
Musterstatik Decken- & Dachscheibe

3-seitig gelagert Typ 2

zwei Auflagerungen jeweils längs zur Elementspannrichtung,
eine Auflagerung quer zur Elementspannrichtung

Berechnungsgrundlagen: *[Zulassung Lignotrend] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z.-9.1-555*

*DIN EN 1991
DIN EN 1995-1-1
DIN EN 1995-1-1/NA
DIN EN 1995-1-2*

Baustoffe: Lignotrend-Elemente
Brettschichtholz GL24h
Holzbauschrauben

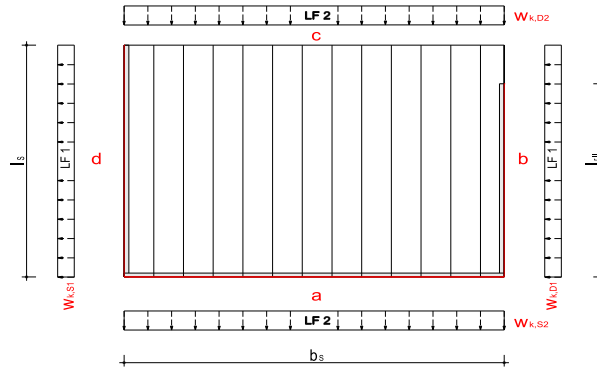
Vorbemerkungen: Die Stahlteile sind dauerhaft gegen Korrosion zu schützen

Inhaltsverzeichnis:

Inhaltsverzeichnis:	2
1. Eingabe	3
1.1 Belastungen aus Lastannahme	3
1.2 Verbindungsmittel Deckenscheibe an Randgurt	4
1.3 Verbindungsmittel Koppelfuge	4
2. Ermittlung der Schnittgrößen	5
2.1 Infolge Lastfall 1 (rechtwinklig zur Elementspannrichtung)	5
2.2 Infolge Lastfall 2 (parallel zur Elementspannrichtung)	6
3. Tragfähigkeitsnachweis	7
3.1 Nachweise der LIGNOTREND-Elemente	7
3.1.1 Nachweis der Quertragfähigkeit	7
3.1.2 Nachweis der Momententragfähigkeit beim Lastfall 1	7
3.1.3 Nachweis der Momententragfähigkeit beim Lastfall 2	7
3.2 Nachweis der Koppelfuge	8
3.2.1 Nachweis der Schubtragfähigkeit des Stoßbrettes	8
3.2.2 Nachweis der Klammern im Stoßbrett	8
3.3 Nachweis der Verbindungsmittel Deckenscheibe an Randgurt	8
3.3.1 Nachweis der Verbindungsmittel Scheibe an Randgurt quer zur Elementspannrichtung	12
3.3.2 Nachweis der Verbindungsmittel Scheibe an Randgurt parallel zur Elementspan.	12
4. Gebrauchstauglichkeitsnachweis	13
4.1 Nachweis der Scheibenverformung	13
4.1.1 Verformung in Folge Lastfall 1	13
4.1.2 Verformung in Folge Lastfall 2	13
5. Ergebnisse	14

Scheibenberechnung

1. Eingabe



Scheibengeometrie:

Scheibenbreite b_s =	8,00 m
Scheibenlänge l_s =	6,00 m
(Falls die Randgurtlänge kürzer als die Scheibenlänge ist !)	
$l_{r,II,b}$ =	6,00 m
$l_{r,II,d}$ =	6,00 m

Elementtyp:

Element Typ :	GEW("LIGNO/Rippe+Block"; Typ;)	BlockQ3 z26p0
Elementhöhe h:	GEW("LIGNO"/"Typ; h;) =	150,00
Elementbreite $b_{Element}$ =		0,625 m

Randgurt:

Zur Aufnahme des Momentes aus LF 2 dient der Randgurt quer zur Elementspanrichtung.

Baustoff :	GEW("1052/Holz"; B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("1052/Holz"; FK;)	=	C24
Höhe $h_{Randgurt}$ =			20,00 cm
Breite $b_{Randgurt}$ =			10,00 cm

1.1 Belastungen aus Lastannahme

k_{mod} =	1,00
γ_M =	1,30
γ_G =	1,35
γ_Q =	1,50

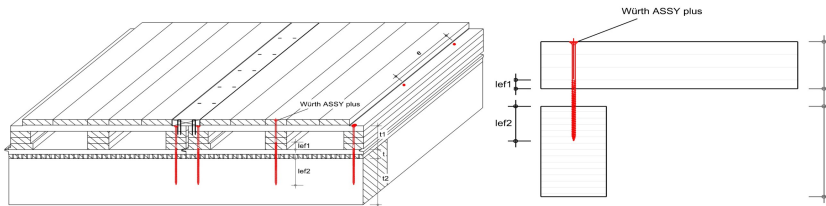
Lastfall 1: Wind rechtwinklig zur Elementspanrichtung

Winddruck $w_{k,D,1}$ =	2,50 kN/m
Windsog $w_{k,S,1}$ =	0,50 kN/m
$q_{k,1}$ = $w_{k,D,1} + w_{k,S,1}$	= 3,00 kN/m

Lastfall 2: parallel zur Elementspanrichtung

Winddruck $w_{k,D,2}$ =	2,50 kN/m
Windsog $w_{k,S,2}$ =	0,50 kN/m
$q_{k,2}$ = $w_{k,D,2} + w_{k,S,2}$	= 3,00 kN/m

1.2 Verbindungsmittel Deckenscheibe an Randgurt



Schraubentyp:

Zur Befestigung der Lignotrend-Elemente müssen entweder die Stege vorgebohrt oder der selbstbohrende Schraubentyp "ASSY" des Herstellers Würth bzw. Spax oder Rothoblaas verwendet werden.

