen @ 300 c/c	23,38 kN	35,07 kN	46,76 kN
D	3,35 Ø x 90 Glattnägel 2 Reihen @ 300 c/c	4,54 kN	6,80 kN	9,07 kN
	3,75 Ø x 90 Glattnägel 2 Reihen @ 300 c/c	5,47 kN	8,21 kN	10,94 kN
	Durchsteckbolzen Ø 8 x 180 2 Reihen @ 300 c/c	49,06 kN	73,58 kN	98,11 kN
	Durchsteckbolzen Ø 10 x 180 2 Reihen @ 300 c/c	62,40 kN	93,60 kN	124,80 kN
E	3,35 Ø x 90 Glattnägel 2 Reihen @ 300 c/c	0,00 kN	0,00 kN	0,00 kN
	3,75 Ø x 90 Glattnägel 2 Reihen @ 300 c/c	0,00 kN	0,00 kN	0,00 kN
	Durchsteckbolzen Ø 8 x 180 2 Reihen @ 300 c/c	24,52 kN	36,77 kN	49,03 kN
	Durchsteckbolzen Ø 10 x 180 2 Reihen @ 300 c/c	29,98 kN	44,97 kN	59,96 kN

Bei den in dieser Tabelle angegebenen Werten handelt es sich um die maximal zulässigen linearen mittleren, seitliche eingeleiteten Belastungen, die die Anforderungen der Befestigungsmittel erfüllen. Der Ingenieur sollte sich auch vergewissern, dass alle sonstigen Festigkeits- und Steifigkeitskriterien erfüllt sind (z. B. Biegefestigkeit, Schubfestigkeit und Durchbiegung). Die in dieser Tabelle angegebenen Werte schließen alle gleichmäßig verteilten Lasten ein, die an die Befestigungsmittel angrenzen und von diesen getragen werden. Um z. B. die maximale Punktlast zu bestimmen, muss die zulässige gleichmäßig verteilte Last von dem in der Tabelle angegebenen Wert abgezogen werden.

- 2 St. 45 x 360 LVL S verbunden durch 2 Reihen Ø 10 mm Vollgewindeschrauben im Abstand von 600 mm
- Der eingefügte Balken wird durch 4 St. Ø 10 x 80 Vollgewindeschrauben verbunden.
- Der Mehrschichtbalken trägt auch eine lineare, gleichmäßig verteilte seitlich eingeleitete Last  $q_d$  von 5 kN/m.
- Zulässige Höchstbelastung durch den eingefügten Balken:
- $P_{d,max} = 11,25 - 0,6 \times 5 = 8,25 \text{ kN}^*$   
\* Unterliegt den in Anmerkung 1 beschriebenen zusätzlichen Bemessungsregeln.



# Runde Aussparungen – LVL S

## Bemessung von Balken mit runden Aussparungen.

### Anmerkungen:

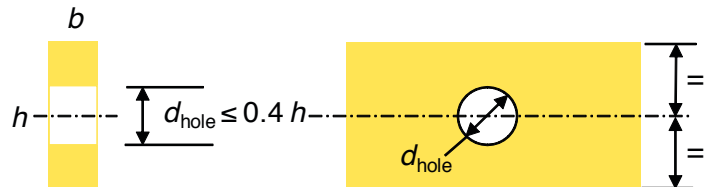
1. Die Aussparungsbemessungstabellen basieren auf den folgenden Ausdrücken aus cl.11.3 von PD 6933-1-2012:

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{1,8V_{hole,d} \cdot d_{hole} + 0,07 \cdot M_{hole,d}}{bh^2}$$

2. Die Bemessungstabellen der Aussparungen gehen aus von mittlerer Belastung, Nutzungs-kategorie 1 oder 2,  $k_{mod} = 0,8$ .
3. Für LVL  $\gamma_m = 1,2$
4. Deckenbalken und Dachpfetten sind primäre Konstruktionsbestandteile, bei denen jede Einkerbung gemäß den Anforderungen von Abschnitt 6.5 des Eurocode 5 vorzunehmen ist.

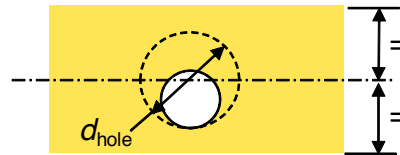
### Regel 1

Maximale Aussparungsgröße =  $0,4 h$  für Aussparungen mit gleichem Abstand zum oberen und unteren Balkenrand.



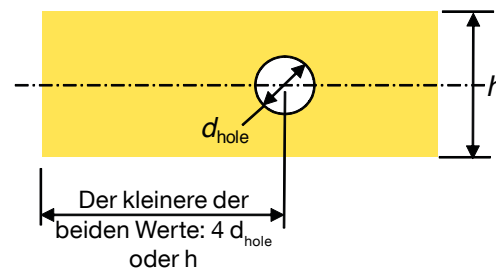
### Regel 2

Versetzte Aussparungen.  $d_{hole}$  ist der Durchmesser einer Aussparung, die gleich weit vom oberen und unteren Rand des Balkens entfernt ist, der eine versetzte Aussparung enthält.



### Regel 3

Der Mindestabstand von der Aussparungsmitte zum nächsten Balkenende ist  $d_{hole}$  oder  $h$ .

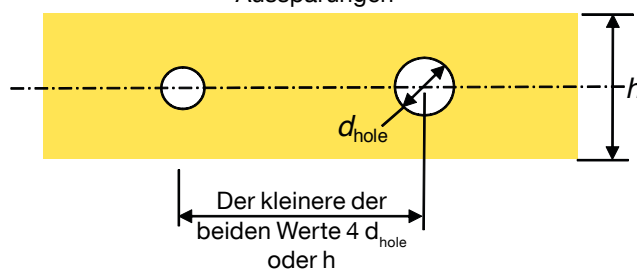


Minimalabstand zum Ende

### Regel 4

Der Mindestabstand von der Aussparungsmitte zu Aussparungsmitte ist  $4d_{hole}$  oder  $h$ .

