

1 Allgemeines

Der Klassiker zur Herstellung einer Scheibentragwirkung bei Holztafeln ist die ein- oder beidseitige Beplankung mit Holzwerkstoffplatten, wie zum Beispiel OSB. Diese Beplankungen können gemäß Abschnitt 9.2.3 und 9.2.4 der DIN EN 1995-1-1 ^{[1][2]} nachgewiesen werden. Eine Alternative dazu stellt die, besonders bei handwerklichen Betrieben gebräuchliche, diagonale Brettschalung dar. Hier wird der Horizontallastabtrag über eine Verschalung aus diagonalen, untereinander nicht verbundenen Einzelbrettern gewährleistet. Die Bretter sind üblicherweise mit Nägeln oder Schrauben an der Rahmenkonstruktion angeschlossen und können durch das Zusammenwirken mit den Rippen scheibenartig beansprucht werden. Angewendet wird die diagonale Brettschalung typischerweise bei Wänden, weil bei Decken die Verlegung durch die größeren Abmessungen sehr aufwendig und wegen des erhöhten Holzverschnitts auch nicht wirtschaftlich ist.

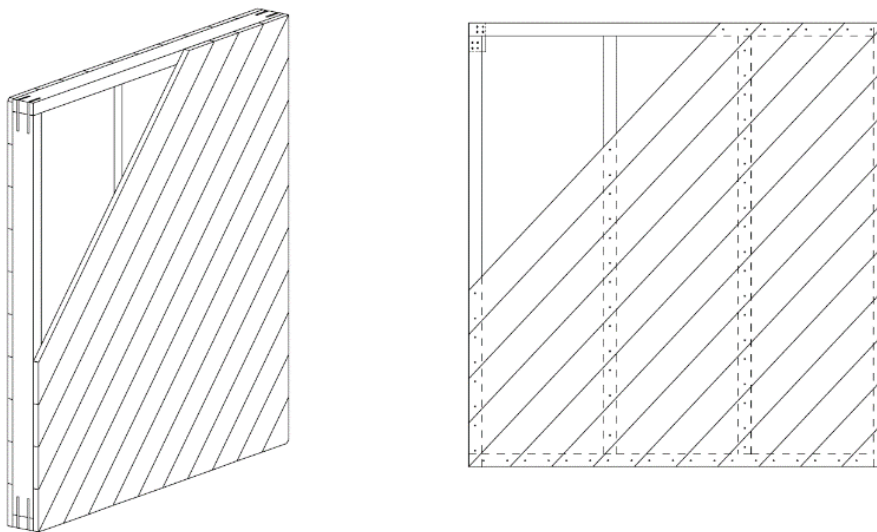


Abb. 1: Wandtafel mit diagonaler Brettschalung

Eine Diagonalschalung wird je nach vorhandener Windrichtung auf Zug oder Druck beansprucht. Bei Zug werden die einzelnen Bretter gegeneinandergedrückt. Dadurch entsteht Reibung und die Schalung aus Einzelbrettern wirkt annähernd wie eine geschlossene Fläche. Bei Druck können sich hingegen zwischen den Brettlagen Spalten bilden und es besteht die Gefahr des Ausknickens, sodass der Lastabtrag mehr durch die Tragwirkung der Einzelbretter bestimmt wird. Höhere Last- und Steifigkeitskennwerte werden demnach bei auf Zug belasteter Brettschalung erreicht.

Bei beidseitiger Schalung wird empfohlen die gegenüberliegenden diagonalen Bretter in entgegengesetzter Richtung anzuordnen. Durch die konträre Ausrichtung der Diagonalen wird die Brettschalung so unabhängig von der Richtung der Beanspruchung stets an der einen Wandseite auf Druck und an der anderen auf Zug belastet. Das reduziert die Spaltenbildung im Drucklastfall.

2 Vereinfachtes Bemessungsverfahren nach Eurocode 5

2.1 Anwendungsbedingungen

Im nationalen Anhang der DIN EN 1995-1-1 ist im Abschnitt NCI NA.9.2.4.4 ^[2] ein vereinfachter Nachweis für verbretterte Wandscheiben zu finden.

Das Bemessungsverfahren erfordert ein Fachwerk, das von den vier Randrippen gemeinsam mit der zugehörigen Diagonale der Brettschalung gebildet wird. Als Belastung wird eine Horizontalkraft F_V (z.B. aus Wind) am Rähm angesetzt.

Die Anwendung des Verfahrens ist nur unter Einhaltung folgender Randbedingungen erlaubt, wobei l die Tafellänge und h die Tafelhöhe beschreibt:

- das Seitenverhältnis der Tafel liegt innerhalb $0,5h < l < 2h$
(alternative Ermittlung über den Neigungswinkel α der diagonalen Brettschalung: $27^\circ \leq \alpha \leq 63^\circ$)
- für die Brettschalung sind innerhalb des gesamten Tafelbereiches die gleichen Materialien und gleichen Anschlüsse zu verwenden
- die Verbindung der Randrippen in den Ecken muss druck- und zugfest ausgeführt werden

Entsprechend DIN EN 1995-1-1 8.3.1.1 (9) ^[1] sollte jedes Brett mit mindestens 2 Nägeln pro Anschluss befestigt werden. Für Schrauben wird nach (NA.9) NCI zu Abschnitt 8.7.1 ^[2] ebenfalls die Verwendung von 2 Verbindungsmitteln pro Anschluss empfohlen.

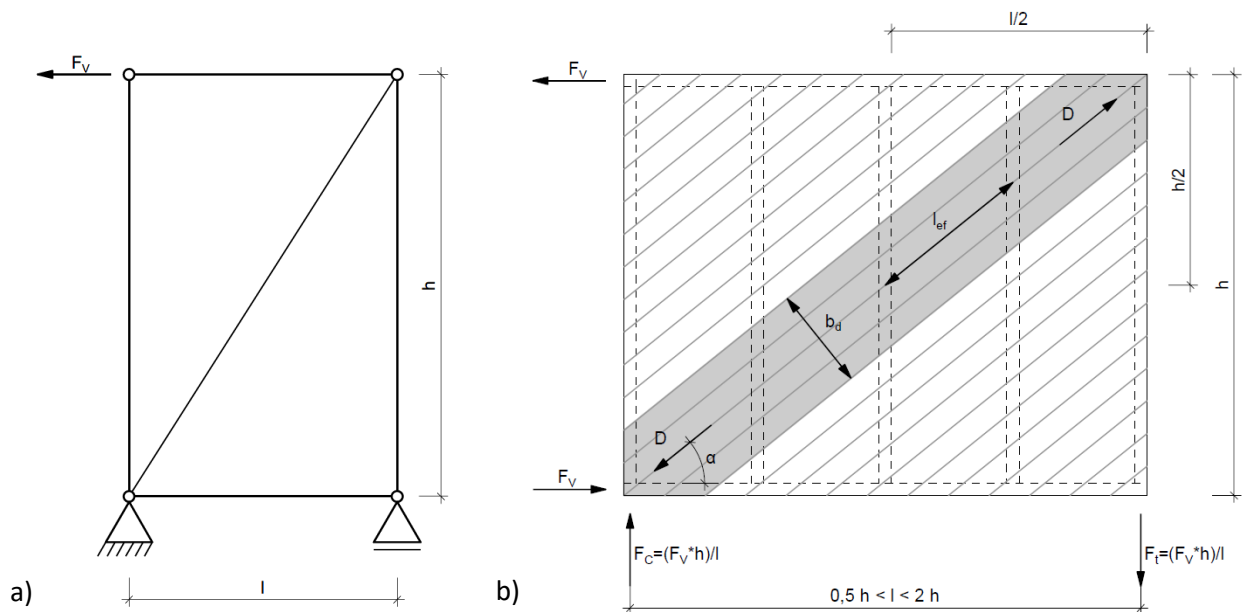


Abb. 2: Statisches Fachwerkmodell (a) sowie Definitionen und Randbedingungen nach Eurocode 5 (b)

Aussteifung mit diagonaler Brettschalung

nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, NCI zu 9.2.4.

