

Vortrag im Rahmen des
16. Internationalen Holzbau Forums 10

Nachweisführung für SHERPA-Verbindungen auf Basis des SHERPA-Handbuchs

der Firma



Vinzenz Harrer GmbH, Frohnleiten / AT

G. FLATSCHER
Inst. f. Holzbau und Holztechnologie
der TU Graz, Graz / AT



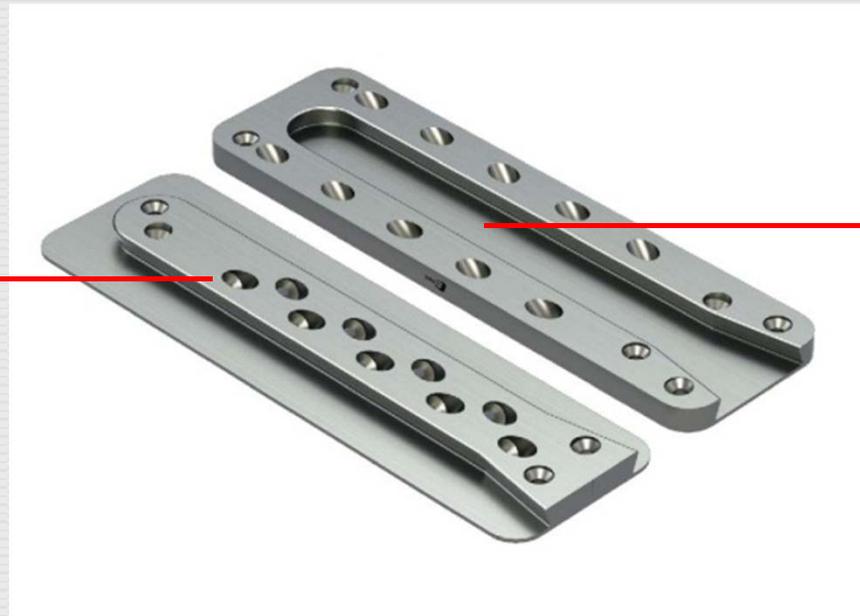
- SHERPA – Ein Überblick
- mechanisches Modell
- baustatische Modellbildung
- Anwendungsbeispiele
- Berechnungsbeispiele



Prinzip der SHERPA-Verbindung

- Steckverbindung
- Nut und Feder mit „Schwalbenschwanzverzahnung“
- Montage am Holz mit Vollgewindeschrauben

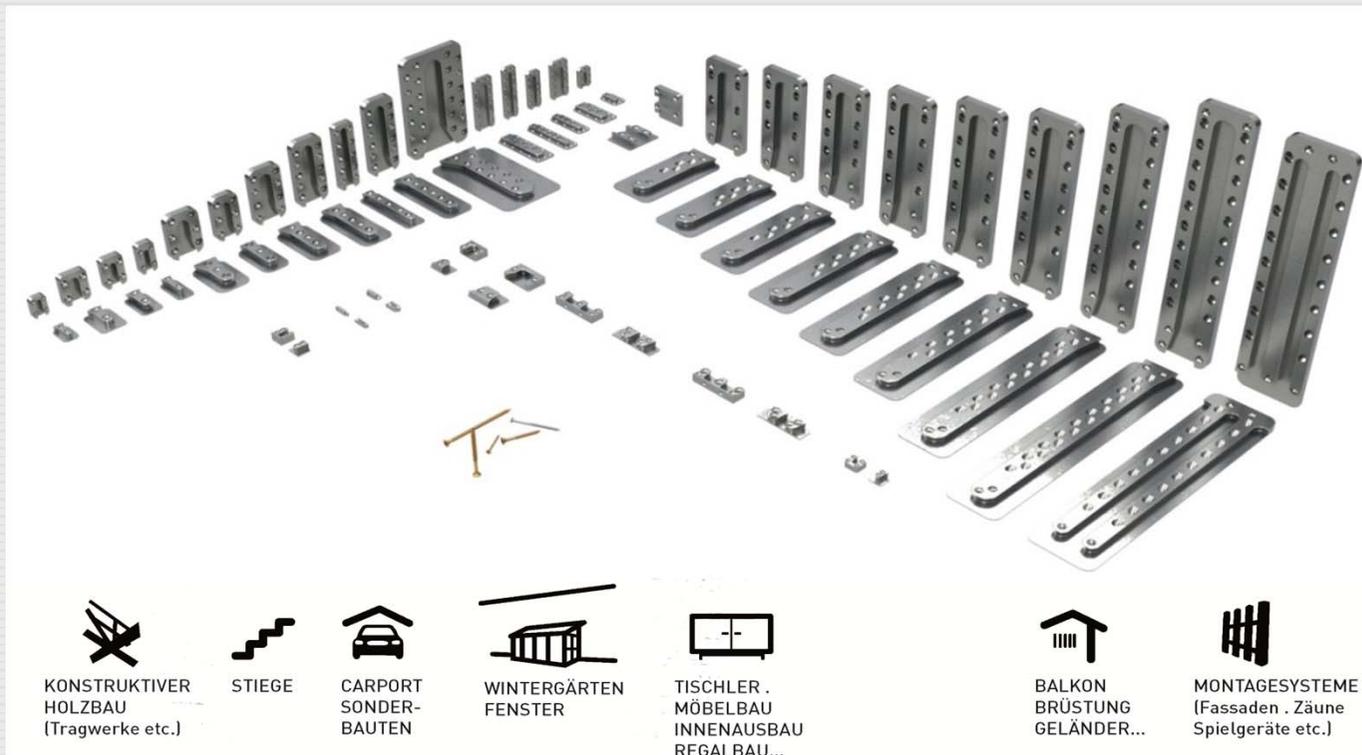
Feder (HT)