$d_{hole}$  ist der Durchmesser des größeren der beiden Aussparungen

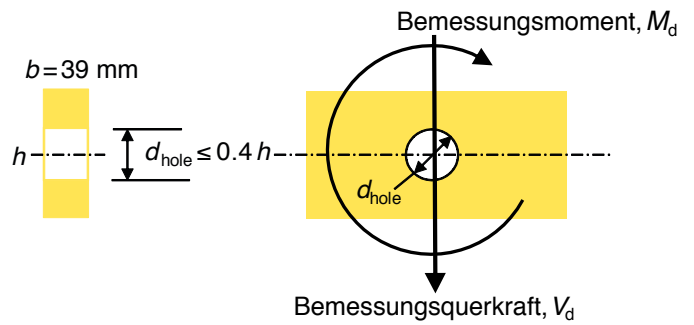


Minimalabstand zwischen Aussparungen



Breite = 39 mm

		h = 195 mm					
d <sub>hole</sub>	20 mm		39 mm		78 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	13,86	0,00	11,27	0,00	5,63	
	0,72	13,86	0,72	10,55	0,68	5,29	
	1,45	13,86	1,44	9,83	1,36	4,96	
	2,17	13,86	2,16	9,12	2,04	4,62	
	2,90	13,86	2,88	8,40	2,71	4,28	
	3,62	13,86	3,60	7,68	3,39	3,94	
	4,35	13,52	4,32	6,96	4,07	3,60	
	5,07	12,11	5,03	6,25	4,75	3,26	
	5,79	10,70	5,75	5,53	5,43	2,93	
	6,52	9,30	6,47	4,81	6,11	2,59	
M <sub>d,Max</sub>	7,24	7,89	7,19	4,10	6,79	2,25	



		h = 240 mm					
d <sub>hole</sub>	24 mm		48 mm		96 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	17,06	0,00	13,87	0,00	6,93	
	1,10	17,06	1,09	12,98	1,03	6,52	
	2,19	17,06	2,18	12,10	2,06	6,10	
	3,29	17,06	3,27	11,22	3,08	5,68	
	4,39	17,06	4,36	10,34	4,11	5,27	
	5,49	17,06	5,45	9,45	5,14	4,85	
	6,58	17,06	6,54	8,57	6,17	4,43	
	7,68	15,29	7,63	7,69	7,20	4,02	
	8,78	13,51	8,72	6,81	8,22	3,60	
	9,87	11,73	9,81	5,92	9,25	3,19	
M <sub>d,Max</sub>	10,97	9,96	10,89	5,04	10,28	2,77	

		h = 300 mm					
d <sub>hole</sub>	30 mm		60 mm		120 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	21,32	0,00	17,33	0,00	8,67	
	1,71	21,32	1,70	16,23	1,61	8,15	
	3,43	21,32	3,40	15,13	3,21	7,63	
	5,14	21,32	5,11	14,02	4,82	7,11	
	6,86	21,32	6,81	12,92	6,42	6,58	
	8,57	21,32	8,51	11,82	8,03	6,06	
	10,29	21,32	10,21	10,71	9,64	5,54	
	12,00	19,11	11,92	9,61	11,24	5,02	
	13,71	16,89	13,62	8,51	12,85	4,50	
	15,43	14,67	15,32	7,40	14,46	3,98	
M <sub>d,Max</sub>	17,14	12,44	17,02	6,30	16,06	3,46	

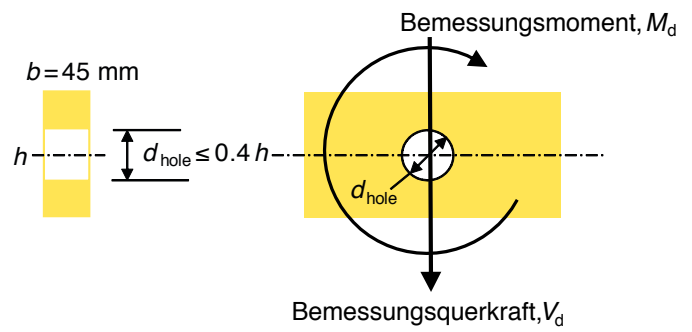
		h = 360 mm					
d <sub>hole</sub>	36 mm		72 mm		144 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	25,58	0,00	20,80	0,00	10,40	
	2,40	25,58	2,40	19,50	2,31	9,78	
	4,81	25,58	4,81	18,20	4,63	9,15	
	7,21	25,58	7,21	16,90	6,94	8,53	
	9,62	25,58	9,62	15,61	9,25	7,90	
	12,02	25,58	12,02	14,31	11,56	7,28	
	14,43	25,58	14,43	13,01	13,88	6,65	
	16,83	23,42	16,83	11,71	16,19	6,03	
	19,24	20,82	19,24	10,41	18,50	5,40	
	21,64	18,22	21,64	9,11	20,82	4,78	
M <sub>d,Max</sub>	24,04	15,63	24,04	7,81	23,13	4,15	