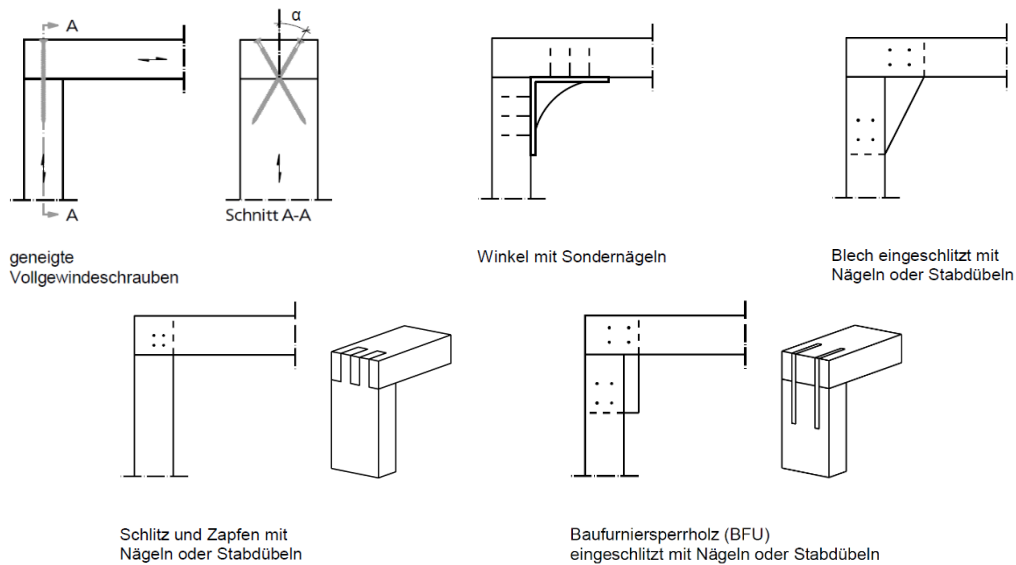


Abb. 3: Beispiele für kraftschlüssige Eck-Verbindungen der Randrippen

2.2 Nachweis

Da die Bretter für Drucklasten eine geringere Tragfähigkeit aufweisen, wird der Zugnachweis auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt und nur die maßgebende Berechnung auf Druck geführt. Für die Bemessung der Brettschalung sowie des Anschlusses der Brettschalung an die Rippen darf die Druck-Diagonalkraft D mit dem Betrag $D = \sqrt{F_V^2 + F_t^2}$ verwendet werden.

Der Nachweis der Brettschalung kann unabhängig von der tatsächlich vorhandenen Brettbreite und -anzahl stets für eine Druckdiagonale mit der ideellen Breite $b_d = \min\{0,2l; 0,2h\}$ geführt werden. Die Knicklänge l_{ef} dieser Diagonalen wird definiert als die Länge der Diagonalen zwischen den stützenden Rippen. Die statisch erforderliche Anzahl der Verbindungsmittel (Schrauben oder Nägel) zum Anschluss der Bretter an die Rippen ist unter Beachtung der Mindestabstände gleichmäßig über die Länge $(l/2 + h/2)$ auf den Randrippen anzuordnen und die Verteilung in gleicher Art umlaufend für die gesamte Tafel zu übernehmen.

Die restliche Bemessung der Wandtafel ist dann unter der Berücksichtigung von vorhandenen Auflasten entsprechend den allgemeinen Regeln des Eurocode 5 auszuführen. Dazu zählen der Nachweis der Rippen, der Schwellenpressung, der Zugverankerung der gesamten Wandtafel und des Schubkraftanschlusses der Schwelle.

2.3 Anwendungsgrenzen des Verfahrens

Die vereinfachte Betrachtung nach DIN EN 1995-1-1 Abschnitt NCI NA.9.2.4.4 ^[2] sollte nur für eine beidseitige Diagonalschalung angewendet werden. Bei einer einseitigen Anordnung entstehen durch den Abstand der Rippenachse zur Brettmittelfläche zusätzliche Kräfte, die durch eine ausführliche Schnittgrößenbetrachtung bestimmt werden können. Das prinzipielle Vorgehen kann in einer Veröffentlichung von Prof. Dr.-Ing. Martin H. Kessel ^[3] nachvollzogen werden.

Diese genauere Bemessung mithilfe von FEM-Software als räumliches Stabwerk kann auch genutzt werden, wenn die unter 2.1 genannten Anwendungsbedingungen nicht eingehalten werden können. Eine solche Betrachtung ist jedoch sehr aufwendig, da alle Bauteile mit den entsprechenden Exzentrizitäten und Nachgiebigkeiten an den Knotenanschlüssen einzeln erfasst und genau simuliert werden müssen.

3 Fazit

Wandtafeln mit scheibenartigen Beanspruchungen können über eine traditionelle, diagonale Brettschalung ausgesteift und entsprechend vorhandener Bemessungsregeln nachgewiesen werden. Das folgende Rechenbeispiel nach Eurocode 5 zeigt, dass die Diagonalschalung bei kleineren und mittleren Belastungen eine statische Alternative zur klassischen OSB-Beplankung darstellt.

Die Nummerierung der Kapitel bezieht sich auf das nachfolgende Beispiel:

OSB-Beplankung			Diagonalschalung		
Kapitel	Nachweis	Auslastung	Kapitel	Nachweis	Auslastung
7.1	Nachweis der Beplankung		7.1	Nachweis der Schalung	$0,15 \leq 1,0$
7.1.1	Tragfähigkeit der Beplankung	$0,16 \leq 1,0$			
7.1.2	Beulen infolge Schubbeanspruchung der Beplankung	$38 \leq 100$			
7.1.3	Tragfähigkeit der Wandscheibe	$0,49 \leq 1,0$			
7.2	Nachweis der Rippen	$0,14 \leq 1,0$	7.2	Nachweis der Rippen	$0,14 \leq 1,0$
7.3	Nachweis der Schwellenpressung	$0,40 \leq 1,0$	7.3	Nachweis der Schwellenpressung	$0,40 \leq 1,0$
7.4	Nachweis der Zugverankerung		7.4	Nachweis der Zugverankerung	
7.4.1	Anschluss Zuganker an Randrippe	$0,80 \leq 1,0$	7.4.1	Anschluss Zuganker an Randrippe	$0,80 \leq 1,0$
7.4.2	Anschluss Zuganker an Untergrund	*	7.4.2	Anschluss Zuganker an Untergrund	*
7.5	Nachweis des Schubkraftanschlusses		7.5	Nachweis des Schubkraftanschlusses	
7.5.1	Anschluss Winkel an Schwelle	$0,82 \leq 1,0$	7.5.1	Anschluss Winkel an Schwelle	$0,82 \leq 1,0$
7.5.2	Anschluss Winkel an Untergrund	*	7.5.2	Anschluss Winkel an Untergrund	*

* wurde im Rahmen dieses Beispiels nicht weiter nachgewiesen.