Nut (NT)

SHERPA-Produktfamilie

- SHERPA Holzbau-Serie
- SHERPA S-Serie
- SHERPA XL/DXL Serie



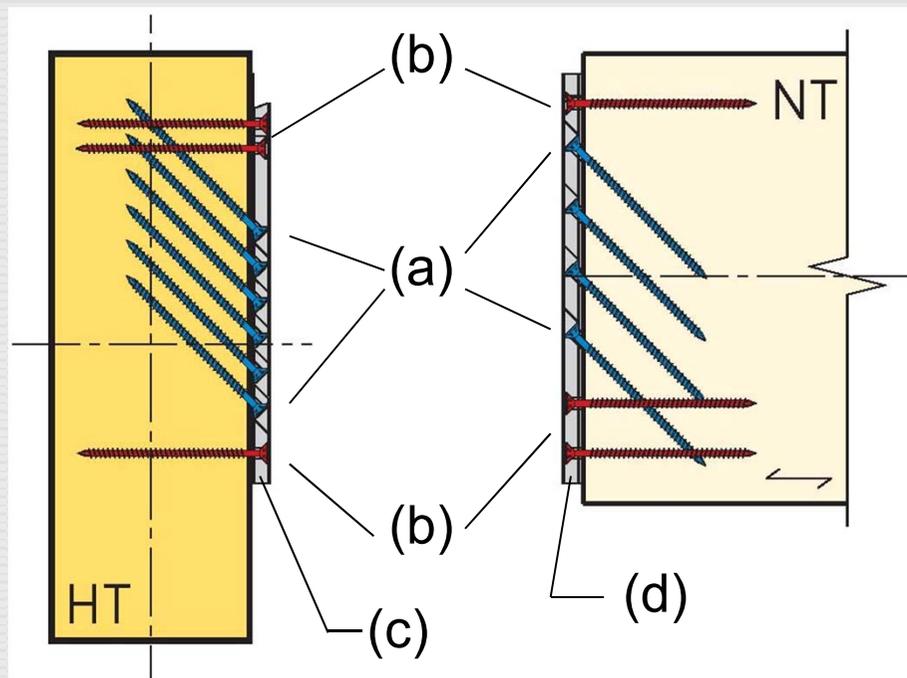
Das SHERPA-Handbuch



- Kenndaten der SHERPA-Verbinder
- mechanisches Modell
- baustatische Modellbildung
- Anwendungsbeispiele
- Berechnungsbeispiele
- Sicherheitskonzept

Definitionen

Die Überlegungen zum mechanischen Modell basieren auf der gutachterlichen Stellungnahme von Prof. H.-J. Blaß / KIT