		h = 400 mm					
d <sub>hole</sub>	40 mm		80 mm		160 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	28,43	0,00	23,11	0,00	11,56	
	2,92	28,43	2,92	21,69	2,86	10,86	
	5,84	28,43	5,84	20,27	5,71	10,17	
	8,77	28,43	8,77	18,85	8,57	9,47	
	11,69	28,43	11,69	17,43	11,42	8,78	
	14,61	28,43	14,61	16,01	14,28	8,09	
	17,53	28,43	17,53	14,59	17,13	7,39	
	20,45	26,34	20,45	13,17	19,99	6,70	
	23,37	23,50	23,37	11,75	22,84	6,00	
	26,30	20,66	26,30	10,33	25,70	5,31	
M <sub>d,Max</sub>	29,22	17,82	29,22	8,91	28,55	4,62	



b = 45 mm

		h = 195 mm					
d <sub>hole</sub>	20 mm		39 mm		78 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	15,99	0,00	13,00	0,00	6,50	
	0,84	15,99	0,83	12,17	0,78	6,11	
	1,67	15,99	1,66	11,35	1,57	5,72	
	2,51	15,99	2,49	10,52	2,35	5,33	
	3,34	15,99	3,32	9,69	3,13	4,94	
	4,18	15,99	4,15	8,86	3,92	4,55	
	5,01	15,60	4,98	8,04	4,70	4,16	
	5,85	13,98	5,81	7,21	5,48	3,77	
	6,69	12,35	6,64	6,38	6,26	3,38	
	7,52	10,73	7,47	5,55	7,05	2,99	
M <sub>d,Max</sub>	8,36	9,10	8,30	4,73	7,83	2,60	



		h = 240 mm					
d <sub>hole</sub>	24 mm		48 mm		96 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	19,68	0,00	16,00	0,00	8,00	
	1,27	19,68	1,26	14,98	1,19	7,52	
	2,53	19,68	2,51	13,96	2,37	7,04	
	3,80	19,68	3,77	12,94	3,56	6,56	
	5,06	19,68	5,03	11,93	4,74	6,08	
	6,33	19,68	6,29	10,91	5,93	5,60	
	7,60	19,68	7,54	9,89	7,12	5,12	
	8,86	17,64	8,80	8,87	8,30	4,64	
	10,13	15,59	10,06	7,85	9,49	4,16	
	11,39	13,54	11,31	6,83	10,67	3,68	
M <sub>d,Max</sub>	12,66	11,49	12,57	5,82	11,86	3,20	

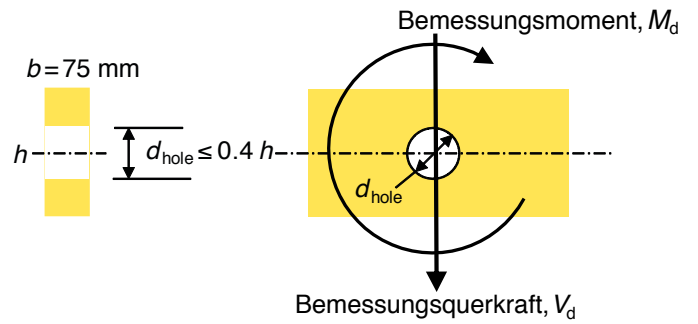
		h = 300 mm					
d <sub>hole</sub>	30 mm		60 mm		120 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	24,60	0,00	20,00	0,00	10,00	
	1,98	24,60	1,96	18,73	1,85	9,40	
	3,96	24,60	3,93	17,45	3,71	8,80	
	5,93	24,60	5,89	16,18	5,56	8,20	
	7,91	24,60	7,86	14,91	7,41	7,60	
	9,89	24,60	9,82	13,63	9,27	7,00	
	11,87	24,60	11,78	12,36	11,12	6,40	
	13,85	22,05	13,75	11,09	12,97	5,80	
	15,82	19,49	15,71	9,82	14,83	5,20	
	17,80	16,92	17,68	8,54	16,68	4,59	
M <sub>d,Max</sub>	19,78	14,36	19,64	7,27	18,53	3,99	

		h = 360 mm					
d <sub>hole</sub>	36 mm		72 mm		144 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	29,52	0,00	24,00	0,00	12,00	
	2,77	29,52	2,77	22,50	2,67	11,28	
	5,55	29,52	5,55	21,00	5,34	10,56	
	8,32	29,52	8,32	19,50	8,01	9,84	
	11,10	29,52	11,10	18,01	10,67	9,12	
	13,87	29,52	13,87	16,51	13,34	8,40	
	16,65	29,52	16,65	15,01	16,01	7,68	
	19,42	27,02	19,42	13,51	18,68	6,95	
	22,19	24,02	22,19	12,01	21,35	6,23	
	24,97	21,03	24,97	10,51	24,02	5,51	
M <sub>d,Max</sub>	27,74	18,03	27,74	9,02	26,69	4,79	

		h = 400 mm					
d <sub>hole</sub>	40 mm		80 mm		160 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	32,80	0,00	26,67	0,00	13,33	
	3,37	32,80	3,37	25,03	3,29	12,53	
	6,74	32,80	6,74	23,39	6,59	11,73	
	10,11	32,80	10,11	21,75	9,88	10,93	
	13,49	32,80	13,49	20,11	13,18	10,13	
	16,86	32,80	16,86	18,47	16,47	9,33	
	20,23	32,80	20,23	16,83	19,77	8,53	
	23,60	30,39	23,60	15,19	23,06	7,73	
	26,97	27,11	26,97	13,56	26,36	6,93	
	30,34	23,83	30,34	11,92	29,65	6,13	
M <sub>d,Max</sub>	33,71	20,56	33,71	10,28	32,95	5,33	