Hersteller: GEW("Würth/Schraubenhersteller"; Bez;) = Würth-ASSY-2019
Abmessung : GEW("Würth"/"Hersteller; Bez;) = 8.0 x 240 TG Senkkopf

Schraubenanzahl quer zur Elementspannrichtung:

Anzahl der Verbindungsmittel pro Element n_V = 3 pro Element

Schraubenanzahl parallel zur Elementspannrichtung:

Abstand der Verbindungsmittel $e_{V,||}$ = 0,25 m

Angaben zum Seitenholz SH1

Dicke des Seitenholzes t_1 = 150,0 mm
Rohdichte Seitenholz $\rho_{k,1}$ = 380,0 kg/m³
Kraft-Faser-Winkel α_1 = 90,0 °

Angaben zur Zwischenschicht nach [Blaß]

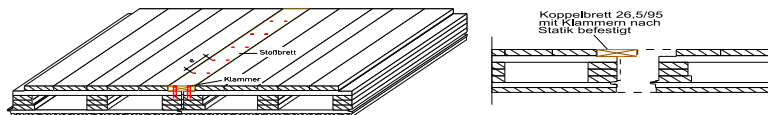
Dicke des Zwischenschicht t = 0,0 mm
Rohdichte Zwischenschicht $\rho_{k,zw}$ = 0,0 kg/m³
Kraft-Faser-Winkel α_{zw} = 0,0 °

Bei Elementen mit Akustiklage muss die Abminderung durch eine Zwischenschicht nach [Blaß] berücksichtigt werden.

Angaben zum Seitenholz 2

Dicke des Seitenholzes $t_{2,H}$ = 200,0 mm
Rohdichte Seitenholz $\rho_{k,2}$ = 380,0 kg/m³
Kraft-Faser-Winkel α_2 = 90,0 °

1.3 Verbindungsmittel Koppelfuge



Stoßbrett:

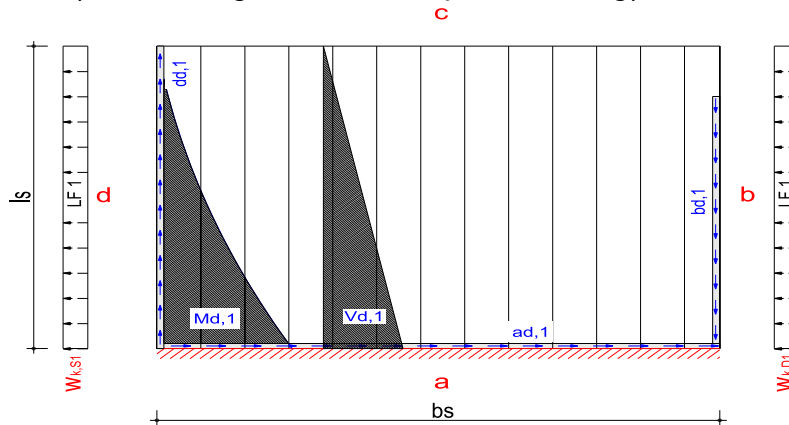
Materialgüte: GEW("LIGNO/Koppelbrett"; Bez;) = Sperrholz
Dicke Koppelbrett $d_{\text{Koppelbrett}}$ = 26 mm

Klammern:

gewählter Klammertyp 1,83 x 63 mm
gewählter Klammerabstand e_{Klammer} = 100 mm

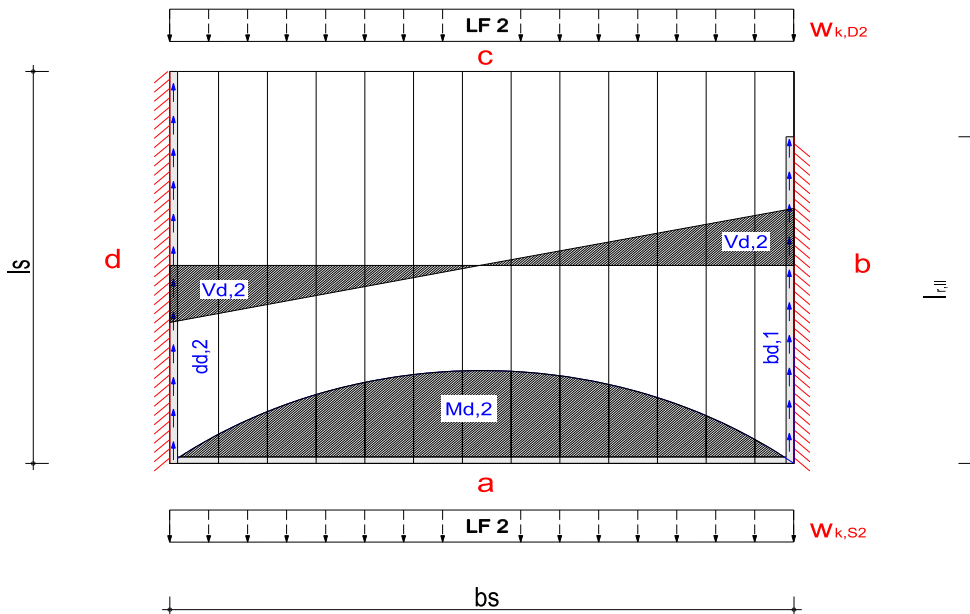
2. Ermittlung der Schnittgrößen

2.1 Infolge Lastfall 1 (rechtwinklig zur Elementspannrichtung)



$$\begin{aligned} \max M_{d,1} &= \gamma_Q \cdot \left(q_{k,1} \cdot \frac{l_S^2}{2} \right) &= & 81,00 \text{ kNm} \\ \max V_{d,1} &= \gamma_Q \cdot (q_{k,1} \cdot l_S) &= & 27,00 \text{ kN} \\ \text{Auflagerkraft } a_{d,1} &= \gamma_Q \cdot \frac{q_{k,1} \cdot l_S}{b_S} &= & 3,38 \text{ kN/m} \\ \text{Auflagerkraft } b_{d,1} &= \frac{M_{d,1} / b_S}{l_S} &= & 1,69 \text{ kN/m} \\ \text{Auflagerkraft } a_{k,1} &= \frac{a_{d,1}}{\gamma_Q} &= & 2,25 \text{ kN/m} \\ \text{Auflagerkraft } b_{k,1} &= \frac{b_{d,1}}{\gamma_Q} &= & 1,13 \text{ kN/m} \\ \text{Schubfluss } t_{d,1} &= \frac{V_{d,1}}{b_S} &= & 3,38 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2.2 Infolge Lastfall 2 (parallel zur Elementspannrichtung)



$\max M_{d,2} =$	$\gamma_Q \cdot \left(q_{k,2} \cdot \frac{b_S^2}{8} \right)$	$=$	36,00 kNm
$\max V_{d,2} =$	$\gamma_Q \cdot (q_{k,2} \cdot b_S) / 2$	$=$	18,00 kN
Auflagerkraft $b_{d,2} =$	$\gamma_Q \cdot \left(q_{k,2} \cdot \frac{b_S}{l_S \cdot 2} \right)$	$=$	3,00 kN/m
Auflagerkraft $b_{k,2} =$	$\frac{b_{d,2}}{\gamma_Q}$	$=$	2,00 kN/m
Schubfluss $t_{d,2} =$	$\frac{V_{d,2}}{l_S}$	$=$	3,00 kN/m
Auflagerkraft $a_{d,2} =$	$t_{d,2}$	$=$	3,00 kN/m
Auflagerkraft $a_{k,2} =$	$\frac{a_{d,2}}{\gamma_Q}$	$=$	2,00 kN/m

Zugkraft bzw. Druckkraft in den Randgurten quer zur Elementspannrichtung

$\max Z_d =$	$M_{d,2} / l_S$	$=$	6,00 kN
--------------	-----------------	-----	---------

3. Tragfähigkeitsnachweis

3.1 Nachweise der LIGNOTREND-Elemente

Die Kenndaten der LIGNOTREND-Elemente finden Sie in der jeweiligen technischen Dokumentation auf der letzten Seite.

$V_{R,k,y} =$	TAB("LIGNO/"Typ;V _{R,k,y} ; h=h)	=	25,10 kN/Element
$V_{R,d,y} =$	$k_{mod} * V_{R,k,y} / \gamma_M$	=	19,31 kN/Element
$GA_{ef} =$	TAB("LIGNO/"Typ; GA _{ef} ; h=h)	=	33920,00 kN/Element
$M_{R,k,z} =$	TAB("LIGNO/"Typ; M _{R,k,z} ; h=h)	=	56,30 kNm/Element
$M_{R,d,z} =$	$k_{mod} * M_{R,k,z} / \gamma_M$	=	43,31 kNm/Element
Anzahl der Elemente $n_{Element} = b_S / b_{Element}$		=	13

3.1.1 Nachweis der Quertragfähigkeit

$$\eta_V = \frac{\text{MAX}(t_{d,1}; t_{d,2})}{(V_{R,d,y} / b_{Element})} = 0,11 < 1$$

3.1.2 Nachweis der Momententragfähigkeit beim Lastfall 1

$$\eta_{M1} = \frac{M_{d,1}}{(n_{Element} * M_{R,d,z})} = 0,14 < 1$$

3.1.3 Nachweis der Momententragfähigkeit beim Lastfall 2

Zur Aufnahme des Momentes aus LF 2 dient der Randgurt quer zur Elementspannrichtung.