4 Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN 1995-1-1:2010-12 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [2] DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- [3] Prof. Dr.-Ing. Martin H. Kessel Wandtafeln mit einseitiger diagonaler Bretterschalung. Informationsdienst „holzbau technik“ 7/8-97, 9/97, 1 -15: Verlegerbeilage zum holzbaureport, 2017

5 Ergänzende Literatur

Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. (2017). Technik im Holzbau: Aussteifungssysteme – Grundlagen. Zeittechnik Verlag GmbH und Fördergesellschaft Holzbau und Ausbau mbH, 2. Auflage

Wolfgang Rug, Willi Mönck. Holzbau – Bemessung und Konstruktion. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, 16. Vollständig überarbeitete Auflage 2015

H.J. Blaß, J. Ehlbeck, H.Kreuzinger, G.Steck. Erläuterungen zu DIN 1052:2004-08 – Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken. DGfH Innovations- und Service GmbH, Bruderverlag, 1. Auflage 2004

D. Töws. Holztafelbau mit klebstofffreien Beplankungen. Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Holzbau und Baukonstruktionen, KIT Scientific Publishing. Band 32 – Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau, 2017

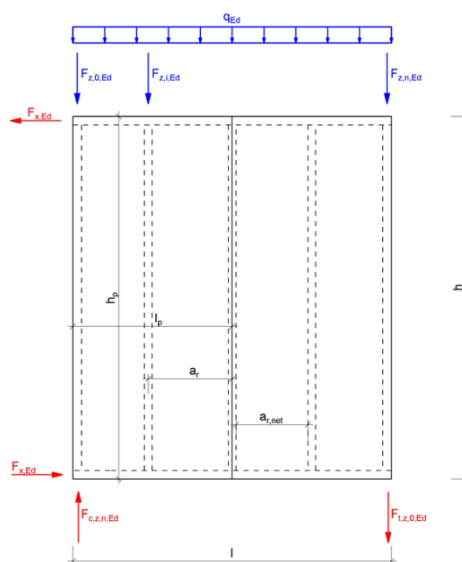
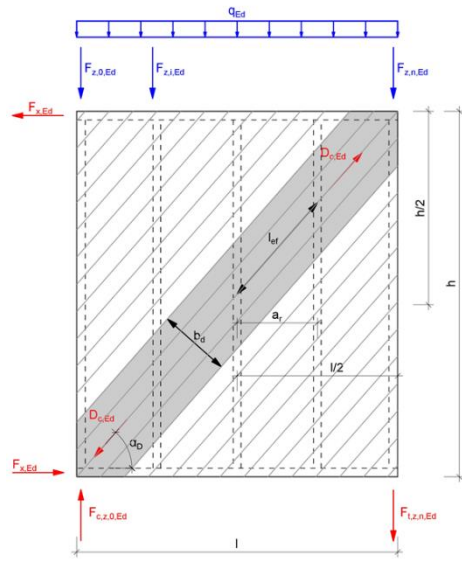
Rechenbeispiel

Es wird exemplarisch der Nachweis einer Wandtafel mit Diagonalschalung geführt (rechts) und die Ergebnisse mit einer klassischen OSB-Schalung (links) verglichen. Es werden dafür die Regeln des DIN EN 1995-1-1:2010-12 einschließlich des nationalen Anhanges DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 angewendet.

1 Materialkennwerte und Geometrie

Allgemeine bemessungsrelevante Angaben:

NKL 1

OSB-Bepunktung	Diagonalschalung
	
<p>Wandtafel $h = h_p = 2850 \text{ mm}$ Tafelhöhe $l = 2500 \text{ mm}$ Tafellänge $l_p = 1250 \text{ mm}$ Plattenbreite $a_r = 625 \text{ mm}$ Rippenabstand $a_{r,net} = 565 \text{ mm}$ lichter Rippenabstand</p>	<p>Wandtafel $h = h_p = 2850 \text{ mm}$ Tafelhöhe $l = 2500 \text{ mm}$ Tafellänge $a_r = 625 \text{ mm}$ Rippenabstand $\alpha_D = 48,75^\circ$ Winkel der Diagonalen</p>
<p>Rippen und Schwellen Nadelholz (NH), C24 Holzart, Festigkeitsklasse $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ Rohdichte, 5 % - Quantil $E_{0,05} = 7400 \text{ N/mm}^2$ E-Modul parallel, 5 % - Quantil $f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$ Druckfestigkeit zur Faser $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$ Druckfestigkeit \perp zur Faser $b_r = 60 \text{ mm}$ Rippenbreite $h_r = 180 \text{ mm}$ Rippenhöhe $b_s = 180 \text{ mm}$ Schwellenbreite $h_s = 80 \text{ mm}$ Schwellenhöhe</p>	<p>Rippen und Schwellen Nadelholz (NH), C24 Holzart, Festigkeitsklasse $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ Rohdichte, 5 % - Quantil $E_{0,05} = 7400 \text{ N/mm}^2$ E-Modul parallel, 5 % - Quantil $f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$ Druckfestigkeit zur Faser $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$ Druckfestigkeit \perp zur Faser $b_r = 60 \text{ mm}$ Rippenbreite $h_r = 180 \text{ mm}$ Rippenhöhe $b_s = 180 \text{ mm}$ Schwellenbreite $h_s = 80 \text{ mm}$ Schwellenhöhe</p>

Aussteifung mit diagonaler Brettschalung

nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, NCI zu 9.2.4.

OSB-Beplankung		Diagonalschalung	
Bekleidung, beidseitig		Brettschalung, beidseitig	
OSB/3	Plattentyp	Nadelholz (NH), C24	Holzart, Festigkeitsklasse
t = 15 mm	Plattendicke	$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$	Rohdichte
$f_{v,1,k} = 6,8 \text{ N/mm}^2$	Schubfestigkeit der Beplankung bei Scheibenwirkung	$E_{0,05} = 7400 \text{ N/mm}^2$	E-Modul parallel, 5 % - Quantil
		$t_1 = 30 \text{ mm}$	Brettdicke
		$b_b = 140 \text{ mm}$	Brettbreite
		$f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$	Druckfestigkeit zur Faser
Verbindungsmittel Beplankung		Verbindungsmittel Brettschalung	
Klammer	Verbindungsmittel	Nägel	Verbindungsmittel
$\theta \geq 30^\circ$	Winkel Klammerrücken / Faserrichtung	d = 3,8 mm	Nageldurchmesser
s = 80 mm	Klammerabstand	$l_n = 65 \text{ mm}$	Nagellänge
$F_{f,Rd} = 469,13 \text{ N}$	Tragfähigkeit einer Klammer nach DIN EN 1995-1-1/NA: 2013-08: NCI Zu 8.4 (NA.9)	$F_{f,Rd} = 646,4 \text{ N}$	Tragfähigkeit eines Nagels nach DIN EN 1995-1-1:2010-12: 8.3