b = 75 mm

		h = 195 mm					
d <sub>hole</sub>	20 mm		39 mm		78 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	26,65	0,00	21,67	0,00	10,83	
	1,39	26,65	1,38	20,29	1,31	10,18	
	2,79	26,65	2,77	18,91	2,61	9,53	
	4,18	26,65	4,15	17,53	3,92	8,88	
	5,57	26,65	5,53	16,15	5,22	8,23	
	6,96	26,65	6,92	14,77	6,53	7,58	
	8,36	26,00	8,30	13,39	7,83	6,93	
	9,75	23,29	9,68	12,01	9,14	6,28	
	11,14	20,59	11,06	10,63	10,44	5,63	
	12,53	17,88	12,45	9,25	11,75	4,98	
M <sub>d,Max</sub>	13,93	15,17	13,83	7,88	13,05	4,33	



		h = 240 mm					
d <sub>hole</sub>	24 mm		48 mm		96 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	32,80	0,00	26,67	0,00	13,33	
	2,11	32,80	2,10	24,97	1,98	12,53	
	4,22	32,80	4,19	23,27	3,95	11,73	
	6,33	32,80	6,29	21,57	5,93	10,93	
	8,44	32,80	8,38	19,88	7,91	10,13	
	10,55	32,80	10,48	18,18	9,88	9,33	
	12,66	32,80	12,57	16,48	11,86	8,53	
	14,77	29,40	14,67	14,78	13,84	7,73	
	16,88	25,98	16,76	13,09	15,81	6,93	
	18,99	22,56	18,86	11,39	17,79	6,13	
M <sub>d,Max</sub>	21,10	19,15	20,95	9,69	19,77	5,33	

		h = 300 mm					
d <sub>hole</sub>	30 mm		60 mm		120 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	41,00	0,00	33,33	0,00	16,67	
	3,30	41,00	3,27	31,21	3,09	15,67	
	6,59	41,00	6,55	29,09	6,18	14,66	
	9,89	41,00	9,82	26,97	9,27	13,66	
	13,19	41,00	13,09	24,85	12,36	12,66	
	16,48	41,00	16,37	22,72	15,44	11,66	
	19,78	41,00	19,64	20,60	18,53	10,66	
	23,08	36,75	22,92	18,48	21,62	9,66	
	26,37	32,48	26,19	16,36	24,71	8,66	
	29,67	28,21	29,46	14,24	27,80	7,66	
M <sub>d,Max</sub>	32,97	23,93	32,74	12,12	30,89	6,66	

		h = 360 mm					
d <sub>hole</sub>	36 mm		72 mm		144 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	49,20	0,00	40,00	0,00	20,00	
	4,62	49,20	4,62	37,50	4,45	18,80	
	9,25	49,20	9,25	35,01	8,90	17,60	
	13,87	49,20	13,87	32,51	13,34	16,40	
	18,50	49,20	18,50	30,01	17,79	15,20	
	23,12	49,20	23,12	27,51	22,24	13,99	
	27,74	49,20	27,74	25,02	26,69	12,79	
	32,37	45,04	32,37	22,52	31,14	11,59	
	36,99	40,04	36,99	20,02	35,58	10,39	
	41,61	35,05	41,61	17,52	40,03	9,19	
M <sub>d,Max</sub>	46,24	30,05	46,24	15,03	44,48	7,99	

		h = 400 mm					
d <sub>hole</sub>	40 mm		80 mm		160 mm		
	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>	
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN	
	0,00	54,67	0,00	44,44	0,00	22,22	
	5,62	54,67	5,62	41,71	5,49	20,89	
	11,24	54,67	11,24	38,98	10,98	19,55	
	16,86	54,67	16,86	36,25	16,47	18,22	
	22,48	54,67	22,48	33,52	21,96	16,88	
	28,09	54,67	28,09	30,79	27,46	15,55	
	33,71	54,67	33,71	28,06	32,95	14,21	
	39,33	50,65	39,33	25,32	38,44	12,88	
	44,95	45,19	44,95	22,59	43,93	11,54	
	50,57	39,72	50,57	19,86	49,42	10,21	
M <sub>d,Max</sub>	56,19	34,26	56,19	17,13	54,91	8,88	

# Rechteckige Aussparungen – LVL S

## Bemessung von Balken mit viereckigen Aussparungen.

### Anmerkungen:

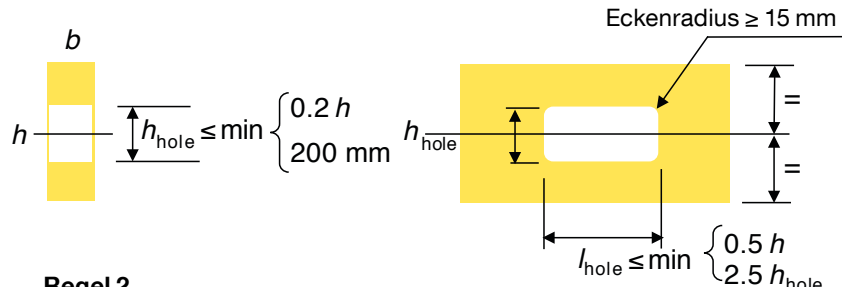
- Die Aussparungsbemessungstabellen basieren auf den folgenden Ausdrücken aus cl.11.3 von PD 6933-1-2012:

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{2,7 V_{hole,d} \cdot d_{hole} + 0,07 \cdot M_{hole,d}}{bh^2}$$

- Die Moment- und Querkraftwerte gelten für  $h_{hole} < l_{hole} \leq 2,5 h_{hole}$
- Die Bemessungstabellen der Aussparungen gehen aus von mittlerer Belastung, Nutzungs-kategorie 1 oder 2,  $k_{mod} = 0,8$ .
- Für LVL  $\gamma_m = 1,2$
- Deckenbalken und Dachp-fetten sind primäre Konstruktionsbestandteile, bei denen jede Einkerbung gemäß den Anforderungen von Abschnitt 6.5 des Eurocode 5 vorzunehmen ist.