Querschnittsfläche Randgurt $A_{ef} = h_{Randgurt} * b_{Randgurt}$	=	200,00 cm ²
$f_{t,k} =$	TAB("1052/Holz"; f _{t0k} ; B=Baustoff)	= 0,80 kN/cm ²
$f_{t,d} =$	$f_{t,k} * k_{mod} / \gamma_M$	= 0,62 kN/cm ²
$\eta_{M2} =$	$Z_d / (A_{ef} * f_{t,d})$	= 0,05 < 1

3.2 Nachweis der Koppelfuge

3.2.1 Nachweis der Schubtragfähigkeit des Stoßbrettes

$$\begin{aligned}
 f_{v,k} &= \text{TAB}(\text{"LIGNO/Koppelbrett"; } f_{v,k}; \text{ Bez=Materialgüte}) &= & 3,00 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{v,d} &= f_{v,k} * k_{\text{mod}} / \gamma_M &= & 2,31 \text{ N/mm}^2 \\
 t_{R,d,\text{Koppelbrett}} &= f_{v,d} * d_{\text{Koppelbrett}} &= & 60,06 \text{ kN/m} \\
 \\
 \text{Nachweis} \\
 \eta_{\text{Koppelbrett}} &= t_{d,2} / t_{R,d,\text{Koppelbrett}} &= & 0,05 < 1
 \end{aligned}$$

3.2.2 Nachweis der Klammern im Stoßbrett

$$\begin{aligned}
 R_{k,\text{Klammer}} &= 0,72 \text{ kN} \\
 R_{d,\text{Klammer}} &= R_{k,\text{Klammer}} * k_{\text{mod}} / \gamma_M &= & 0,55 < 1 \\
 \\
 \text{Nachweis} \\
 \eta_{\text{Klammern}} &= t_{d,2} / (R_{d,\text{Klammer}} * 1000 / e_{\text{Klammer}}) &= & 0,55 < 1
 \end{aligned}$$

3.3 Nachweis der Verbindungsmittel Deckenscheibe an Randgurt

Berechnung der Tragfähigkeit der Schrauben für die jeweiligen Scheibenaufleger

Angaben zur Schraube laut Zulassung:

$$\begin{aligned}
 \text{Durchmesser } d &= \text{TAB}(\text{"Würth"/"Hersteller; } d; \text{ Bez=Abmessung; }) &= & 8,00 \text{ mm} \\
 \text{Bohrspitze:} &= \text{TAB}(\text{"Würth"/"Hersteller; } \text{Spitze; } \text{Bez=Abmessung}) &= & \text{plus} \\
 \text{Schraubenlänge } l_{\text{Sch}} &= \text{TAB}(\text{"Würth"/"Hersteller; } L; \text{ Bez=Abmessung}) &= & 240,00 \text{ mm} \\
 \text{Gewindelänge } l_G &= \text{TAB}(\text{"Würth"/"Hersteller; } b; \text{ Bez=Abmessung}) &= & 100,00 \text{ mm} \\
 \text{Kopfdurchmesser } d_k &= \text{TAB}(\text{"Würth"/"Hersteller; } dk; \text{ Bez=Abmessung}) &= & 15,00 \text{ mm} \\
 \text{Zugtragfähigkeit } R_{t,u,k} &= \text{TAB}(\text{"Würth"/"Hersteller; } Rt,u,k ; \text{ Bez=Abmessung}) &= & 21500,0 \text{ N} \\
 \text{Fließmoment } M_{y,k} &= \text{TAB}(\text{"Würth"/"Hersteller; } My,k ; \text{ Bez=Abmessung}) &= & 23000,0 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Eintringtiefen der Schraube

$$\begin{aligned}
 \text{Eindringtiefe Gewinde } l_{\text{ef},1} &= t_1 - (l_{\text{Sch}} - l_G) &= & 10,00 \text{ mm} \\
 \text{Eintringtiefe Schraube } t_2 &= l_{\text{Sch}} - t_1 - t &= & 90 \text{ mm} \\
 \text{Eintringtiefe Gewinde } l_{\text{ef},2} &= \text{WENN} (l_G < t_2 ; l_G ; t_2) &= & 90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Projekt: 3 seitig gelagerte Scheibe Typ 2
 Statik Nr: xx-xx

Datum: 14.09.2021
 Seite: 9

$$l_{ef} = l_{ef,2} = 90 \text{ mm}$$

Berechnen des char. Werts der Tragfähigkeit der Scherfuge

$$k_{90} = \text{WENN}(d < 8,0; 1,35 + 0,015 * d; 1) = 1,00$$

Für nicht vorgebohrte Hölzer

$$f_{h,1,nv,k} = 0,082 * (d^{-0,3}) * \rho_{k,1} / (k_{90} * (\text{SIN}(\alpha_1))^2 + (\text{COS}(\alpha_1))^2) = 16,70 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,zw,nv,k} = 0,082 * (d^{-0,3}) * \rho_{k,zw} / (k_{90} * (\text{SIN}(\alpha_{zw}))^2 + (\text{COS}(\alpha_{zw}))^2) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,2,nv,k} = 0,082 * (d^{-0,3}) * \rho_{k,2} / (k_{90} * (\text{SIN}(\alpha_2))^2 + (\text{COS}(\alpha_2))^2) = 16,70 \text{ N/mm}^2$$