2 Beanspruchung der Wandscheibe

charakteristische Lasteinwirkungen		Teilsicherheitsbeiwert	Bemessungswert je Lasteinwirkung
vertikale ständige Last	$g_k = 6,0 \text{ kN/m}$	$\gamma_G = 1,35$	$G_d = 8,1 \text{ kN/m}$
vertikale Nutzlast	$q_{1,k} = 5,0 \text{ kN/m}$	$\gamma_Q = 1,5$	$Q_{1,d} = 7,5 \text{ kN/m}$
horizontale Windlast	$q_{2,k} = 42,0 \text{ kN}$	$\gamma_Q = 1,5$	$Q_{2,d} = 63,0 \text{ kN}$

Der Schubfluss $s_{v,0,d}$ der in der Wandscheibe wirkt, wird vereinfachend durch das Verhältnis des Bemessungswertes der horizontalen Windlast zu der Länge aller aussteifenden Wände ausgedrückt.

$$s_{v,0,d} = \frac{Q_{2,d}}{\sum l_{y,i}} = \frac{63,0 \text{ kN}}{12,5 \text{ m}} = 5,04 \text{ kN/m} = 5,04 \text{ N/mm}$$

Die aus der Windlast resultierenden Horizontallast $F_{x,Ed}$, die an einer Wand am Kopfe an greift, ergibt sich aus dem Schubfluss und der Länge der aussteifenden Wand.

$$F_{x,Ed} = s_{v,0,d} \cdot l = 5,04 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2,50 \text{ m} = 12,6 \text{ kN}$$

Das Versatzmoment $F_{x,Ed} \cdot h$, welches aus der horizontalen Scheibenbeanspruchung entsteht muss durch ein Kräftepaar in z-Richtung aufgenommen werden. Diese Kraft $F_{c,z,n,Ed}$ entspricht der vertikalen Ankerzugkraft, welche auf die Randrippen einwirkt.

$$F_{c,z,n,Ed} = \frac{F_{x,Ed} \cdot h}{l} = \frac{12,6 \text{ kN} \cdot 2,85 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} = 14,36 \text{ kN}$$

3 Zusammenstellung der Beanspruchungen

Da die vertikale Lasteinwirkung $F_{c,z,n,Ed}$ aus dem Lastfall Wind einen größeren Wert aufweist als die vertikale Nutzlast $F_{Q,1,d}$ wird diese als vorherrschende Nutzlast im weiteren Verlauf betrachtet. Hieraus ergibt sich die maßgebende Lastfallkombination:

$$E_d = G_d + F_{c,z,n,Ed} + \psi_0 \cdot Q_{1,d}, \text{ mit dem Kombinationsbeiwert } \psi_0 = 0,7$$

Schubfluss	Horizontalkraft	Vertikalkraft in der Randrippe	Strebenkraft in der Brettschalung	vertikale Ankerzugkraft	max. Druckkraft in der Randrippe
$s_{v,0,d}$	$F_{x,Ed}$	$F_{z,0,Ed} = F_{z,n,Ed}$	$D_{c,Ed}$	$F_{c,z,n,Ed} = F_{t,z,0,Ed} $	$F_{z,n,Ed} + F_{c,z,n,Ed}$
[N/mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
5,04	12,60	4,2	19,10	14,36	18,56

Die entsprechenden Werte werden wie folgt ermittelt:

$F_{z,0,Ed} = (G_d + \psi_0 \cdot Q_{1,d}) \cdot \frac{a_r}{2}$ $F_{z,0,Ed} = \left(8,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,7 \cdot 7,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \cdot \frac{0,625 \text{ m}}{2}$ $F_{z,0,Ed} = 4,2 \text{ kN}$	Ist die maximale Druckkraft in der Randrippe aus vertikal einwirkenden Lasten bezogen auf die Lasteinzugsfläche der Randrippe
$D_{c,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{t,z,n,Ed}^2}$ $D_{c,Ed} = \sqrt{(12,6 \text{ kN})^2 + (14,36 \text{ kN})^2} = 19,10 \text{ kN}$	Strebenkraft in der Brettschalung
$E_d = F_{z,n,Ed} + F_{c,z,n,Ed}$ $E_d = 4,2 \text{ kN} + 14,36 \text{ kN} = 18,56 \text{ kN}$	Die maximale Druckkraft in der Randrippe ergibt sich durch die Lastfallkombination, welche aus der einwirkenden vertikalen Last $F_{z,0,Ed}$ und der vorherrschenden Nutzlast $F_{c,z,n,Ed}$ infolge Wind gebildet wird

4 Überprüfung der Anwendungsbedingungen

Anwendungsbedingungen für das vereinfachte Nachweisverfahren nach DIN EN 1995-1-1:2010-12: 9.2.4.2 (1) und (2)	Überprüfung der Anwendungsbedingungen für Wandtafeln mit diagonaler Brettschalung nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08: NCI zu 9.2.4.4, (NA.1) und (NA.2)
Wandscheibe mit Endverankerung am Scheibenende ✓	Die Randrippen sind an den Ecken druck- und zugfest zu verbinden ✓
Abstand der Verbindungsmittel entlang des Plattenrandes ist konstant ✓	Die Brettbeplankung ist im Bereich der ganzen Tafel mit den gleichen Materialien und gleichen Anschlüssen herzustellen ✓
Breite der Beplankungsplatten $l_p \geq \frac{h}{4}$ $1,25 \text{ m} \geq \frac{2,85 \text{ m}}{4}$ ✓ $1,25 \text{ m} \geq 0,71 \text{ m}$	Begrenzung der Seitenverhältnisse von Tafellänge und Tafelhöhe $0,5 \cdot h < l < 2 \cdot h$ $0,5 \cdot 2,85 \text{ m} = 1,425 \text{ m} < 2,5 \text{ m}$ ✓ $2,5 \text{ m} < 2 \cdot 2,85 \text{ m} = 5,6 \text{ m}$

5 Berechnungsparameter

Nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08: NCI zu 9.2.4.2 (NA.18) ist keine Berücksichtigung der Auswirkungen von Imperfektionen in Form einer Schrägstellung und Nachweis der horizontalen Verformungen erforderlich, wenn:	Bestimmung der Berechnungsparameter für eine Wandtafel mit diagonaler Brettschalung nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08: NCI zu 9.2.4.4, (NA.4)
Länge der Wandtafel $l \geq \frac{h}{3}$ $2,5 \text{ m} \geq \frac{2,85 \text{ m}}{3} = 0,95 \text{ m}$ ✓	Ideelle Breite der Diagonale $b_d = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot l \\ 0,2 \cdot h \end{array} \right.$ $b_d = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot 2,5 \text{ m} = 0,5 \text{ m} \\ 0,2 \cdot 2,85 \text{ m} = 0,57 \text{ m} \end{array} \right.$ $b_d = 0,5 \text{ m}$
Breite der Beplankungsplatten $l_p \geq \frac{h}{4}$ $1,25 \text{ m} \geq \frac{2,85 \text{ m}}{4} = 0,71 \text{ m}$ ✓	Knicklänge der Diagonale $l_{ef} = \frac{a_r}{\cos(\alpha_D)}$ $l_{ef} = \frac{0,625 \text{ m}}{\cos(48,75^\circ)} = 0,95 \text{ m}$
Die Wandtafel ist direkt in einer steifen Unterkonstruktion gelagert. ✓	
Die Erhöhung der charakteristischen Werte der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel nach DIN EN 1995-1-1:2010-12: 9.2.4.2 (5) wird nicht in Anspruch genommen ✓	
→ Im Rahmen dieses Beispiels ist die Berücksichtigung der Auswirkungen von Imperfektionen nicht erforderlich	

6 Mindest- und Randabstände der Verbindungsmittel

Hier ist die Ermittlung der erforderlichen Nagelanzahl und des Nagelabstandes abgebildet. Aus dem mittleren Nagelabstand und den Mindest- und Randabständen der Verbindungsmittel ergibt sich dann die folgende Anschlussgeometrie mit den entsprechend „gewählten“ Mindestabständen. In der Diagonalen kann Druck sowie Zug auftreten, die Mindest- und Randabstände müssen daher für beide Beanspruchungsrichtungen eingehalten werden.