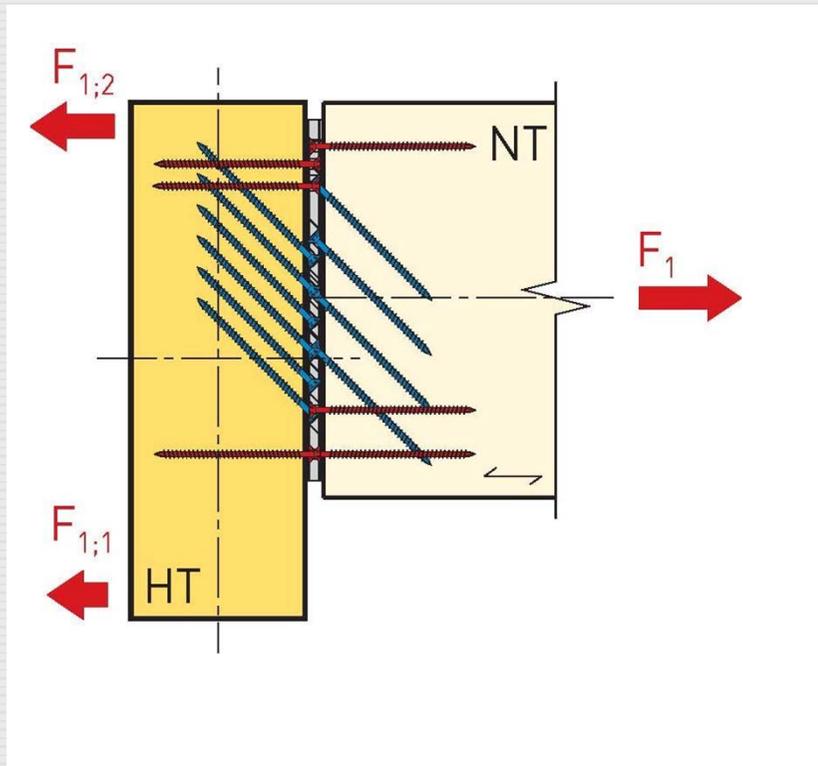
(a) Schrägschrauben

(b) Momentenschrauben

(c) Hauptträgeranschluss

(d) Nebenträgeranschluss

Beanspruchung in NT-Längsachse



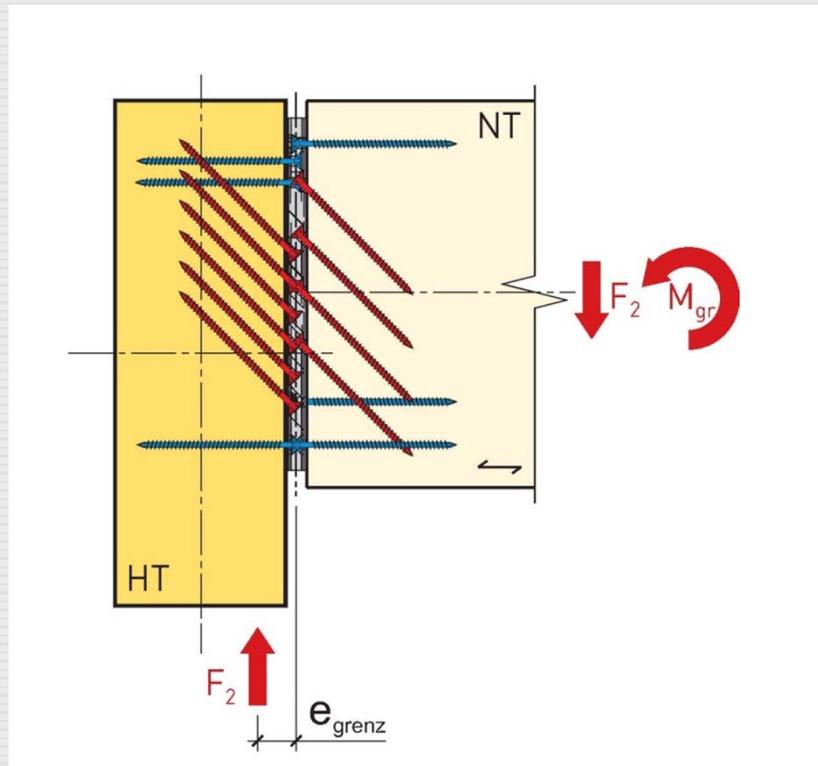
- für $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$

$$R_{1,k} = 62,3 \text{ [kN]}$$

- für $\rho_k \neq 380 \text{ kg/m}^3$

$$R_{1,k} = \left(\frac{\rho_k}{380} \right) \cdot 62,3 \text{ [kN]}$$

Beanspruchung in Einschubrichtung



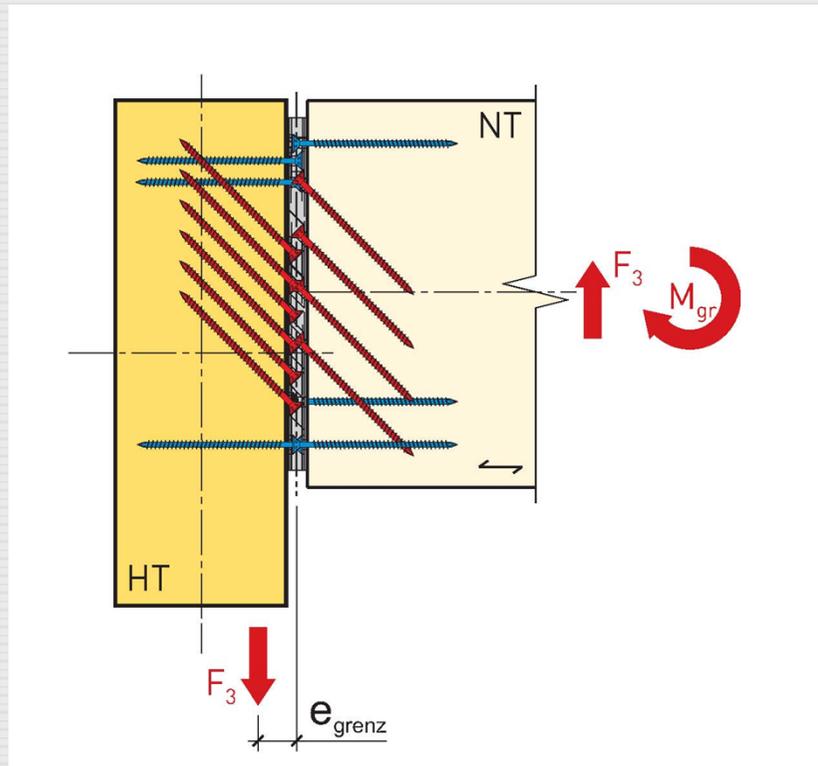
- HT gegen Verdrehen ausreichend gesichert und $e \leq e_{\text{grenz}}$

$$R_{2,k} = \frac{1,25 \cdot n_s \cdot R_{ax,k}}{\sqrt{2}} \text{ [kN]}$$

- HT gegen Verdrehen nicht ausreichend gesichert und/oder $e > e_{\text{grenz}}$

$$R'_{2,k} = \frac{R_{2,k}}{\left[1 + \left(\frac{(e - e_{\text{grenz}})}{e_2} \right)^3 \right]^{1/3}} \text{ [kN]}$$

Beanspruchung gegen die Einschubrichtung



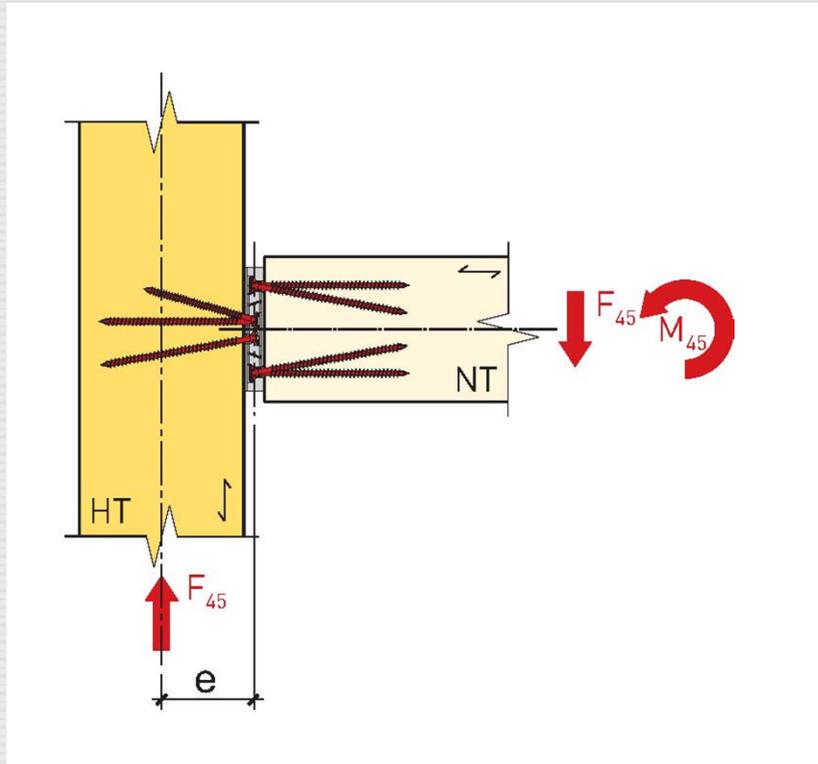
- HT gegen Verdrehen ausreichend gesichert und $e \leq e_{\text{grenz}}$

