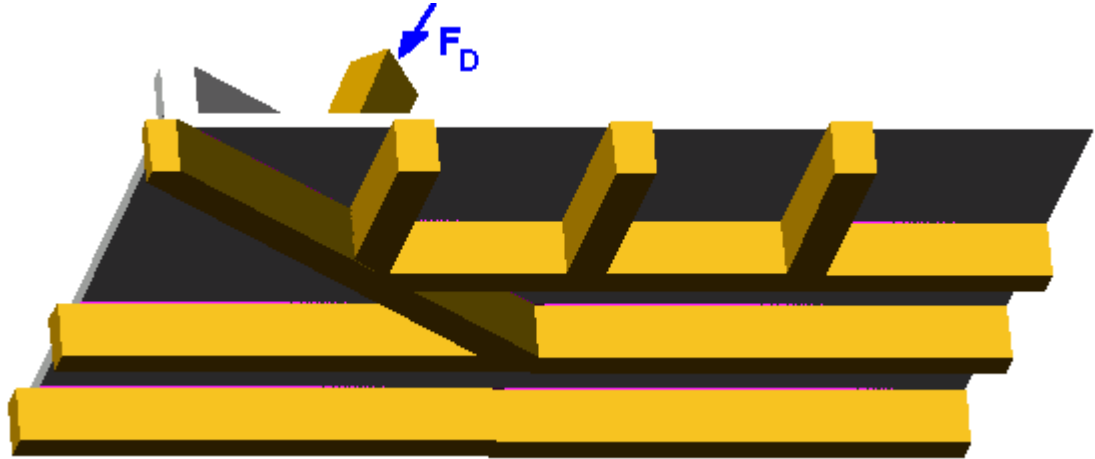




Hauner'sche Kinderklinik München TCC Ecksituation

FEM Berechnung mit MEANS V7 und CAD/STL-Schnittstelle mit AutoCAD 2004 (www.femcad.de)

Modell



Die Verbinder werden durch eine entsprechende Verbundschicht simuliert. Die technischen Daten für die Eingabe ins FE Modell werden wie folgt berechnet:

- C_{ac} Verschiebungsmodul Befestiger
- V Schublast
- ν Querkontraktion
- b_a, h_a Breite, Höhe Querschnitt elast. Mat.
- a_{scc} Schraubenabstand

$$\text{Formel: } C_{ac} = \frac{V}{w} = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} \cdot \frac{b_a \cdot h_a}{a_{scc}}$$

$$C_{ac} := 12500 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad E := 1700 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$b_a := 150 \cdot \text{mm} \quad h_a := 10 \cdot \text{mm} \quad a_{scc} := 80 \cdot \text{mm}$$

$$\nu := \frac{E}{2 \cdot C_{ac}} \cdot \frac{b_a \cdot h_a}{a_{scc}} - 1 \quad \nu = 0.28$$

Eigenlast TCC Decke $p_e := 1.765 \cdot \text{kPa}$

Auflast $p_a := 2.60 \cdot \text{kPa}$

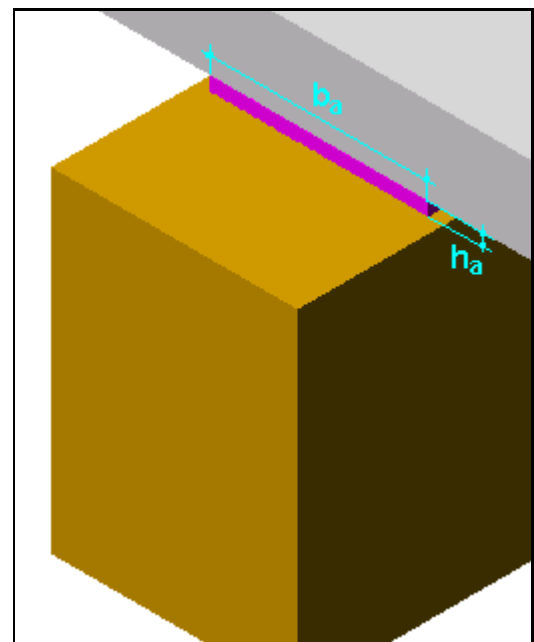
Nutzlast Decke $p_n := 3.5 \cdot \text{kPa}$