6.1 Mindestabstand der Verbindungsmittel

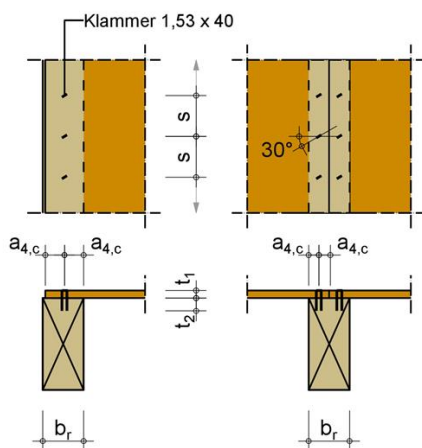
$s_{\max} = \frac{F_{f,Rd}}{S_{v,0,d}}$ <p>Ermittlung des Klammerabstandes</p> $s_{\max} = \frac{469,13 \text{ N}}{5,04 \text{ N/mm}} = 93,08 \text{ mm}$ <p>gewählter Klammerabstand:</p> $s_{\text{gewählt}} = 80 \text{ mm}$	$n_{\text{erf}} = \frac{D_{c,Ed}}{2 \cdot F_{f,Rd}}$ <p>Erforderliche Nagelanzahl</p> $n_{\text{erf}} = \frac{19100 \text{ N}}{2 \cdot 646,4 \text{ N}} = 14,8 \text{ Stück}$ <p>gewählt: 15 Nägel je Seite und mind. 2 Nägel pro Brett</p> <p>Beiwerte Faktor 2 für eine Tafel mit beidseitiger Brettschalung</p> <p style="text-align: right;">NCI Zu. 9.2.4.4, (NA.5)</p> <p>Berechnung der Anschlusslänge</p> $= \frac{l}{2} + \frac{h}{2}$ $= \frac{2,5 \text{ m}}{2} + \frac{2,85 \text{ m}}{2} = 2,675 \text{ m}$ <p>Erforderlicher Nagelabstand</p> $e = \frac{\frac{l}{2} + \frac{h}{2}}{n_{\text{erf}}} = \frac{2675 \text{ mm}}{15 \text{ Stück}} = 178,3 \text{ mm}$ <p>mittlerer Nagelabstand horizontal</p> $e \geq \frac{a_{1,\text{Schwelle}} + 80 \text{ mm}}{2}$ $178,3 \text{ mm} \geq \frac{106 \text{ mm} + 80 \text{ mm}}{2}$ $178,3 \text{ mm} \geq 93 \text{ mm} \quad \checkmark$ <p>mittlerer Nagelabstand vertikal</p> $e \geq \frac{a_{1,\text{Rippe}} + 91 \text{ mm}}{2}$ $178,3 \text{ mm} \geq \frac{121 \text{ mm} + 91 \text{ mm}}{2}$ $178,3 \text{ mm} \geq 106 \text{ mm} \quad \checkmark$
---	--

6.2 Randabstand der Verbindungsmittel

Nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08: NCI Zu 9.2.4.2 (NA.19) darf als Randabstand der Verbindungsmittel für Platten und Rippen bei einer Wandscheibe mit allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern das Maß $a_{4,c}$ gewählt werden. Zu Klammern werden im EC5 nur Angaben zu den Randabständen bezüglich Rippen und somit Vollholz-Bauteilen gemacht, welche sich auf die Mitte des Klammerrückens beziehen. Angaben zu Mindestabständen zu den Beplankungsrändern werden dagegen keine gemacht. Auf der sicheren Seite wird der gleiche Abstand für die Beplankungsränder wie für die Rippen angesetzt.

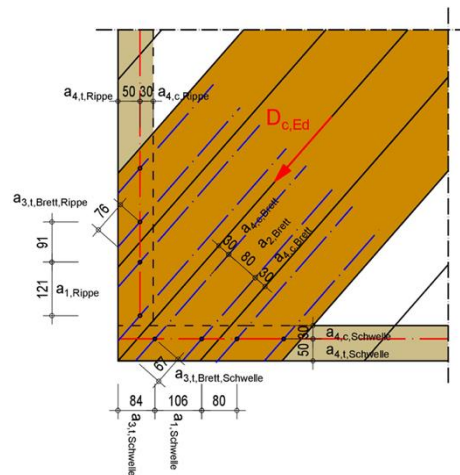
Nach DIN EN 1995-1-1:2010-12: Tabelle 8.2

Holz = OSB		Schwelle	
$a_{4,c} \geq 10 \cdot d$	Randabstand zum unbeanspruchten Rand nach DIN EN 1995-1-1:2010-12 Tab. 8.3	$a_{1,Schwelle} = (5 + 5 \cos \alpha_D) \cdot d$	$\alpha_D = 48,75^\circ$
$a_{4,c} = 10 \cdot 1,53 \text{ mm}$		$a_{1,Schwelle} = (5 + 5 \cdot \cos 48,75) \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 106 mm
$a_{4,c} = 15,3 \text{ mm}$		$a_{1,Schwelle} = 31,5$	
Hinweis: zu Randabständen wie Nägel siehe unten		$a_{3,t,Schwelle} = (10 + 5 \cdot \cos \alpha_D) \cdot d$	
		$a_{3,t,Schwelle} = (10 + 5 \cdot \cos 48,75) \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 84 mm
		$a_{3,t,Schwelle} = 50,5 \text{ mm}$	
		$a_{4,t,Schwelle} = (5 + 2 \cdot \sin \alpha_D) \cdot d$	
		$a_{4,t,Schwelle} = (5 + 2 \cdot \sin 48,75) \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 50 mm
		$a_{4,t,Schwelle} = 24,7 \text{ mm}$	
		$a_{4,c,Schwelle} = 5 \cdot d$	
		$a_{4,c,Schwelle} = 5 \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 30 mm
		$a_{4,c,Schwelle} = 19,0 \text{ mm}$	
$\theta \geq 30^\circ$	Winkel Klammerrücken/Faserrichtung	Rippe	
		$a_{1,Rippe} = (5 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$\alpha_D = 41,25^\circ$
		$a_{1,Rippe} = (5 + 5 \cdot \cos 41,25) \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 121 mm
		$a_{1,Rippe} = 33,3 \text{ mm}$	
		$a_{4,t,Rippe} = (5 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d$	
		$a_{4,t,Rippe} = (5 + 2 \cdot \sin 41,25) \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 50 mm
		$a_{4,t,Rippe} = 24,0 \text{ mm}$	
		$a_{4,c,Rippe} = 5 \cdot d$	
		$a_{4,c,Rippe} = 5 \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 30 mm
		$a_{4,c,Rippe} = 19,0 \text{ mm}$	
		Brettschalung	
		$a_{2,Brett} = 5 \cdot d$	$\alpha_D = 0^\circ$
		$a_{2,Brett} = 5 \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 80 mm
		$a_{2,Brett} = 19,0 \text{ mm}$	
		$a_{3,t,Brett,Schwelle} = (10 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	
		$a_{3,t,Brett,Schwelle} = (10 + 5 \cdot 1) \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 67 mm
		$a_{3,t,Brett,Schwelle} = 57,0 \text{ mm}$	
		$a_{3,t,Brett,Rippe} = (10 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	
		$a_{3,t,Brett,Rippe} = (10 + 5 \cdot 1) \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 76 mm
		$a_{3,t,Brett,Rippe} = 57,0 \text{ mm}$	
		$a_{4,c,Brett} = 5 \cdot d$	
		$a_{4,c,Brett} = 5 \cdot 3,8 \text{ mm}$	gewählt: 30 mm
		$a_{4,c,Brett} = 19,0 \text{ mm}$	