### Regel 1

Maximale Aussparungshöhe,  $h_{hole} = 0,2 h$  oder 200 mm für Aussparungen mit gleichem Abstand zum oberen und unteren Balkenrand.



### Regel 2

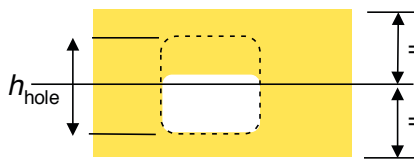
Maximale Aussparungslänge,  $l_{hole} = 0,5 h$  oder  $2,5 h_{hole}$  für Aussparungen mit gleichem Abstand zum oberen und unteren Balkenrand.

### Regel 3

Die Aussparungsecken sind mit einem Eckenradius von mindestens 15 mm geschnitten.

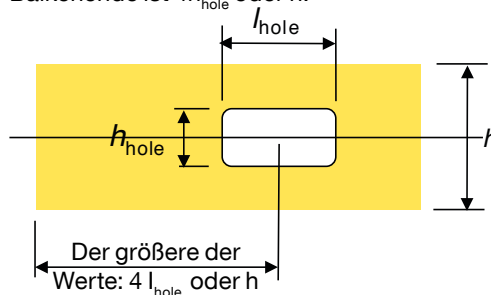
### Regel 4

Versetzte Aussparungen.  $h_{hole}$  ist der Durchmesser einer Aussparung, die gleich weit vom oberen und unteren Rand des Balkens entfernt ist, der eine versetzte Aussparung enthält.



### Regel 5

Der Mindestabstand von der Aussparungsmitte zum nächsten Balkenende ist  $4h_{hole}$  oder  $h$ .

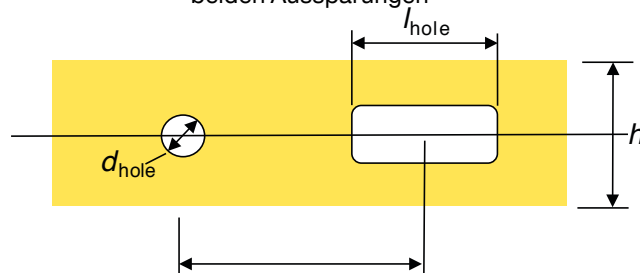


Minimalabstand zum Ende

### Regel 6

Der Mindestabstand von der Aussparungsmitte zum nächsten Balkenende ist  $4h_{hole}$  oder  $h$ .

$l_{hole}$  ist der größere Wert von:  $d_{hole}$  oder  $l_{hole}$  bei beiden Aussparungen

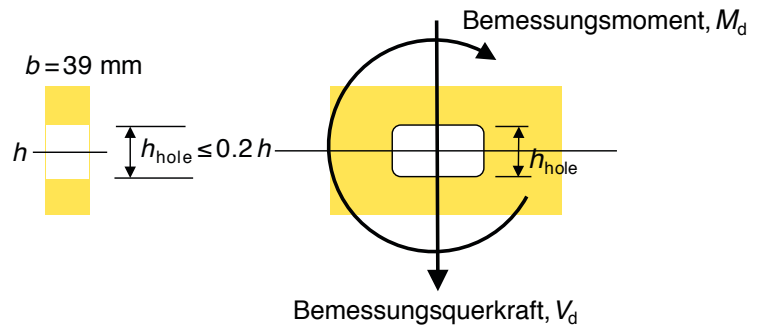


Der Mindestabstand von Aussparungsmitte zu Aussparungsmitte zwischen 2 Aussparungen ist der größere der Werte:  $4 l_{hole}$  oder  $2 h$  oder 300 mm.



Breite = 39 mm

		h = 195 mm					
$h_{\text{hole}}$		10 mm		20 mm		39 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	13,858	0,00	13,86	0,00	7,51	
	0,72	13,86	0,72	13,71	0,72	7,03	
	1,45	13,86	1,45	12,77	1,44	6,56	
	2,17	13,86	2,17	11,83	2,16	6,08	
	2,90	13,86	2,90	10,89	2,88	5,60	
	3,62	13,86	3,62	9,95	3,60	5,12	
	4,35	13,86	4,34	9,01	4,31	4,64	
	5,07	13,86	5,07	8,08	5,03	4,17	
	5,80	13,86	5,79	7,14	5,75	3,69	
	6,52	12,38	6,52	6,20	6,47	3,21	
$M_{d,\text{Max}}$	7,25	10,50	7,24	5,26	7,19	2,73	



		h = 240 mm					
$h_{\text{hole}}$		12 mm		24 mm		48 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	17,06	0,00	17,06	0,00	9,24	
	1,10	17,06	1,10	17,06	1,09	8,66	
	2,20	17,06	2,19	16,12	2,18	8,07	
	3,29	17,06	3,29	14,93	3,27	7,48	
	4,39	17,06	4,39	13,75	4,36	6,89	
	5,49	17,06	5,49	12,56	5,45	6,30	
	6,59	17,06	6,58	11,38	6,53	5,71	
	7,69	17,06	7,68	10,19	7,62	5,13	
	8,78	17,06	8,78	9,01	8,71	4,54	
	9,88	15,63	9,87	7,82	9,80	3,95	
$M_{d,\text{Max}}$	10,98	13,25	10,97	6,64	10,89	3,36	