Totale Last $\Sigma p := p_e + p_a + p_n$

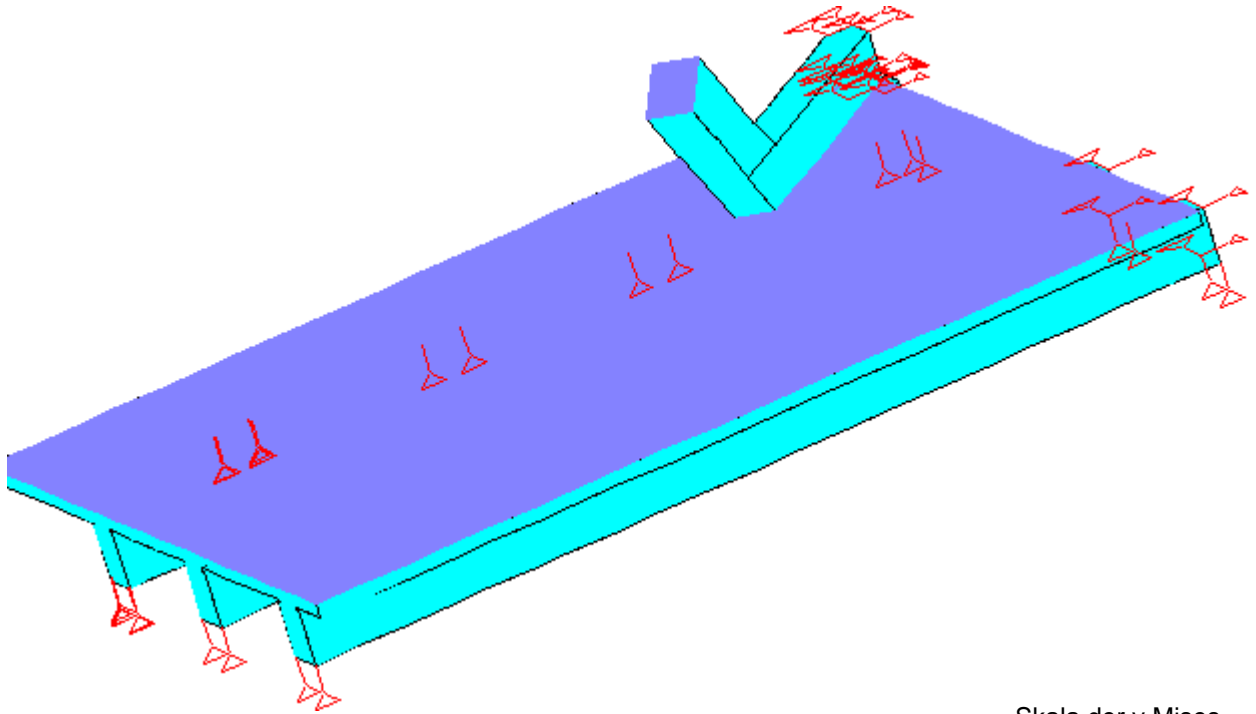
$$\Sigma p = 0.0079 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_D := 45 \cdot \text{kN} \quad A_D := 190 \cdot 230 \cdot \text{mm}^2 \quad p_D := \frac{F_D}{A_D}$$

$$p_D = 1.03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



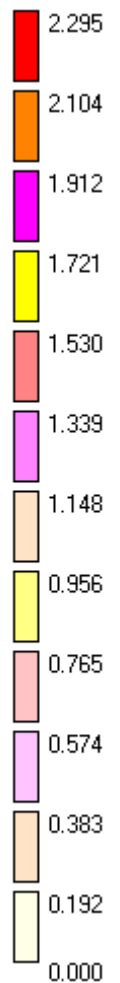
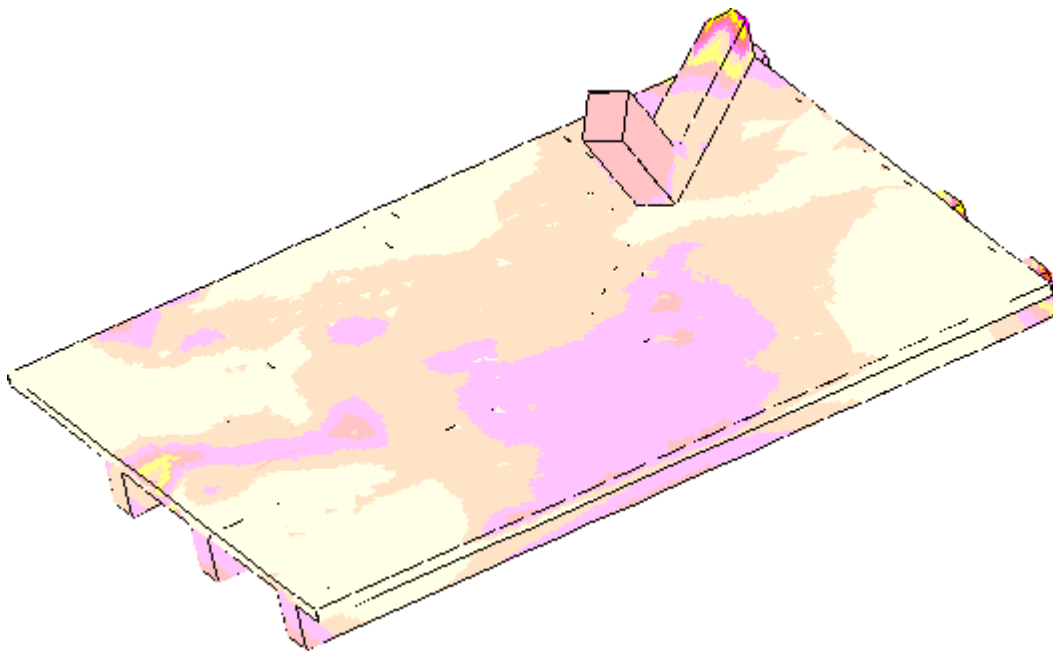
Belastung und Auflager