Aussteifung mit diagonaler Brettschalung

nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, NCI zu 9.2.4.

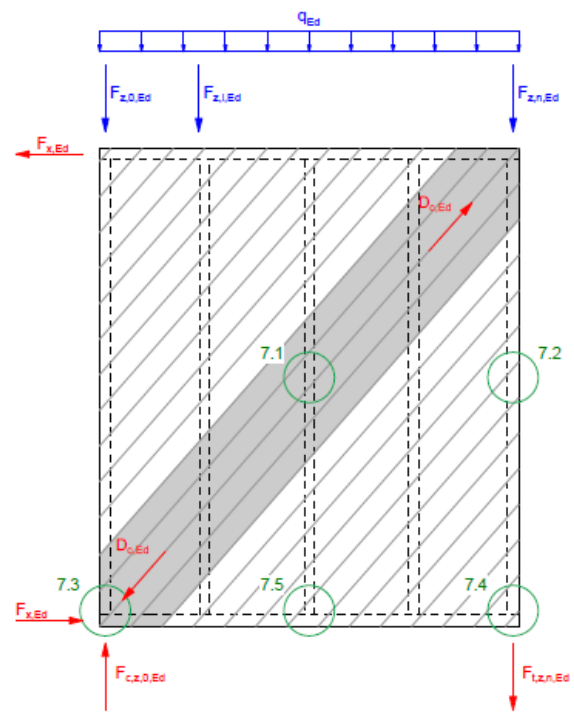
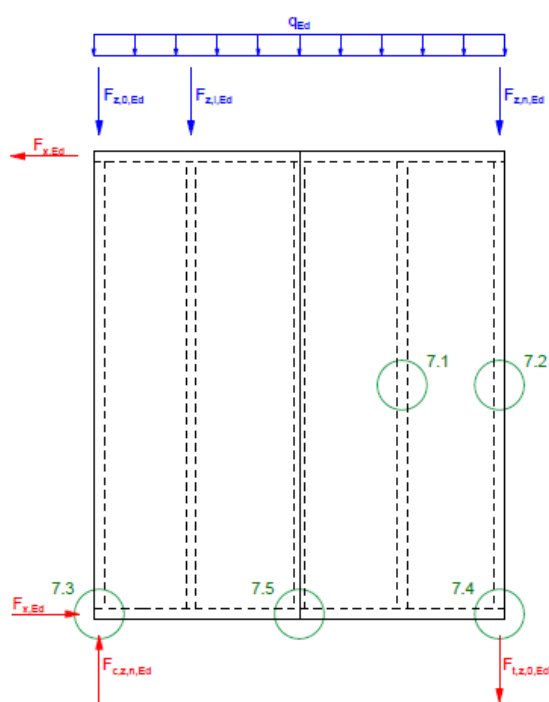


7 Nachweise

OSB-Beflankung

Diagonalschalung

In den hier abgebildeten Grafiken sind alle Nachweise aufgeführt. Der Knicknachweis der Innenständer aus vertikaler Lasteinwirkung senkrecht zur Tafelebene wird hier nicht geführt



7.1 Nachweis der Beplankung / der Schalung

7.1.1 Tragfähigkeit der Beplankung

DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08: Zu 9.2.4.2 (NA.16): Der Nachweis für die Tragfähigkeit der Beplankung darf vereinfacht als Schubspannungsnachweis in der Beplankung geführt werden. Die maximale Beanspruchung ergibt sich dabei aus dem Schubfluss, dieser entspricht der Tragfähigkeit der Verbindung zwischen Rippen und Beplankung.

Es ist der Knicknachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010-12: 6.3.2 (3) zu führen. Die Bretter knicken um die schwache Achse (aus der Tafelebene heraus), eine Biegespannung ist nicht vorhanden.
Hinweis: Der Nachweis der Zugstrebe ist bei gleicher Kraft nicht erforderlich, der Nachweis der Druckdiagonale ist ungünstiger (Knicken) [$k_c \cdot f_{c,0,d} < f_{t,0,d}$].

Tragfähigkeit der Beplankung	$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$ (NA.138) $\frac{0,39 \text{ N/mm}^2}{2,43 \text{ N/mm}^2} = 0,16 \leq 1,0$ ✓	Nachweis der Brettschalung	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$ $\frac{0,64 \text{ N/mm}^2}{0,256 \cdot 16,15 \text{ N/mm}^2} = 0,15 \leq 1$ ✓	
Ermittlung der Schubflusses	$\tau_d = \frac{F_{f,Rd}}{t \cdot s}$ $\tau_d = \frac{469,13 \text{ N}}{15 \text{ mm} \cdot 80 \text{ mm}}$ $\tau_d = 0,39 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	Bemessungswert der Druckspannung	$\sigma_{c,0,d} = \frac{D_{c,Ed}}{2 \cdot A_{ef}}$ $\sigma_{c,0,d} = \frac{19100 \text{ N}}{2 \cdot 15000 \text{ mm}^2}$ $\sigma_{c,0,d} = 0,64 \text{ N/mm}^2$	
Vereinfachter Schubspannungsnachweis in der Beplankung	NCI zu 9.2.4.2 (NA.16) $f_{v,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} k_{v,1} \cdot k_{v,2} \cdot f_{v,1,d} \\ k_{v,1} \cdot k_{v,2} \cdot f_{v,1,d} \cdot \frac{35 \cdot t}{a_{r,net}} \end{array} \right.$ $= \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \cdot 0,5 \cdot 5,23 \text{ N/mm}^2 \\ 1,0 \cdot 0,5 \cdot 5,23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{35 \cdot 15 \text{ mm}}{565 \text{ mm}} \end{array} \right.$ $= \min \left\{ \begin{array}{l} 2,61 \text{ N/mm}^2 \\ 2,43 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right. = 2,43 \text{ N/mm}^2$	$k_{mod} = 1,0$ $\gamma_M = 1,3$ Faktor 2 $A_{ef} = b_d \cdot d$ $A_{ef} = 500 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm} = 15000 \text{ mm}^2$	NKL1, KLED Mittelwert aus kurz/sehr kurz Teilsicherheitsbeiwert Tafel mit beidseitiger Brettschalung Querschnittsfläche der Diagonale	
Bemessungswert der Schubfestigkeit	$f_{v,1,d} = k_{mod,OSB} \cdot \frac{f_{v,1,k}}{\gamma_M}$ $f_{v,1,d} = 1,0 \cdot \frac{6,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,3} = 5,23 \text{ N/mm}^2$	Beiwerte	$\lambda_z = \frac{l_{ef}}{i_z}$ $\lambda_z = \frac{950 \text{ mm}}{8,66 \text{ mm}}$ $\lambda_z = 109,7$ $i_z = \frac{t_1}{\sqrt{12}}$ $i_z = \frac{30 \text{ mm}}{\sqrt{12}}$ $i_z = 8,66 \text{ mm}$ $f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M}$ $f_{c,0,d} = \frac{1,0 \cdot 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,3}$ $f_{c,0,d} = 16,15 \text{ N/mm}^2$	Schlankheitsgrad der Brettschalung → $k_c = 0,256$ Tabellenwert aus Bautabellen Trägheitsradius (Rechteck) Bemessungswert Druckfestigkeit
Beiwerte	$k_{mod,OSB} = 1,0$ NKL 1, KLED Mittelwert aus sehr kurz/kurz für Lastfall Wind $\gamma_M = 1,3$ Teilsicherheitsbeiwert Beiwert nach Abschnitt NCI Zu 9.2.4.2 (NA.16) $k_{v,2} = 0,5$ Bei beidseitig aussteifende Beplankung $k_{v,1} = 1,0$ Berücksichtigung der Anordnung und Verbindungsart der Platten			