$$R_{3,k} = 0,1 \cdot R_{2,k} \text{ [kN]}$$

- HT gegen Verdrehen nicht ausreichend gesichert und/oder $e > e_{\text{grenz}}$

$$R'_{3,k} = 0,1 \cdot R'_{2,k} \text{ [kN]}$$

Beanspruchung quer zur Einschubrichtung



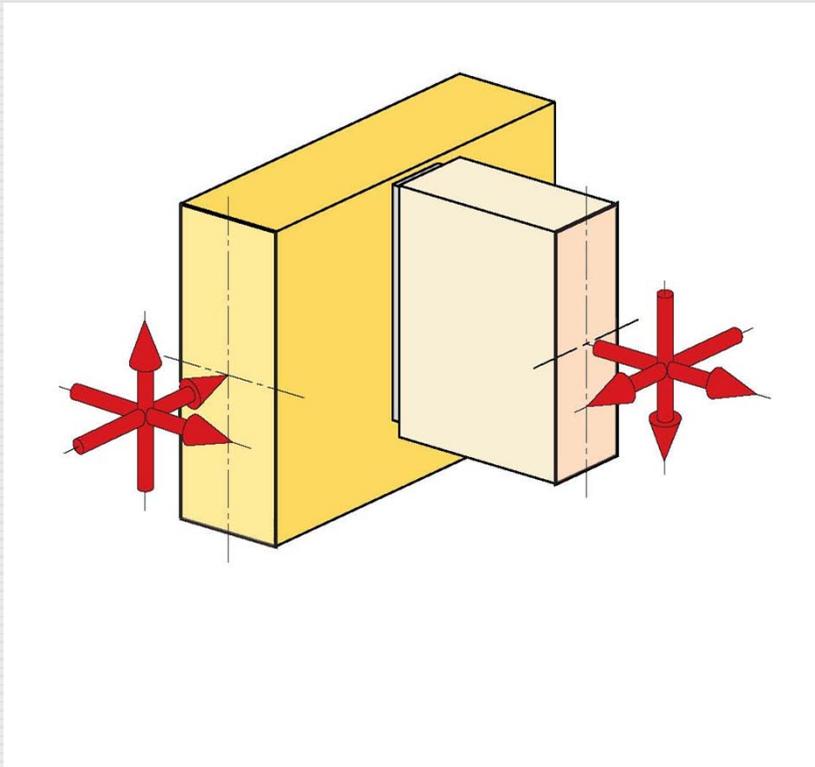
- HT verdrehsteif

$$R_{45,k} = (n_s + n_M) \cdot R_{la,k} \text{ [kN]}$$

- HT verdrehweich

$$R'_{45,k} = \frac{R_{45,k}}{\left[1 + \left(\frac{e}{e_{45}} \right)^3 \right]^{1/3}} \text{ [kN]}$$

Kombinierte Beanspruchung



- Summe der Quadrate der Ausnutzungsgrade < 1!

$$\left(\frac{F_{1,d}}{R_{1,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{2/3,d}}{R'_{2/3,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{45,d}}{R'_{45,d}}\right)^2 \leq 1$$

Verschiebungsmoduln

- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

$$K_{2,ser} = \frac{R_{2,k}}{3 \text{ mm}} \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}} \right] \quad K_{2,\varphi,ser} = \frac{100 \cdot R_{2,k} \cdot e_2}{\text{rad}} \left[\frac{\text{kNm}}{\text{rad}} \right] \quad K_{45,ser} = \frac{R_{45,k}}{5 \text{ mm}} \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}} \right]$$

- Grenzzustand der Tragfähigkeit

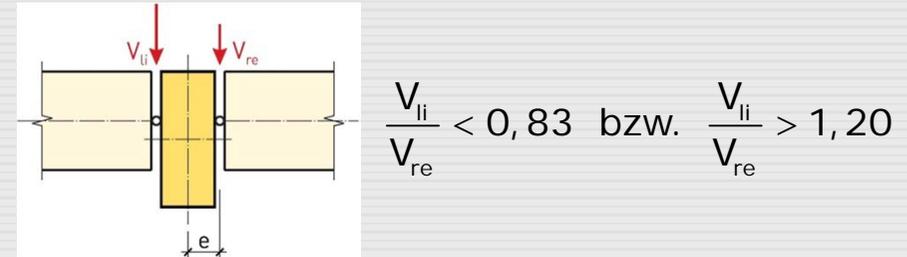
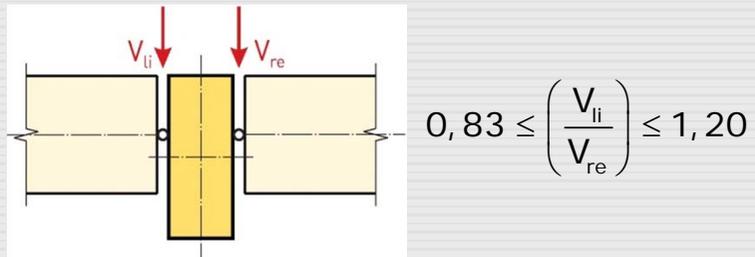
$$K_{2,u} = \frac{2}{3} \cdot K_{2,ser} \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}} \right] \quad K_{2,\varphi,u} = \frac{2}{3} \cdot K_{2,\varphi,ser} \left[\frac{\text{kNm}}{\text{rad}} \right] \quad K_{45,u} = \frac{2}{3} \cdot K_{45,ser} \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}} \right]$$