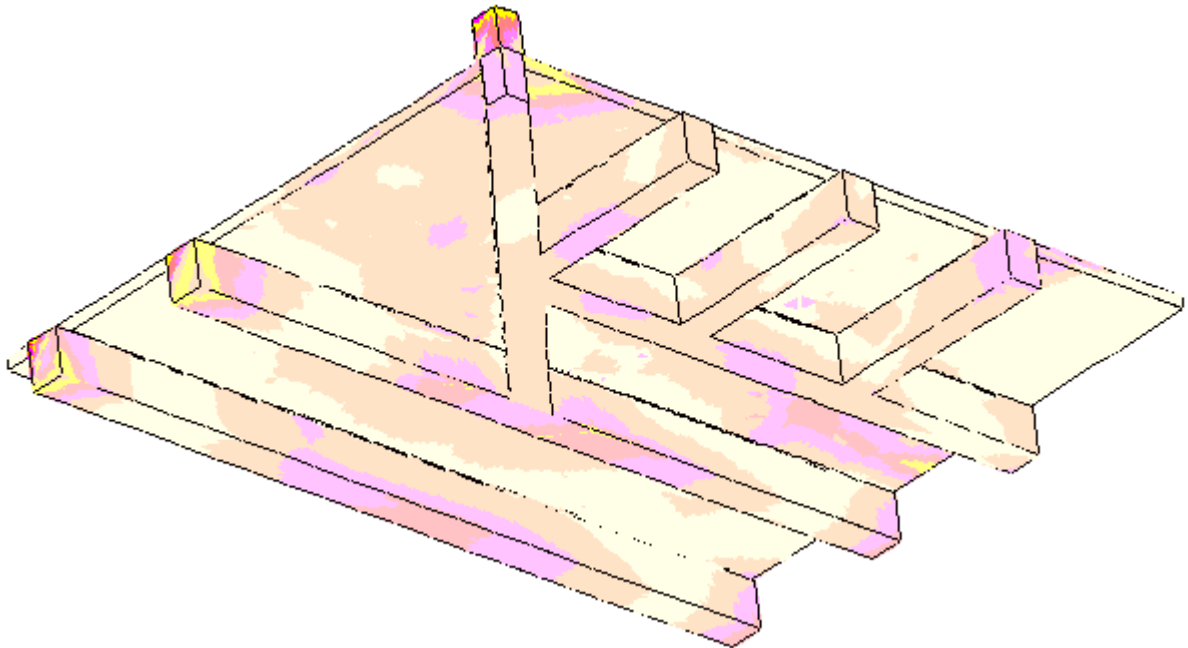
Resultate:

Betonspannung oben

Skala der v.Mises
Vergleichsspannung
in MPa (N/mm²)