Für vorgebohrte Hölzer

$$f_{h,1,v,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_{k,1} / (k_{90} * (\text{SIN}(\alpha_1))^2 + (\text{COS}(\alpha_1))^2) = 28,67 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,zw,v,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_{k,zw} / (k_{90} * (\text{SIN}(\alpha_{zw}))^2 + (\text{COS}(\alpha_{zw}))^2) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,2,v,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_{k,2} / (k_{90} * (\text{SIN}(\alpha_2))^2 + (\text{COS}(\alpha_2))^2) = 28,67 \text{ N/mm}^2$$

Durch die Vorgabe von vorgebohrten Stegen oder selbstbohrenden Schraubentypen wird im folgenden mit den Werten für vorgebohrte Hölzer gerechnet.

$$f_{h,1,k} = f_{h,1,v,k} = 28,67 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,zw,k} = f_{h,zw,v,k} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,2,k} = f_{h,2,v,k} = 28,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{zw,0} = \frac{f_{h,1,k}}{f_{h,2,k}} = 1,00$$

$$\beta_{zw,1} = \text{WENN}(f_{h,zw,k} = 0; 0; f_{h,2,k} / f_{h,zw,k}) = 0,00$$

$$\beta_{zw,2} = \frac{f_{h,zw,k}}{f_{h,1,k}} = 0,00$$

$$\delta = f_{h,zw,k} / f_{h,1,k} = 0,00$$

$$k_{mod} = 0,90$$

$$x_1 = (-2 * t - t_1 - l_{ef} + \sqrt{((4 + \delta + (\delta / \beta_{zw,0})) * t^2 + (2 + 1 / \beta_{zw,0}) * t_1^2 + (2 + \beta_{zw,0}) * l_{ef}^2 + 4 * t * l_{ef} + 4 * t * t_1 + 2 * t_1 * l_{ef}))} =$$

$$R_1 = f_{h,2,k} * \beta_{zw,0} / (1 + \beta_{zw,0}) * x_1 * d = 12003,56$$

$$R_2 = f_{h,2,k} * d * l_{ef} = 20642,40$$

$$R_3 = f_{h,1,k} * d * t_1 = 34404,00$$

$$x_4 = (-t - l_{ef} / 2 + \sqrt{(t^2 + t * l_{ef} + l_{ef}^2 / 2 + \delta * t^2 / (2 * \beta_{zw,0}) + l_{ef}^2 / (2 * \beta_{zw,0}) + 2 * My_k / (f_{h,2,k} * d) + \delta * t^2 / 4 + My_k / (f_{h,2,k} * d))} =$$

$$R_4 = f_{h,2,k} * (\beta_{zw,0} / (0,5 + \beta_{zw,0})) * x_4 * d = 7134,63$$

$$x_5 = (-t - t_1 / 2 + \sqrt{((1 + \delta / (4 * \beta_{zw,0})) + \delta / 2) * t^2 + (0,5 + 0,5 * \beta_{zw,0}) * t_1^2 + t * t_1 + (My_k / (f_{h,2,k} * d * \beta_{zw,0})) + (2 * My_k / (f_{h,2,k} * d))} =$$

$$R_5 = f_{h,2,k} * (\beta_{zw,0} / (0,5 + \beta_{zw,0})) * x_5 * d = 11620,91$$

$$x_6 = (-\beta_{zw,0} * t + \sqrt{(\beta_{zw,0}^2 * t^2 + 4 * \beta_{zw,0} * (\beta_{zw,0} + 1) * My_k / (f_{h,2,k} * d) + \beta_{zw,0} * (\beta_{zw,0} + 1) / 2 * \delta * t^2)} = 28,32$$

$$R_6 = f_{h,2,k} * 1 / (1 + \beta_{zw,0}) * x_6 * d = 3247,74$$

$$R_7 = f_{h,1,k} * t_1 * d / (2 + \beta_{zw,2}) * (\sqrt{(2 * \beta_{zw,2} * (1 + \beta_{zw,2}) + 4 * \beta_{zw,2} * (2 + \beta_{zw,2}) * My_k / (f_{h,1,k} * t_1^2 * d)}) - \beta_{zw,2}) =$$

$$R_8 = \sqrt{(2 * \beta_{zw,2} / (1 + \beta_{zw,2})) * \sqrt{(2 * My_k * f_{h,1,k} * d)}} = 0,00$$

$$f_{h,zw,k} = \text{WENN}(\rho_{k,zw} = 0 ; 0,0000001; \rho_{k,zw}) = 0,00000010 \text{ N/mm}^2$$

$$R_9 = f_{h,zw,k} * l_{ef} * d / ((1 + 2 * \beta_{zw,1}) * \sqrt{(2 * \beta_{zw,1}^2 * (1 + \beta_{zw,1}) + 4 * \beta_{zw,1} * (1 + 2 * \beta_{zw,1}) * M_{y,k} / (l_{ef}^2 * d * f_{h,zw,k})) - \beta_{zw,1})$$

$$R_{10} = \sqrt{(2 * \beta_{zw,1} / (1 + \beta_{zw,1}))} * \sqrt{(2 * M_{y,k} * f_{h,zw,k} * d)} = 0,00$$