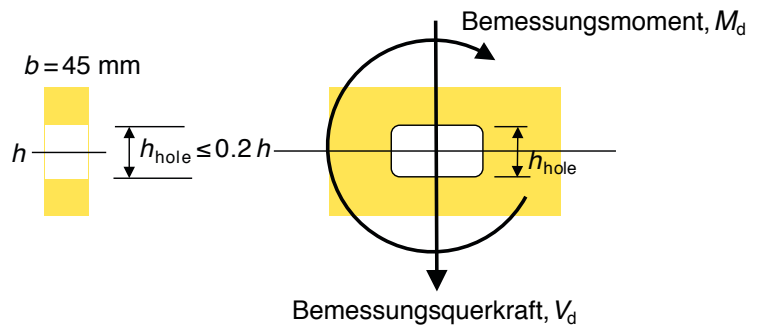
		h = 300 mm					
$h_{\text{hole}}$		15 mm		30 mm		60 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	21,32	0,00	21,32	0,00	11,56	
	1,72	21,32	1,71	21,32	1,70	10,82	
	3,43	21,32	3,43	20,15	3,40	10,08	
	5,15	21,32	5,14	18,67	5,11	9,35	
	6,86	21,32	6,86	17,19	6,81	8,61	
	8,58	21,32	8,57	15,70	8,51	7,88	
	10,29	21,32	10,28	14,22	10,21	7,14	
	12,01	21,32	12,00	12,74	11,91	6,41	
	13,73	21,32	13,71	11,26	13,61	5,67	
	15,44	19,53	15,43	9,78	15,32	4,94	
$M_{d,\text{Max}}$	17,16	16,57	17,14	8,30	17,02	4,20	

		h = 360 mm					
$h_{\text{hole}}$		18 mm		36 mm		72 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	25,58	0,00	25,58	0,00	13,87	
	2,47	25,58	2,47	25,58	2,40	13,00	
	4,94	25,58	4,94	24,18	4,81	12,14	
	7,41	25,58	7,40	22,40	7,21	11,27	
	9,88	25,58	9,87	20,62	9,62	10,40	
	12,35	25,58	12,34	18,85	12,02	9,54	
	14,82	25,58	14,81	17,07	14,43	8,67	
	17,29	25,58	17,28	15,29	16,83	7,81	
	19,76	25,58	19,75	13,51	19,24	6,94	
	22,24	23,44	22,21	11,74	21,64	6,07	
$M_{d,\text{Max}}$	24,71	19,88	24,68	9,96	24,04	5,21	

		h = 400 mm					
$h_{\text{hole}}$		20 mm		40 mm		80 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	28,43	0,00	28,43	0,00	15,41	
	3,05	28,43	3,05	28,43	2,92	14,46	
	6,10	28,43	6,09	26,86	5,84	13,51	
	9,15	28,43	9,14	24,89	8,77	12,57	
	12,20	28,43	12,19	22,91	11,69	11,62	
	15,25	28,43	15,24	20,94	14,61	10,67	
	18,30	28,43	18,28	18,96	17,53	9,73	
	21,35	28,43	21,33	16,99	20,45	8,78	
	24,40	28,43	24,38	15,01	23,37	7,83	
	27,45	26,04	27,43	13,04	26,30	6,89	
$M_{d,\text{Max}}$	30,50	22,09	30,47	11,06	29,22	5,94	

b = 45 mm

		h = 195 mm					
$h_{\text{hole}}$		10 mm		20 mm		39 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d, \text{Max}}$	0,00	15,99	0,00	15,99	0,00	8,67	
	0,84	15,99	0,84	15,82	0,83	8,12	
	1,67	15,99	1,67	14,73	1,66	7,56	
	2,51	15,99	2,51	13,65	2,49	7,01	
	3,35	15,99	3,34	12,57	3,32	6,46	
	4,18	15,99	4,18	11,48	4,15	5,91	
	5,02	15,99	5,01	10,40	4,98	5,36	
	5,85	15,99	5,85	9,32	5,81	4,81	
	6,69	15,99	6,68	8,24	6,64	4,25	
$M_{d, \text{Max}}$	7,53	14,28	7,52	7,15	7,47	3,70	
	8,36	12,12	8,36	6,07	8,30	3,15	



		h = 240 mm					
$h_{\text{hole}}$		12 mm		24 mm		48 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d, \text{Max}}$	0,00	19,68	0,00	19,68	0,00	10,67	
	1,27	19,68	1,27	19,68	1,26	9,99	
	2,53	19,68	2,53	18,60	2,51	9,31	
	3,80	19,68	3,80	17,23	3,77	8,63	
	5,07	19,68	5,06	15,86	5,03	7,95	
	6,33	19,68	6,33	14,50	6,28	7,27	
	7,60	19,68	7,59	13,13	7,54	6,59	
	8,87	19,68	8,86	11,76	8,80	5,92	
	10,14	19,68	10,13	10,39	10,05	5,24	
	11,40	18,03	11,39	9,03	11,31	4,56	
$M_{d, \text{Max}}$	12,67	15,29	12,66	7,66	12,57	3,88	