Zu betrachtende Teilbereiche

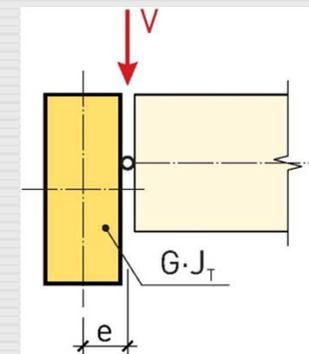
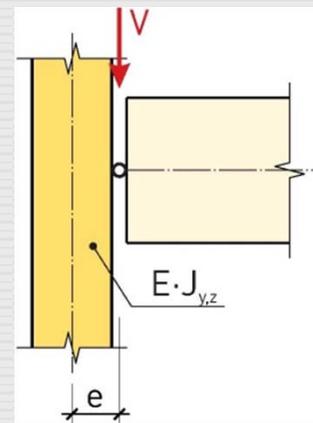
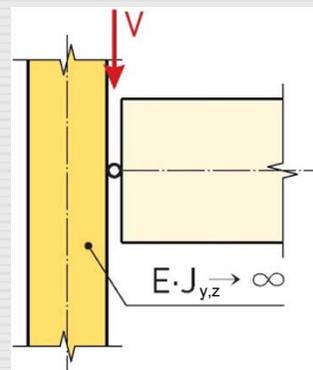
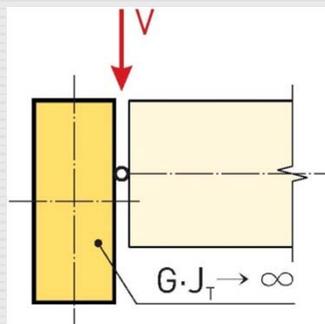
- **Anschlusssituation**
 - einseitig / zweiseitig
 - verdrehweich / verdrehsteif
- **Lagerung**
 - gelenkig / starr / nachgiebig
- **Querzug**
 - $a/h > 0,7$
 - $0,2 \leq a/h \leq 0,7$
 - $a/h < 0,2$
- **Torsion**