R1	=	12003,56 N
R2	=	20642,40 N
R3	=	34404,00 N
R4	=	7134,63 N
R5	=	11620,91 N
R6	=	3247,74 N
R7	=	0,00 N
R8	=	0,00 N
R9	=	0,00 N
R10	=	0,00 N

$$R_{lat,k} = \text{WENN}(\rho_{k,zw} = 0 ; \text{MIN}(R1;R2;R3;R4;R5;R6) ; \text{MIN}(R1;R2;R3;R4;R5;R6;R7;R8;R9;R10)) = 3247,74 \text{ N}$$

$$\gamma_1 = \text{WENN}(R_{lat,k} = R1 ; 1,30 ; 0) = 0,00$$

$$\gamma_2 = \text{WENN}(R_{lat,k} = R2 ; 1,30 ; 0) = 0,00$$

$$\gamma_3 = \text{WENN}(R_{lat,k} = R3 ; 1,30 ; 0) = 0,00$$

$$\gamma_4 = \text{WENN}(R_{lat,k} = R4 ; 1,20 ; 0) = 0,00$$

$$\gamma_5 = \text{WENN}(R_{lat,k} = R5 ; 1,20 ; 0) = 0,00$$

$$\gamma_6 = \text{WENN}(R_{lat,k} = R6 ; 1,10 ; 0) = 1,10$$

$$\gamma_7 = \text{WENN}(R_{lat,k} = R7 ; 1,20 ; 0) = 0,00$$

$$\gamma_8 = \text{WENN}(R_{lat,k} = R8 ; 1,10 ; 0) = 0,00$$

$$\gamma_9 = \text{WENN}(R_{lat,k} = R9 ; 1,20 ; 0) = 0,00$$

$$\gamma_{10} = \text{WENN}(R_{lat,k} = R10 ; 1,10 ; 0) = 0,00$$

$$\gamma_{M,lat} = \text{MAX}(\gamma_1 ; \gamma_2 ; \gamma_3 ; \gamma_4 ; \gamma_5 ; \gamma_6 ; \gamma_7 ; \gamma_8 ; \gamma_9 ; \gamma_{10}) = 1,10$$

Projekt: 3 seitig gelagerte Scheibe Typ 2
 Statik Nr: xx-xx

Datum: 14.09.2021
 Seite: 11

Tragfähigkeit auf Abscheren je Scherfuge nach [DIN 1052] *Anhang G.2* mit erweit. Johannsgleichungen nach [Blaß]

R₁	=	12004 N
R₂	=	20642 N
R₃	=	34404 N
R₄	=	7135 N
R₅	=	11621 N
R₆	=	3248 N
R₇	=	0 N
R₈	=	0 N
R₉	=	0 N
R₁₀	=	0 N

$$R_{lat,k} = \text{WENN}(\rho_{k,zw} = 0; \text{MIN}(R_1;R_2;R_3;R_4;R_5;R_6); \text{MIN}(R_1;R_2;R_3;R_4;R_5;R_6;R_7;R_8;R_9;R_{10}))$$

Tragfähigkeit in Richtung der Stiftachse nach [DIN 1052] 12.8

$$\gamma_{M,ax} = 1,30$$

$$k_{mod,ax} = 1,00$$

Seitenholz 1

char. Wert des Ausziehparameters $f_{1,k}$	=	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{k,1}^2$	=	11,55 N/mm ²
char. Wert des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$	=	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{k,1}^2$	=	11,55 N/mm ²
Schraubenkopf $R_{ax,k,Kopf}$	=	$f_{2,k} \cdot d_k^2$	=	2599 N
Gewindeteil $R_{ax,k,Gew}$	=	$f_{1,k} \cdot l_{ef,1} \cdot d$	=	924 N
char. Tragfähigkeit Seitenholz 1				
$R_{ax,k,S1}$	=	$\text{MAX}(R_{ax,k,Kopf}; R_{ax,k,Gew}) = 2599 \text{ N}$		

Seitenholz 2

char. Wert des Ausziehparameters $f_{1,k}$	=	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{k,2}^2$	=	11,55 N/mm ²
char. Wert des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$	=	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{k,2}^2$	=	11,55 N/mm ²
char. Tragfähigkeit Seitenholz 2				

$$R_{ax,k,S2} = f_{1,k} \cdot l_{ef,2} \cdot \frac{d}{(\sin(\alpha_2))^2 + \frac{4}{3} \cdot (\cos(\alpha_2))^2} = 8316 \text{ N}$$

char. Tragfähigkeit in Richtung der Stiftachse

$$R_{ax,k} = \text{MIN}(R_{ax,k,S1}; R_{ax,k,S2}) = 2599 \text{ N}$$

$$R_{ax,d} = R_{ax,k} \cdot \frac{k_{mod,ax}}{\gamma_{M,ax}} = \underline{\underline{1999 \text{ N}}}$$