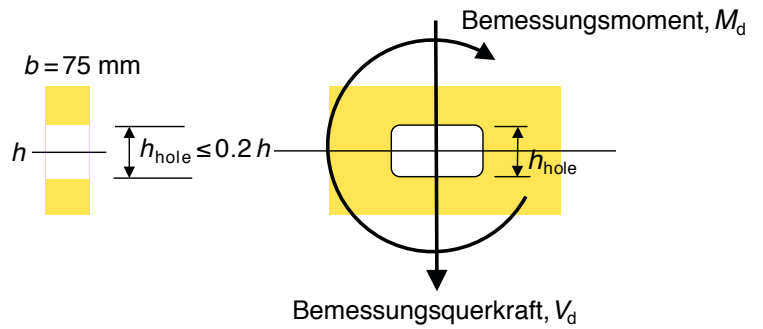
		h = 300 mm					
$h_{\text{hole}}$		15 mm		30 mm		60 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d, \text{Max}}$	0,00	24,60	0,00	24,60	0,00	13,33	
	1,98	24,60	1,98	24,60	1,96	12,48	
	3,96	24,60	3,96	23,25	3,93	11,64	
	5,94	24,60	5,93	21,54	5,89	10,79	
	7,92	24,60	7,91	19,83	7,85	9,94	
	9,90	24,60	9,89	18,12	9,82	9,09	
	11,88	24,60	11,87	16,41	11,78	8,24	
	13,86	24,60	13,84	14,70	13,75	7,39	
	15,84	24,60	15,82	12,99	15,71	6,55	
	17,82	22,54	17,80	11,28	17,67	5,70	
	$M_{d, \text{Max}}$	19,80	19,12	19,78	9,57	19,64	4,85

		h = 360 mm					
$h_{\text{hole}}$		18 mm		36 mm		72 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d, \text{Max}}$	0,00	29,52	0,00	29,52	0,00	16,00	
	2,85	29,52	2,85	29,52	2,77	15,00	
	5,70	29,52	5,70	27,90	5,55	14,00	
	8,55	29,52	8,54	25,85	8,32	13,00	
	11,40	29,52	11,39	23,80	11,10	12,00	
	14,25	29,52	14,24	21,74	13,87	11,01	
	17,10	29,52	17,09	19,69	16,65	10,01	
	19,95	29,52	19,94	17,64	19,42	9,01	
	22,81	29,52	22,78	15,59	22,19	8,01	
	25,66	27,05	25,63	13,54	24,97	7,01	
	$M_{d, \text{Max}}$	28,51	22,94	28,48	11,49	27,74	6,01

		h = 400 mm					
$h_{\text{hole}}$		20 mm		40 mm		80 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d, \text{Max}}$	0,00	32,80	0,00	32,80	0,00	17,78	
	3,52	32,80	3,52	32,80	3,37	16,69	
	7,04	32,80	7,03	31,00	6,74	15,59	
	10,56	32,80	10,55	28,72	10,11	14,50	
	14,08	32,80	14,06	26,44	13,49	13,41	
	17,60	32,80	17,58	24,16	16,86	12,31	
	21,12	32,80	21,10	21,88	20,23	11,22	
	24,64	32,80	24,61	19,60	23,60	10,13	
	28,16	32,80	28,13	17,32	26,97	9,04	
	31,67	30,05	31,64	15,05	30,34	7,94	
	$M_{d, \text{Max}}$	35,19	25,49	35,16	12,77	33,71	6,85

b = 75 mm

		h = 195 mm					
$h_{\text{hole}}$		10 mm		20 mm		39 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	26,65	0,00	26,65	0,00	14,44	
	1,39	26,65	1,39	26,36	1,38	13,53	
	2,79	26,65	2,79	24,56	2,77	12,61	
	4,18	26,65	4,18	22,75	4,15	11,69	
	5,58	26,65	5,57	20,95	5,53	10,77	
	6,97	26,65	6,96	19,14	6,91	9,85	
	8,36	26,65	8,36	17,34	8,30	8,93	
	9,76	26,65	9,75	15,53	9,68	8,01	
	11,15	26,65	11,14	13,73	11,06	7,09	
	12,55	23,81	12,53	11,92	12,44	6,17	
$M_{d,\text{Max}}$	13,94	20,19	13,93	10,11	13,83	5,25	