Anschlussituation

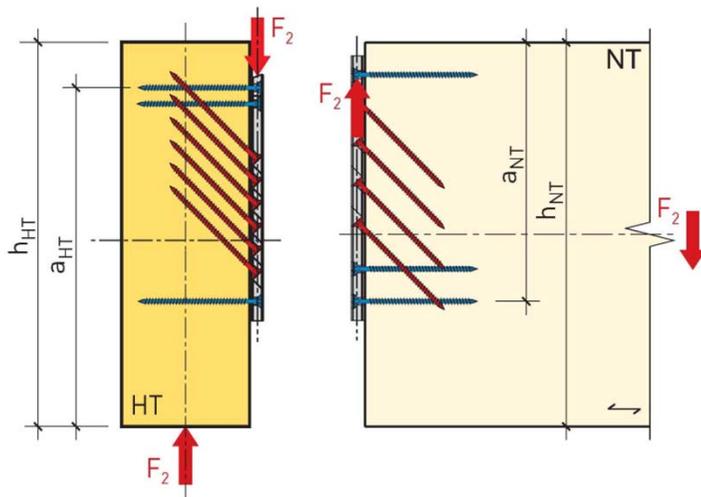
- beidseitiger Anschluss



- einseitiger Anschluss

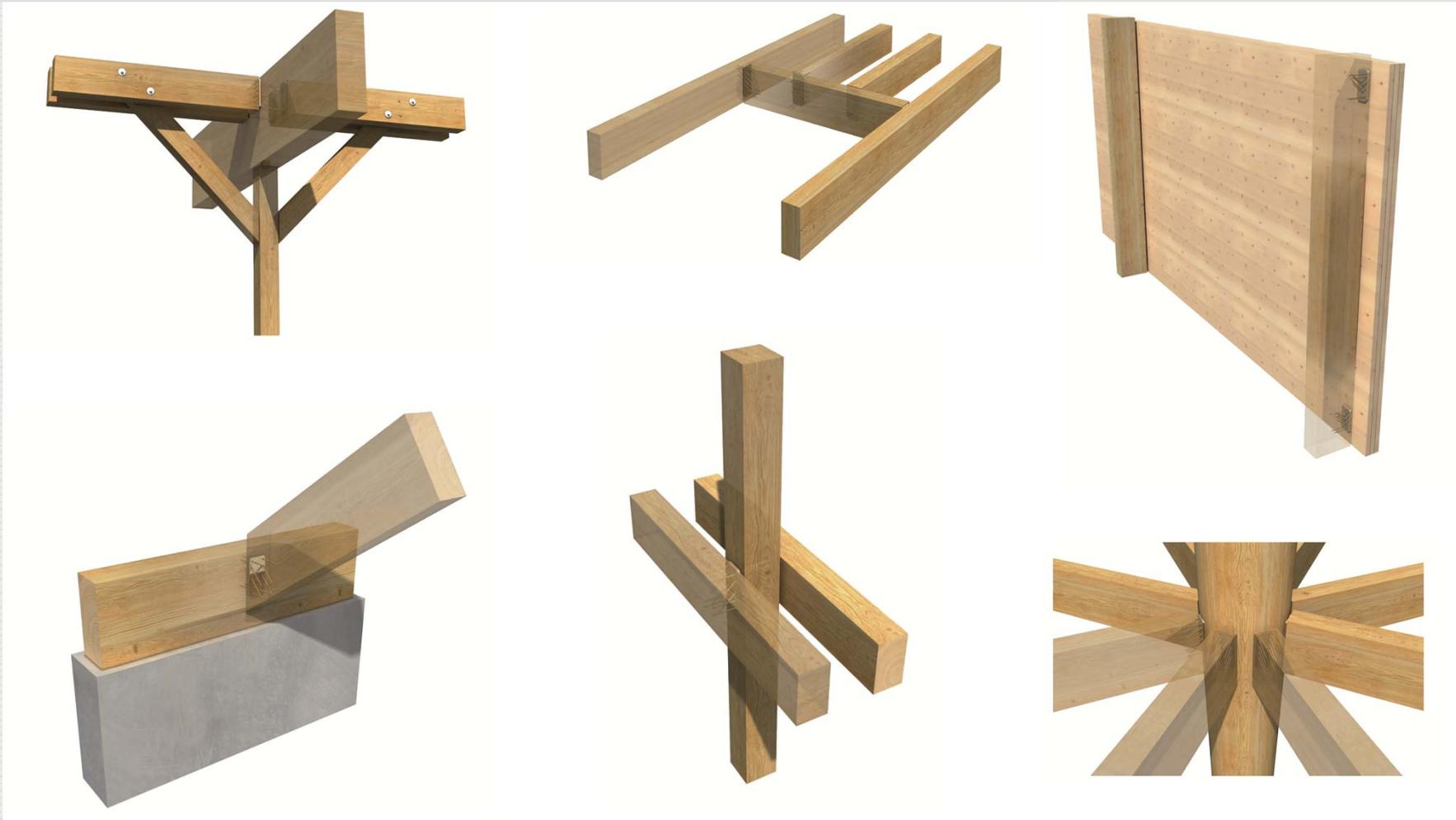


Querzug

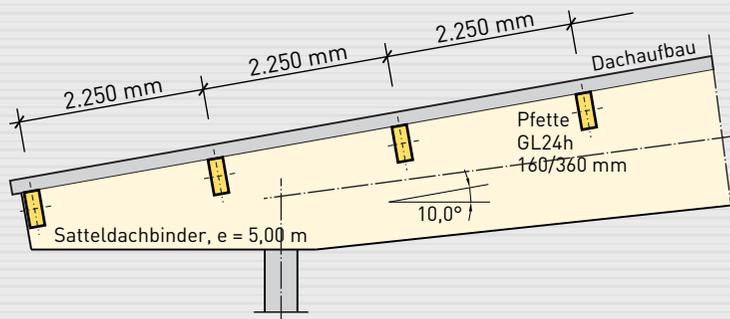


- HT und NT sind gesondert zu betrachten!
- sobald $a/h < 0,7$ ist ein Nachweis erforderlich
- für übliche Geometrien nicht maßgebend

Anwendungsfälle



Kombinierte Beanspruchung



Eingangsparameter

- BSH GL24h
- $k_{\text{mod}} = 0,9$
- NT b/h = 160/360 mm

- Satteldachbinder
- eingehängte Pfetten
- Neigungswinkel $10,0^\circ$
- SHERPA XL-55
- ohne Brandschutzanforderungen
- HT ausreichend gegen Verdrehen gesichert
- Belastung aus Eigengewicht, Schnee- und Windlasten

Berechnungsparameter

maßgebende Schnittkräfte

$$M_{2,d;I} = 36,3 \text{ kNm}$$

$$M_{2,d;III} = 45,0 \text{ kNm}$$

$$V_{2,d;I} = 29,0 \text{ kN}$$

$$V_{2,d;III} = 36,0 \text{ kN}$$

$$M_{45,d;I} = 6,41 \text{ kNm}$$

$$M_{45,d;III} = 5,88 \text{ kNm}$$

$$V_{45,d;I} = 5,13 \text{ kN}$$

$$V_{45,d;III} = 4,70 \text{ kN}$$

Querschnittswerte

$$A_n = b \cdot h = 160 \cdot 360 = 5,76 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

$$W_{n,y} = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{160 \cdot 360^2}{6} = 3,46 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{n,z} = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{160^2 \cdot 360}{6} = 1,54 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Maßgebende Querschnittsnachweise

für die Einwirkungskombination I

Nachweis der Momentenbeanspruchung

$$\frac{M_{2,d;I}}{W_{n,y}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{M_{45,d;I}}{W_{n,z}} = \frac{36,3}{16,62} + 0,7 \cdot \frac{6,41}{16,62} = 0,63 + 0,7 \cdot 0,25 = 0,81 < 1,0$$

Nachweis der Querkraftbeanspruchung

$$\left(\frac{1,5 \cdot \frac{V_{2,d;I}}{A_n}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{1,5 \cdot \frac{V_{45,d;I}}{A_n}}{f_{v,d}} \right)^2 = \left(\frac{1,5 \cdot \frac{29,0}{57,6}}{1,73} \right)^2 + \left(\frac{1,5 \cdot \frac{5,13}{57,6}}{1,73} \right)^2 = 0,19 + 0,006 = 0,20 < 1,0$$

Maßgebende Querschnittsnachweise

für die Einwirkungskombination III

Nachweis der Momentenbeanspruchung

$$\frac{M_{2,d;III}}{W_{n,y}} + k_{red} \cdot \frac{M_{45,d;III}}{W_{n,z}} = \frac{45,0}{16,62} + 0,7 \cdot \frac{5,88}{16,62} = 0,78 + 0,7 \cdot 0,23 = 0,94 < 1,0$$