Tragfähigkeit in Richtung der Scherfuge (mit Berücksichtigung des Einhängeneffektes)

$$\gamma_{M,lat} = 1,10$$

$$k_{mod,lat} = 1,00$$

Einhängeneffekt

$$\Delta R_k = \text{MIN}(R_{lat,k}; 0,25 \cdot R_{ax,k}) = 650 \text{ N}$$

char. Tragfähigkeit in Richtung der Scherfuge

$$R_{lat,d} = (R_{lat,k} + \Delta R_k) \cdot k_{mod,lat} / \gamma_{M,lat} = \underline{\underline{3543 \text{ N}}}$$

3.3.1 Nachweis der Verbindungsmittel Scheibe an Randgurt quer zur Elementspanrichtung

Anschluß der Scheibe am Auflager a		
n_V		= 3 pro Element
b_{Element}		= 0,625 mm
Einwirkung		
$w_{k,2} =$	$\text{MAX}(w_{k,D,2} ; w_{k,S,2})$	= 2,50 kN/m
Auflagerlast $a_{d,res} =$	$\text{MAX} (\text{Auflagerkraft infolge LF 1} ; \text{Auflagerkraft infolge LF 2} + \text{Windlast aus Wand})$	
Auflagerlast $a_{d,res} =$	$\text{MAX} (a_{d,1} ; \sqrt{a_{d,2}^2 + (1,5 \cdot w_{k,2})^2})$	= 4,80 kN/m
$F_{V,d,a} =$	$a_{d,res} \cdot b_{\text{Element}} / n_V \cdot 1000$	= 1000,00 N
Nachweis		
$\eta_{VMquer,1} =$	$F_{V,d,a} / R_{lat,d}$	= 0,28 < 1

3.3.2 Nachweis der Verbindungsmittel Scheibe an Randgurt parallel zur Elementspan.

<u>Anschluß der Scheibe am Auflager b</u>		
$R_{lat,d}$		= 3543 N
⇒ siehe Berechnung der Tragfähigkeit der Schrauben		
$l_{r,II,b}$		= 6,00 m
$e_{V,II}$		= 0,25 m
$w_{k,1} =$	$\text{MAX}(w_{k,D,1} ; w_{k,S,1})$	= 2,50 kN/m
Auflagerlast $b_{d,res} =$	$\text{MAX}(\text{Auflagerkraft infolge LF 1} + \text{Wind aus Wand} ; \text{Auflagerkraft infolge LF 2})$	
Auflagerlast $b_{d,res} =$	$\text{MAX} (\sqrt{b_{d,1}^2 + (1,5 \cdot w_{k,1})^2} ; b_{d,2})$	= 4,11 kN/m
Längenfaktor $l_f =$	$l_S / l_{r,II,b}$	= 1,00
$F_{V,d,b} =$	$b_{d,res} \cdot e_{V,II} \cdot 1000 \cdot l_f$	= 1028 N
Nachweis		
$\eta_{VM,II,b} =$	$F_{V,d,b} / R_{lat,d}$	= 0,29 < 1
<u>Anschluß der Scheibe am Auflager d</u>		
$R_{lat,d}$		= 3543 N
⇒ siehe Berechnung der Tragfähigkeit der Schrauben		
$l_{r,II,d}$		= 6,00 m
$e_{V,II}$		= 0,25 m
Auflagerlast $d_{d,res} =$	$b_{d,res}$	= 4,11 kN/m
Längenfaktor $l_f =$	$l_S / l_{r,II,d}$	= 1,00
$F_{V,d,b} =$	$d_{d,res} \cdot e_{V,II} \cdot 1000 \cdot l_f$	= 1028 N
Nachweis		
$\eta_{VM,II,d} =$	$F_{V,d,b} / R_{lat,d}$	= 0,29 < 1

4. Gebrauchstauglichkeitsnachweis

4.1 Nachweis der Scheibenverformung

Der Hauptanteil der Scheibenverformung resultiert aus der Verschiebung in den Koppelfugen und der Schubverzerrung im Element.

Berechnen der Steifigkeit der Koppelfuge

$$\text{Rohdichte des Koppelbretts } \rho_{m,1} = \text{TAB}(\text{"LIGNO/Koppelbrett"}; \text{pmean}; \text{Bez=Materialgüte}) = 640,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rohdichte des Elements } \rho_{m,2} = 420 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{mittlere Rohdichte Element } \rho_m = (\rho_{m,1} + \rho_{m,2}) / 2 = 530 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Durchmesser der Klammer } d_{\text{Klammer}} = 1,83 \text{ mm}$$

Berechnen des Verschiebungsmodul der Klammer nach EC 5

$$K_{\text{Ser}} = (\rho_m^{1,5} * (d_{\text{Klammer}}^{0,8}) / 80) * 2 = 494,67 \text{ N/mm}$$

$$K_{\text{Fuge}} = (K_{\text{Ser}} * 1000 / e_{\text{Klammer}} * l_S) / 2 = 14840 \text{ N/mm}$$

Der Verschiebungsmodul K_{Ser} für die Klammer gilt je Stift und kann daher mit dem Faktor 2 multipliziert werden.