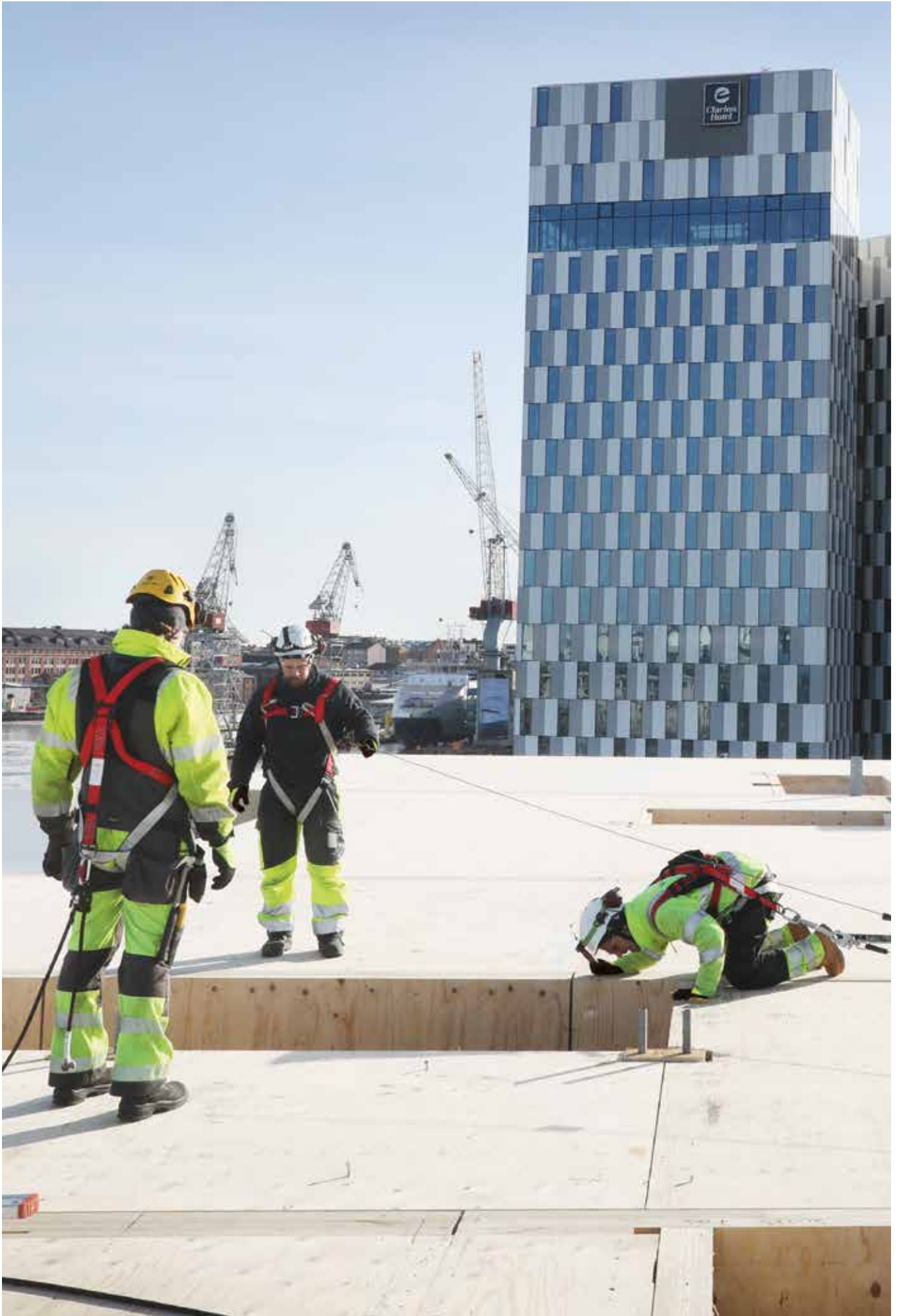


		h = 240 mm					
$h_{\text{hole}}$		12 mm		24 mm		48 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	32,80	0,00	32,80	0,00	17,78	
	2,11	32,80	2,11	32,80	2,09	16,65	
	4,22	32,80	4,22	31,00	4,19	15,52	
	6,33	32,80	6,33	28,72	6,28	14,38	
	8,45	32,80	8,44	26,44	8,38	13,25	
	10,56	32,80	10,55	24,16	10,47	12,12	
	12,67	32,80	12,66	21,88	12,57	10,99	
	14,78	32,80	14,77	19,60	14,66	9,86	
	16,89	32,80	16,88	17,32	16,76	8,73	
	19,00	30,05	18,99	15,05	18,85	7,60	
$M_{d,\text{Max}}$	21,12	25,49	21,10	12,77	20,94	6,46	

		h = 300 mm					
$h_{\text{hole}}$		15 mm		30 mm		60 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	41,00	0,00	41,00	0,00	22,22	
	3,30	41,00	3,30	41,00	3,27	20,81	
	6,60	41,00	6,59	38,75	6,55	19,39	
	9,90	41,00	9,89	35,90	9,82	17,98	
	13,20	41,00	13,19	33,05	13,09	16,57	
	16,50	41,00	16,48	30,20	16,36	15,15	
	19,80	41,00	19,78	27,35	19,64	13,74	
	23,10	41,00	23,07	24,50	22,91	12,32	
	26,40	41,00	26,37	21,66	26,18	10,91	
	29,69	37,56	29,67	18,81	29,45	9,50	
$M_{d,\text{Max}}$	32,99	31,86	32,96	15,96	32,73	8,08	

		h = 360 mm					
$h_{\text{hole}}$		18 mm		36 mm		72 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	49,20	0,00	49,20	0,00	26,67	
	4,75	49,20	4,75	49,20	4,62	25,00	
	9,50	49,20	9,49	46,50	9,25	23,34	
	14,25	49,20	14,24	43,08	13,87	21,67	
	19,00	49,20	18,99	39,66	18,50	20,01	
	23,76	49,20	23,73	36,24	23,12	18,34	
	28,51	49,20	28,48	32,82	27,74	16,68	
	33,26	49,20	33,23	29,40	32,37	15,01	
	38,01	49,20	37,97	25,99	36,99	13,35	
	42,76	45,08	42,72	22,57	41,61	11,68	
$M_{d,\text{Max}}$	47,51	38,23	47,47	19,15	46,24	10,02	

		h = 400 mm					
$h_{\text{hole}}$		20 mm		40 mm		80 mm	
		$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$	$M_d$	$V_d$
		kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	54,67	0,00	54,67	0,00	29,63	
	5,87	54,67	5,86	54,67	5,62	27,81	
	11,73	54,67	11,72	51,66	11,24	25,99	
	17,60	54,67	17,58	47,86	16,86	24,17	
	23,46	54,67	23,44	44,07	22,48	22,35	
	29,33	54,67	29,30	40,27	28,09	20,52	
	35,19	54,67	35,16	36,47	33,71	18,70	
	41,06	54,67	41,02	32,67	39,33	16,88	
	46,93	54,67	46,88	28,87	44,95	15,06	
	52,79	50,09	52,74	25,08	50,57	13,24	
$M_{d,\text{Max}}$	58,66	42,48	58,60	21,28	56,19	11,42	





[www.storaenso.com](http://www.storaenso.com)  
[www.storaenso.com/lvl](http://www.storaenso.com/lvl)  
[woodproducts@storaenso.com](mailto:woodproducts@storaenso.com)  
[www.facebook.com/StoraEnsoLivingRoom](https://www.facebook.com/StoraEnsoLivingRoom)

Stora Enso  
Wood Products

Kanavaranta 1  
00160 Helsinki  
Finland