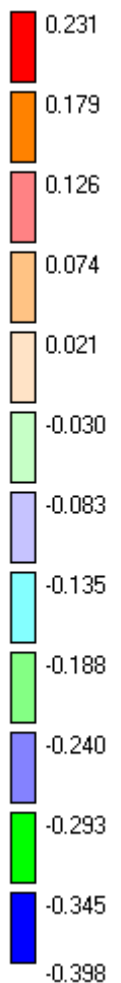
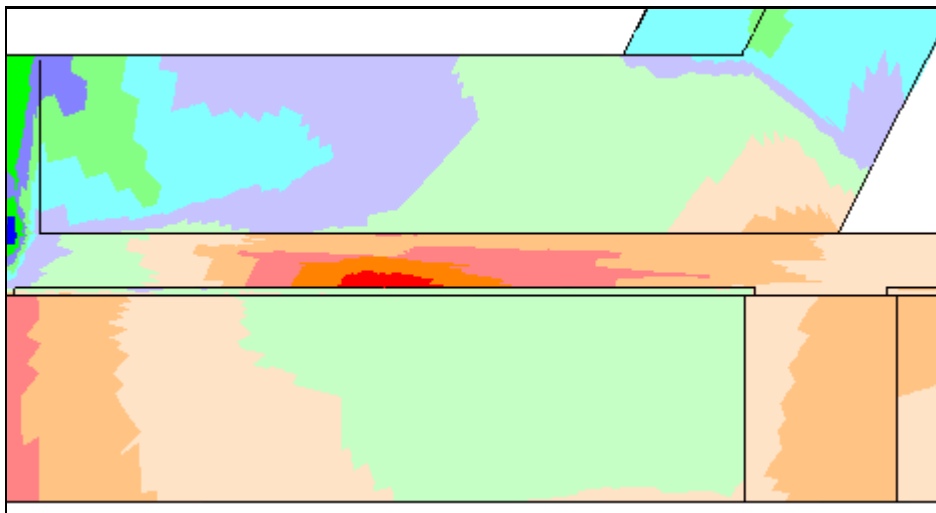
Holzspannung unten und Auflagerspannungen



Schubspannungen in Verbundschicht:

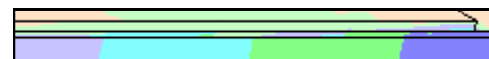
Träger unter 45° und 1. Träger von Seitenaufleger aus gesehen

Skala für Schubspannungen:



2. Träger rechts von Anschluss 45° Träger

2. Träger Auflagerzone



2. Träger links von Anschluss 45° Träger



Anmerkung: Die 2. Schicht von unten ist die Verbundschicht (für alle 3 Bilder).

Auswertung der Resultate (s.a. Bilder oben)

$$\tau := \begin{pmatrix} 0.074 \\ 0.240 \\ 0.126 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$V_{sc} := \tau \cdot a_{scc} \cdot b_a$$

$$V_{sc} = \begin{pmatrix} 0.89 \\ 2.88 \\ 1.51 \end{pmatrix} \text{ kN}$$

Beurteilung: Holz- und Betonspannungen sind an keinem Ort über den zulässigen Spannungen (ganze Berechnung ohne Lastfaktoren - SLS). Mit einem Abstand der Befestiger von 80 mm sind die Schublasten in den TCC Verbundelementen an keinem Ort über den zulässigen Lasten nach DIBt Zulassung Z-9.1-603

Verbindung der Holzbalken: Die FE Berechnung erfolgte unter der Annahme, dass die Holzbalken an den Anschlüssen miteinander verbunden sind. Diese Verbindung kann durch X förmig angeordnete zugelassene Vollgewindeschrauben sichergestellt werden. Die untenstehende Berechnung erfolgt nach Eurocode 5.

Anschluss Nebenträger

Daten Holzträger, Anschlusslast (ULS)

Anschlusslast: $F_{sn} := 12 \cdot \text{kN}$

$\gamma_s := 1.3$

Hauptträger: $b_{th} := 120 \cdot \text{mm}$ $h_{th} := 260 \cdot \text{mm}$ $\rho_{th} := 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Nebenträger: $b_{tn} := 120 \cdot \text{mm}$ $h_{tn} := 260 \cdot \text{mm}$ $\rho_{tn} := 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Festigkeitsklassen	Nadelholz						Buche Eiche
	C20	C24	C27	C35	C45	D30	
– Rohdichte ρ_k kg/m ³	330	350	370	400	440	530	

Festigkeitsklassen	normales BSH				hochwertiges BSH ⁵⁾	
	GL24k	GL24h	GL28k	GL28h	GL36k	GL36h
Rohdichte ρ_k kg/m ³	350	380	380	410	430	450

Geometrie und Güte Schrauben:

Gewindedurchmesser: $\phi_g := 8.0 \cdot \text{mm}$ $\alpha := 45^\circ$

Bruchfestigkeit bezüglich ϕ_g
(Eurotec Grösse) $\sigma_{ag} := 300 \cdot \text{MPa}$

Berechnungen: $d_t := 10 \cdot \text{mm}$

$\delta =$ Multiplikator für
Rand/Paarabstand $\delta := \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix}$

Verankerungsfaktor Gewinde:

$$f_{vk} := \frac{0.0012 \cdot \left(\min(\rho_{th}, \rho_{tn}) \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)^{1.5} \cdot \left(\frac{\phi_g}{\text{mm}} \right)^{-0.2}}{\sin(\alpha)^2 + \frac{4}{3} \cdot \cos(\alpha)^2} \cdot \text{MPa}$$

maximale Verankerungs-
länge um Schrauben-
Bruchlast aufzunehmen:

$$l_{gu} := \frac{\sigma_{ag} \cdot \phi_g}{4 \cdot f_{vk}}$$

$$f_{vk} \cdot \pi = 13.96 \text{ MPa}$$

$$l_{gu} = 135 \text{ mm}$$

minimale Veranke-
rungslänge:

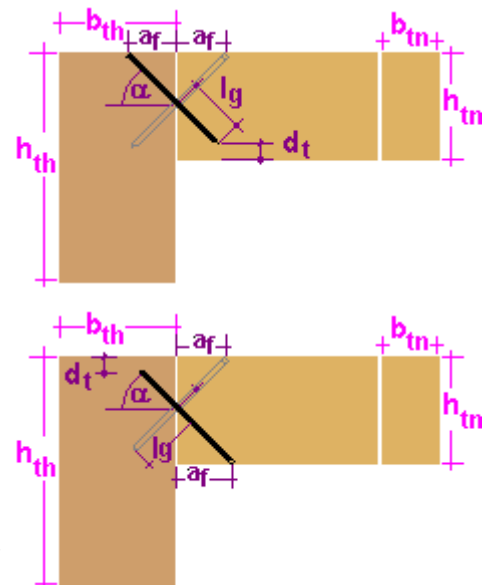
$$l_{gmin} := \frac{F_{sn}}{\sin(\alpha) \cdot f_{vk} \cdot \pi \cdot \phi_g}$$

$$l_{gmin} = 152 \text{ mm}$$

maximal mögliche Veranke-
rungslänge infolge Geometrie:

$$l_{gmax} := \min \left(\frac{\frac{h_{tn}}{2} - d_t}{\cos(\alpha)}, \frac{b_{th} - \delta \cdot \phi_g}{\sin(\alpha)} \right)$$

$$l_{gmax} = 124 \text{ mm}$$



maximale Anzahl:

Einzelschrauben

$$n_{se} := \text{trunc} \left(\frac{b_{tn}}{\delta_1 \cdot \phi_g} - 1 \right)$$

$$n_{se} = 2$$

Schraubenpaare

$$n_{sp} := \text{trunc} \left[\frac{b_{tn} - \delta_1 \cdot \phi_g}{(\delta_1 + \delta_2) \cdot \phi_g} \right]$$

$$n_{sp} = 1$$

Gewindelänge

**Maximal mögliche
Anschlusslast ULS:**
Einzelschrauben

$$l_g := \text{trunc} \left(\frac{\min(l_{gu}, l_{gmax})}{10 \cdot \text{mm}} \right) \cdot 10 \cdot \text{mm}$$

$$l_g = 120 \text{ mm}$$

$$F_{sne} := l_g \cdot n_{se} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_{vk} \cdot \pi \cdot \frac{\phi_g}{\gamma_s}$$

$$F_{sne} = 14.6 \text{ kN}$$

Schraubenpaare

$$F_{snp} := l_g \cdot 2n_{sp} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_{vk} \cdot \pi \cdot \frac{\phi_g}{\gamma_s}$$

$$F_{snp} = 14.6 \text{ kN}$$

Minimale Schraubenlänge:

$$l_{smin} := \left(\text{trunc} \left(\frac{r_{ty}}{\cos(\alpha) \cdot 10 \cdot \text{mm}} \right) + 1 \right) \cdot 20 \cdot \text{mm}$$

Länge der Schraube(n)

$$l_s := \max(2 \cdot l_g, l_{smin})$$

$$l_s = 240 \text{ mm}$$

Position der Schrauben

$$a_f := \max(l_g \cdot \cos(\alpha), \delta_1 \cdot \phi_g)$$

$$a_f = 85 \text{ mm}$$