Berechnen der Anzahl der Koppelfugen

$$n_{\text{Koppelfugen}} = b_S / b_{\text{Element}} = 13$$

4.1.1 Verformung in Folge Lastfall 1

Verformung infolge der Koppelfugen

$$u_{\text{ges,Fuge,1}} = (b_{k,2} * l_S) * (n_{\text{Koppelfugen}} + 1) / (K_{\text{Fuge}} / 1000) * (l_S / b_S) = 8,5 \text{ mm}$$

Berechnen der Schubverzerrung der Elemente

$$GA_{\text{ef,Scheibe,1}} = GA_{\text{ef}} / b_{\text{Element}} * b_S = 434176 \text{ kN}$$

$$u_{\text{ges,Elemente,1}} = l_S * (1/2 * (a_{k,1} * b_S) * 1,0) / GA_{\text{ef,Scheibe,1}} * 1000 = 0,1 \text{ mm}$$

Berechnen der Gesamtverformung der Scheibe

$$u_{\text{ges,1}} = u_{\text{ges,Fuge,1}} + u_{\text{ges,Elemente,1}} = 8,6 \text{ mm}$$

Berechnen der maximal zulässigen Verformung

$$u_{\text{max,1}} = l_S / 250 * 1000 = 24,0 \text{ mm}$$

Nachweis der Verformungen

$$\eta_{u,1} = u_{\text{ges,1}} / u_{\text{max,1}} = 0,36 < 1$$

4.1.2 Verformung in Folge Lastfall 2

Verformung infolge der Koppelfugen

$$u_{\text{ges,Fuge,2}} = 1/2 * (b_{k,2} * l_S) * (n_{\text{Koppelfugen}} + 1) / (K_{\text{Fuge}} / 1000) = 5,7 \text{ mm}$$

Berechnen der Schubverzerrung der Elemente

$$GA_{\text{ef,Scheibe,2}} = GA_{\text{ef}} / b_{\text{Element}} * l_S = 325632 \text{ kN}$$

$$u_{\text{ges,Elemente,2}} = b_S * 1/2 * 0,5 * (b_{k,2} * l_S) / GA_{\text{ef,Scheibe,2}} * 1000 = 0,1 \text{ mm}$$

Berechnen der Gesamtverformung der Scheibe

$$u_{\text{ges,2}} = u_{\text{ges,Fuge,2}} + u_{\text{ges,Elemente,2}} = 5,8 \text{ mm}$$

Berechnen der maximal zulässigen Verformung

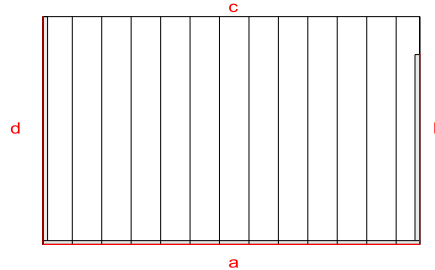
$$u_{\text{max,2}} = b_S / 500 * 1000 = 16,0 \text{ mm}$$

Nachweis der Verformungen

$$\eta_{u,2} = u_{\text{ges,2}} / u_{\text{max,2}} = 0,36 < 1$$

5. Ergebnisse

Auflagerkräfte



$w_{a,k,DS01} =$	$MAX(a_{k,1}; a_{k,2})$	$=$	2,25 kN/m
$w_{b,k,DS01} =$	$MAX(b_{k,1}; b_{k,2})$	$=$	2,00 kN/m
$w_{d,k,DS01} =$	$w_{b,k,DS01}$	$=$	2,00 kN/m

Nachweise:

Element

Nachweis der Querkrafttragfähigkeit

$$\eta_v = 0,11 < 1$$

Nachweis der Momentenragfähigkeit beim Lastfall 1

$$\eta_{M1} = 0,14 < 1$$

Randgurt

Nachweis der Momentenragfähigkeit beim Lastfall 2

$$\eta_{M2} = 0,05 < 1$$

Koppelfuge

Nachweis der Schubtragfähigkeit des Stoßbrettes

$$\eta_{Koppelbrett} = 0,05 < 1$$

Nachweis der Klammern im Stoßbrett

$$\eta_{Klammern} = 0,55 < 1$$

Verbindungsmitel

Nachweis der Verbindungsmitel Scheibe an Randgurt quer zur Elementspanrichtung

$$\eta_{VMquer,1} = 0,28 < 1$$

Nachweis der Verbindungsmitel Scheibe an Randgurt parallel zur Elementspan. Auflager b

$$\eta_{VM,II,b} = 0,29 < 1$$

Nachweis der Verbindungsmitel Scheibe an Randgurt parallel zur Elementspan. Auflager d

$$\eta_{VM,II,d} = 0,29 < 1$$

Scheibenverformung

Nachweis der Verformungen infolge Lastfall 1

$$\eta_{u,1} = 0,36 < 1$$

Nachweis der Verformungen infolge Lastfall 2

$$\eta_{u,2} = 0,36 < 1$$