Nachweis der Querkraftbeanspruchung

$$\left(\frac{1,5 \cdot \frac{V_{2,d;III}}{A_n}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{1,5 \cdot \frac{V_{45,d;III}}{A_n}}{f_{v,d}} \right)^2 = \left(\frac{1,5 \cdot \frac{36,0}{57,6}}{1,73} \right)^2 + \left(\frac{1,5 \cdot \frac{4,70}{57,6}}{1,73} \right)^2 = 0,29 + 0,005 = 0,30 < 1,0$$

Nachweisführung für die SHERPA-Verbindung

charakteristische Werte $R_{2,k}$ und $R_{45,k}$

$$R'_{2,k} = R_{2,k} = 55,1 \text{ kN}$$

$$R'_{45,k} = R_{45,k} = 29,2 \text{ kN}$$

Bemessungswerte $R_{2,d}$ und $R_{45,d}$

$$R'_{2,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R'_{2,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 55,1}{1,3} = 38,1 \text{ kN}$$

$$R'_{45,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R'_{45,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 29,2}{1,3} = 20,2 \text{ kN}$$

Nachweisführung für die SHERPA-Verbindung

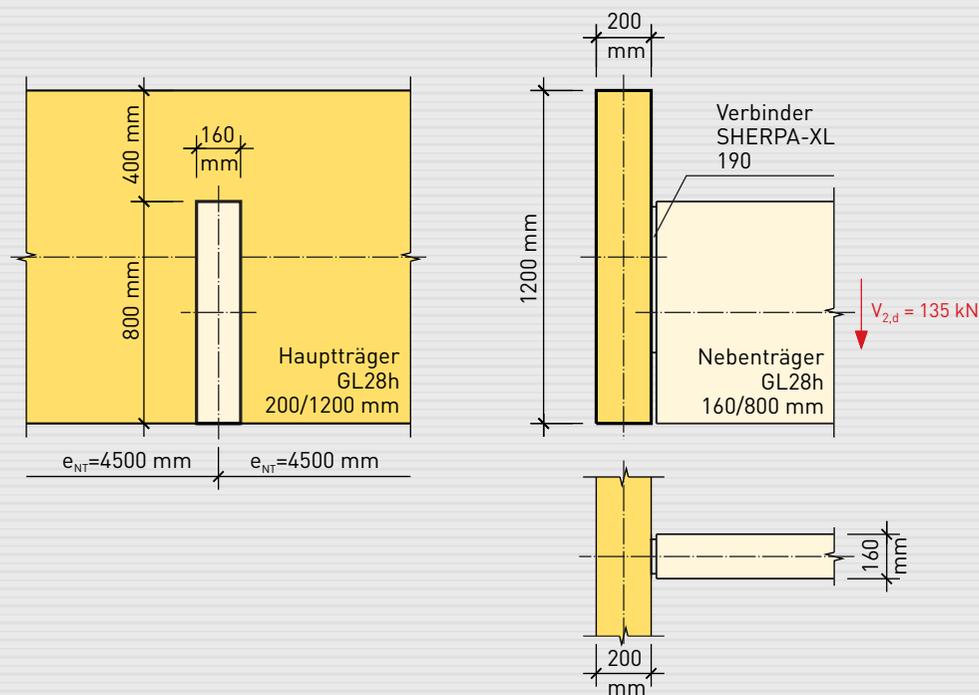
Nachweis für die Einwirkungskombination I

$$\left(\frac{F_{2,d;I}}{R'_{2,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{45,d;I}}{R'_{45,d}}\right)^2 = \left(\frac{29,0}{38,1}\right)^2 + \left(\frac{5,13}{20,2}\right)^2 = 0,58 + 0,06 = 0,64 < 1,0$$

Nachweis für die Einwirkungskombination III

$$\left(\frac{F_{2,d;III}}{R'_{2,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{45,d;III}}{R'_{45,d}}\right)^2 = \left(\frac{36,0}{38,1}\right)^2 + \left(\frac{4,70}{20,2}\right)^2 = 0,89 + 0,05 = 0,94 < 1,0$$

Querzug



Eingangsparameter

- BSH GL28h
- $k_{\text{mod}} = 0,9$
- NT $b/h = 160/360$ mm
- HT $b/h = 200/1200$ mm

- unten bündig eingehängter Nebenträger
- SHERPA XL-190
- ohne Brandschutzanforderungen
- HT ausreichend gegen Verdrehen gesichert
- einwirkende Last $V_{2,d} = 135$ kN

Nachweisführung für die SHERPA-Verbindung

charakteristischer Wert $R_{2,k}$

$$R'_{2,k} = R_{2,k} = 208 \text{ kN}$$

Bemessungswert $R_{2,d}$

$$R'_{2,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R'_{2,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 208}{1,3} = 144 \text{ kN}$$

Nachweis

$$\frac{V_{2,d}}{R'_{2,d}} = \frac{135}{144} = 0,94 < 1,0$$

Querzugnachweis

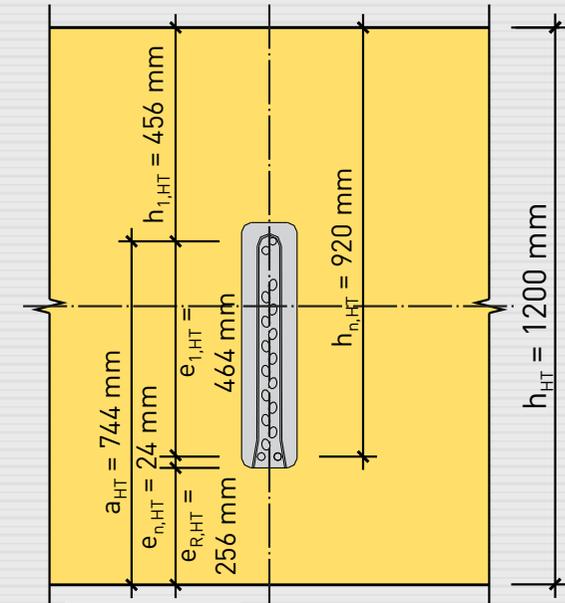
Kontrolle des a/h Verhältnisses

$$\frac{a_{HT}}{h_{HT}} = \frac{744}{1200} = 0,620 < 0,7 \rightarrow \text{Nachweis erforderlich!}$$