Aussteifung mit diagonaler Brettschalung

nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, NCI zu 9.2.4.

7.1.2 Beulen infolge Schubbeanspruchung der Beplankung

Das Beulen infolge Schubbeanspruchung darf nach DIN EN 1995-1-1:2010-12: 9.2.4.2 (11) vernachlässigt werden, wenn:

Faktor zur Berücksichtigung des Schubbeulens	$\frac{a_{r,net}}{t} \leq 100$	
	$\frac{565 \text{ mm}}{15 \text{ mm}} = 38 \leq 100$	✓

DIN EN 1995-1-1:2010-12: 9.2.4.2 (12): Der Abstand der Verbindungsmittel auf dem Mittelpfosten ist nicht mehr als doppelt so groß wie der Abstand der Verbindungsmittel entlang der Beplankungsränder.

7.1.3 Tragfähigkeit der Wandtafel

Die Tragfähigkeit der Wandtafel wird nach DIN EN 1995: 2010-12: 9.2.4.2 (3) und (7) wie folgt berechnet:

Tragfähigkeit der Wandscheibe	$\frac{F_{x,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1$	
	$\frac{12600 \text{ N}}{25802,15 \text{ N}} = 0,49 \leq 1$	✓

Bemessungswert Wandscheibentragfähigkeit	$F_{v,Rd} = n \cdot \sum F_{i,v,Rd}$	Gl.(9.20)
	$= n \cdot n_{1p} \cdot F_{i,v,Rd}$	
	$F_{v,Rd} = 2 \cdot 2 \cdot 6450,5 \text{ N} = 25802,15 \text{ N}$	

Wandscheibentragfähigkeit	$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} \cdot l_p \cdot c_i}{s}$	Gl.(9.21)
	$F_{i,v,Rd} = \frac{469,13 \text{ N} \cdot 1250 \text{ mm} \cdot 0,88}{80 \text{ mm}}$	
	$= 6450,5 \text{ N}$	

Faktor	$c_i = \begin{cases} 1 & \text{für } l_p \geq b_0 \\ \frac{l_p}{b_0} & \text{für } l_p < b_0 \end{cases}$	Gl.(9.22)
	$c_i = \begin{cases} 1 & \text{für } 1250 \text{ mm} \geq 1425 \text{ mm} \\ \frac{1250 \text{ mm}}{1425 \text{ mm}} & \text{für } 1250 \text{ mm} < 1425 \text{ mm} \end{cases}$	

$$c_i = 0,88$$

Beiwerte	$b_0 = \frac{h}{2} = \frac{2850 \text{ mm}}{2} = 1425 \text{ mm}$	
	$n_{1p} = 2$	Anzahl Wandtafeln pro Scheibe
	$n = 2$	Faktor für beidseitige Beplankung

Aussteifung mit diagonaler Brettschalung

nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, NCI zu 9.2.4.

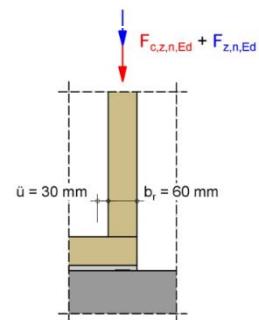
7.2 Nachweis der Rippen

Die Rippen werden durch die Bekleidung gegen seitliches Ausweichen gesichert. Damit tritt in der schwachen Achse kein Knicken auf. Der Knicknachweis um die starke Achse (aus der Tafelebene) wird mit der größten Druckkraft geführt.

Stabilitätsnachweis Randrippe	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$ $\frac{1,72 \text{ N/mm}^2}{0,739 \cdot 16,15 \text{ N/mm}^2} = 0,14 \leq 1$	Gl.(6.23) ✓
Bemessungswert der Druckspannung	$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,z,n,Ed} + F_{z,n,Ed}}{A} = \frac{18560 \text{ N}}{10800 \text{ mm}^2} = 1,72 \text{ N/mm}^2$	
	$k_{mod,Rippe} = 1,0$	NKL1, KLED Mittelwert aus kurz/sehr kurz und Lastfall Wind
	$\gamma_M = 1,3$	Teilsicherheitsbeiwert
	$A = b_r \cdot h_r$ $A = 60 \text{ mm} \cdot 180 \text{ mm} = 10800 \text{ mm}^2$	Querschnittsfläche der Rippe
Beiwerte	$\lambda_y = \frac{l_{ef}}{i_y} = \frac{h \cdot \beta}{i_y} = \frac{2850 \text{ mm} \cdot 1,0}{51,96 \text{ mm}} = 54,85$	Schlankeitsgrad Rechteckquerschnitt → $k_{c,y} = 0,739$ (Tabellenwert, Bautabellen)
	$\beta = 1,0$	Knicklängenbeiwert, Eulerfall 2
	$i_y = \frac{h_r}{\sqrt{12}} = \frac{180 \text{ mm}}{\sqrt{12}} = 51,96 \text{ mm}$	Trägheitsradius (Rechteckquerschnitt)
	$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod,Rippe} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{1,0 \cdot 21 \text{ N/mm}^2}{1,3}$ $f_{c,0,d} = 16,15 \text{ N/mm}^2$	Bemessungswert Druckfestigkeit

7.3 Nachweis der Schwellenpressung

Nachweis der Schwellenpressung	$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1$ $\frac{1,15 \text{ N/mm}^2}{1,25 \cdot 2,30 \text{ N/mm}^2} = 0,4 \leq 1$	Gl.(6.3) ✓
Bemessungswert der Querdruckspannung	$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,z,n,Ed} + F_{z,n,Ed}}{A_{ef}}$ $\sigma_{c,90,d} = \frac{18560 \text{ N}}{16200 \text{ mm}^2} = 1,15 \text{ N/mm}^2$	Gl.(6.4)
	$k_{mod} = 1,0$	NKL 1, KLED Mittelwert aus kurz/ sehr kurz
	$\gamma_M = 1,3$	Teilsicherheitsbeiwert
Beiwerte	$A_{ef} = b_{ef} \cdot h_r$ $A_{ef} = 90 \text{ mm} \cdot 180 \text{ mm} = 16200 \text{ mm}^2$	wirksame Kontaktfläche bei Druckspannung ⊥ zur Faserrichtung
	$b_{ef} = 30 \text{ mm} + b_r$	effektive Breite
	$b_{ef} = 30 \text{ mm} + 60 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$	(Schwelle endet am Randbalken, effektive Breite am Randaufleger darf um 30 mm erhöht werden)



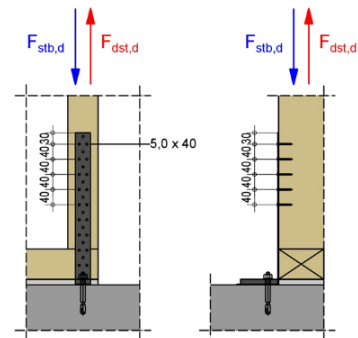
Aussteifung mit diagonaler Brettschalung

nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, NCI zu 9.2.4.

	$k_{c,90} = 1,25$	Querdruckbeiwert; Vollholz aus Nadelholz	6.1.5 (3)
Beiwerte	$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot 1,2 \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M}$	Bemessungswert Querdruckfestigkeit	
	$f_{c,90,d} = \frac{1,0 \cdot 1,2 \cdot 2,5 \text{ N/mm}^2}{1,3}$	charakteristische Querdruckfestigkeit durch quer verlaufende Schwellen darf um 20 % erhöht werden nach NCI zu 9.2.4 (NA.21)	
	$f_{c,90,d} = 2,30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$		

7.4 Nachweis der Zugverankerung

S235	Material
3	Tragfähigkeitsklasse
$t_s = 2,0 \text{ mm}$	Stahlblechdicke
4,0 x 50 mm	Kammnägeln, Anschluss Zuganker an Randrippe
$F_{f,Rk} = 2,22 \text{ kN}$	Tragfähigkeit eines Nagels nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08: NCI Zu 8.2.5 (NA.2)



7.4.1 Anschluss Zuganker an Randrippe

Die Wirkung einer unverschieblichen Zwischenschicht aus OSB darf in diesen Fall bei der Berechnung vernachlässigt werden. Bei der Brettschalung wird davon ausgegangen, dass keine Zwischenschicht zwischen Zuganker und Rippe vorliegt.

Nachweis der Verankerung	$\frac{F_{dst,d} - F_{stb,d}}{F_{f,Rd}} \leq 1$	
	$\frac{14,36 \text{ kN} - 1,68 \text{ kN}}{15,86 \text{ kN}} = 0,80 \leq 1$	✓
Bemessungswert der Zugkraft (destabilisierend)	$F_{dst,d} = F_{t,z,0,Ed}$ $F_{dst,d} = 14,36 \text{ kN}$	
Bemessungswert der Druckkraft (stabilisierend)	$F_{stb,d} = \gamma_{G,Stb} \cdot g_k \cdot \frac{a_r}{2} = 0,9 \cdot 6,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{0,625 \text{ m}}{2} = 1,68 \text{ kN}$	
Bemessungswert der Tragfähigkeit der Verankerung	$F_{f,Rd} = \frac{(2 \cdot n_{ef} \cdot F_{f,Rk}) \cdot k_{mod}}{\gamma_{M,Stahl}}$ $F_{f,Rd} = \frac{(2 \cdot 3,93 \cdot 2,22 \text{ kN}) \cdot 1,0}{1,1}$ $F_{f,Rd} = 15,86 \text{ kN}$	
Beiwerte	$g_k = 6,0 \text{ kN/m}$	vertikale Last auf Randrippe aus Eigengewicht
	Faktor 2	Anzahl der Nagelreihen \perp zur Faser
	$n = 5$	Anzahl der Kammnägeln in einer Reihe \parallel zur Faser
	$n_{ef} = n^{k_{ef}} = 5^{0,85} = 3,93$	Gl. (8.17)
	$k_{ef} = 0,85$	Tabelle 8.1
	$k_{mod} = 1,0$	NKL 1, KLED Mittelwert aus kurz/sehr kurz

Aussteifung mit diagonaler Brettschalung

nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, NCI zu 9.2.4.

$\gamma_{M,Stahl} = 1,1$	Teilsicherheitsbeiwert (Johansen – Ausbildung von zwei Fließgelenken)
$\gamma_{G,Stb} = 0,9$	Teilsicherheitsbeiwert für Bemessungswert der Druckkraft als stabilisierende Last

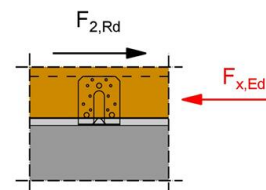
7.4.2 Anschluss Zuganker an Untergrund

Der Anschluss des Zugankers ist in Abhängigkeit des Untergrundes mit entsprechenden Verbindungsmitteln nachzuweisen.

7.5 Nachweis des Schubkraftanschlusses

Winkelverbinder + Verbindungsmittel

105 mit Steg	Winkeltyp
S 250 GD + Z 275	Stahlspezifikation
$t_s = 3,0 \text{ mm}$	Stahlblechdicke
4,0 x 60 mm	Kammnägel, Anschluss Winkel an Schwelle
$F_{2,Rk} = 8,5 \text{ kN}$	Tragfähigkeit eines Nagels nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08: NCI Zu 8.2.5 (NA.2)



7.5.1 Anschluss Winkel an Schwelle

Die Wirkung einer unverschieblichen Zwischenschicht aus OSB kann in diesen Fall bei der Berechnung vernachlässigt werden. Für die Brettschalung wird davon ausgegangen, dass keine Zwischenschicht zwischen Winkel und Schwelle vorliegt.

Nachweis der Verankerung	$\left(\frac{F_{x,Ed}}{n \cdot F_{2,Rd}} \right)^2 \leq 1$ $\left(\frac{12,6 \text{ kN}}{2 \cdot 7,73 \text{ kN}} \right)^2 = 0,82 \leq 1$	✓
--------------------------	--	---

Bemessungswert der Tragfähigkeit auf Abscheren

$$F_{2,Rd} = \frac{F_{2,Rk} \cdot k_{mod}}{\gamma_{M,Stahl}} = \frac{8,5 \text{ kN} \cdot 1,0}{1,1} = 7,73 \text{ kN}$$

Beiwerte	$k_{mod} = 1,0$	NKL 1, KLED Mittelwert aus kurz/sehr kurz
	$\gamma_{M,Stahl} = 1,1$	Teilsicherheitsbeiwert (Johansen – Ausbildung von zwei Fließgelenken)
	$n = 2$	Anzahl der Winkelverbinder, Abstand $e \leq 2,0 \text{ m}$

7.5.2 Anschluss Winkel an Untergrund

Die Verankerung des Winkels ist in Abhängigkeit des Untergrundes mit entsprechenden Verbindungsmitteln nachzuweisen.