Nachweis der Querzugtragfähigkeit nach DIN 1052:2008

Für $0,2 \leq \frac{a}{h} \leq 0,7$ ist der Nachweis zu erbringen, dass
eingehalten ist.

$$R_{t,90,d} = k_{HT} \cdot k_s \cdot k_r \cdot \left[6,5 + 18 \cdot \left(\frac{a}{h} \right)^2 \right] \cdot (t_{ef} \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,d}$$



$$\frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} \leq 1$$

Querzugnachweis

beteiligte Faktoren

$k_{HT} = 1,0$ für den Querzugnachweis des Hauptträgers

$$k_{s,HT} = \max \left\{ 0,7 + \frac{1 \cdot 1,4 \cdot a_{r,HT}}{h_{HT}} \right\} = \max \left\{ 0,7 + \frac{1 \cdot 1,4 \cdot 15}{1200} \right\} = \max \left\{ 0,718 \right\} = 1$$

$$k_{r,HT} \approx \frac{h_{n,HT}}{h_{1,HT}} = \frac{920}{456} = 2,02$$

Querzugnachweis

Zugtragfähigkeit ohne Verstärkungsmaßnahmen

$$R_{t,90,d} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,02 \cdot \left[6,5 + 18 \cdot \left(\frac{744}{1200} \right)^2 \right] \cdot (100 \cdot 1200)^{0,8} \cdot 0,35 = 109772 \text{ N} \approx 110 \text{ kN}$$

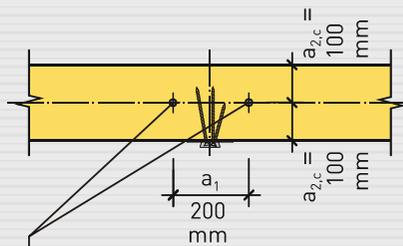
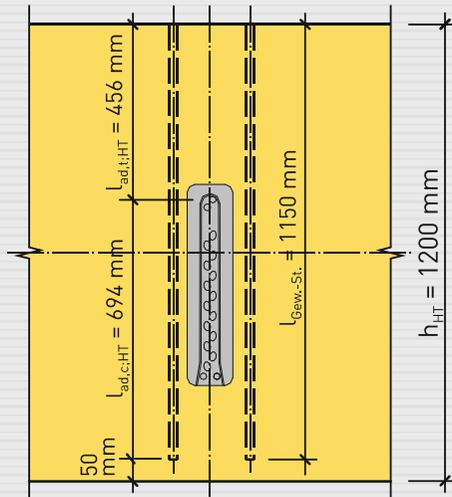
Kontrolle des Nebenträgerabstands

$$\bar{e} = e_{NT} - b_{SH} = 4500 - 120 = 4380 \text{ mm} > 2 \cdot h_{HT} = 2 \cdot 1200 = 2400 \text{ mm}$$

Nachweis

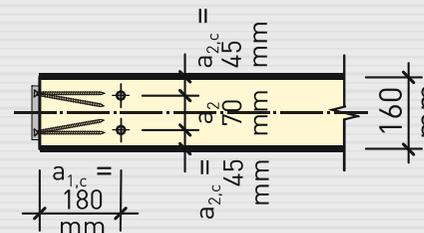
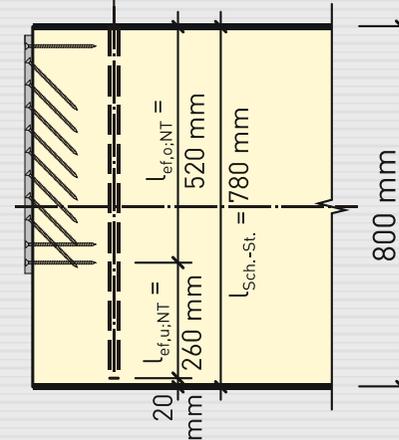
$$\frac{F_{90,d}}{R_{90,d;HT}} = \frac{135}{110} = 1,23 > 1,0 \quad \rightarrow \text{Verstärkung erforderlich!}$$

Verstärkungen

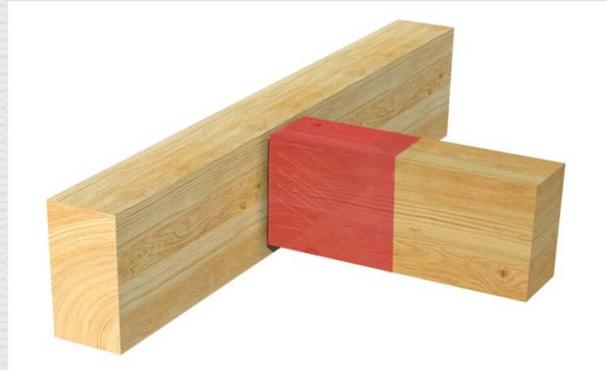


2 x eingeklebte
Gewindestangen $\varnothing 12$ mm,
Stahlgüte 8.8, $l_q = 1150$ mm

2 x Schraubstangen
 $\varnothing 16$ mm,
 $f_u = 800$ N/mm²,
 $l_g = 780$ mm



- Anschlusslösungen für Stahl- und Stahlbetonelemente
- Brandbeständigkeitsprüfungen
- Optimierung der SHERPA „Alt“



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !**

holz.bau forschungs gmbh



**Das Kompetenzzentrum
für Holzbau und Holztechnologie
im Bautechnikzentrum
der Technischen Universität Graz**