

Vergleichsrechnungen für Nagelplattenkonstruktionen

T 2786

T 2786

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

1998, ISBN 3-8167-5412-0

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>



BERGISCHE UNIVERSITÄT GESAMTHOCHSCHULE WUPPERTAL
LEHR- UND FORSCHUNGSGEBIET INGENIEURHOLZBAU
PROF. DR.-ING. H. BRÜNINGHOFF

Forschungsauftrag

Vergleichende Betrachtungen europäischer Bauproduktennormen mit nationalen Bestimmungen - Teilprojekt „Vergleichsrechnungen für Nagelplattenkonstruktionen“ (E 92/7s)

Durchgeführt im Auftrage der
Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH)
in der
Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH)

Bearbeiter: Prof. Dr.-Ing. H. Brüninghoff
Dipl.-Ing. T. Wiegand

WUPPERTAL

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	2
LITERATUR UND VERWENDETE NORMEN.....	4
1 AUSGANGSLAGE UND ZIEL.....	5
2. VERGLEICHSRECHNUNGEN	6
2.1 SATTELDACHTRÄGER NACH DIN 1052 (04.88).....	6
2.1.1 Bauteilbeschreibung.....	6
2.1.2 Statisches System.....	6
2.1.3 Lastannahmen	7
2.1.4 Schnittgrößen	8
2.1.5 Bemessung der Stäbe	9
2.1.6 Bemessung der Knotenpunkte	10
2.2 SATTELDACHTRÄGER NACH EUROCODE 5 - AUSFÜHRLICHER NACHWEIS UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON FEDERSTEIFIGKEITEN UND EXZENTRITÄTEN -	23
2.2.1 Bauteilbeschreibung und Anmerkungen.....	23
2.2.2 Statisches System.....	23
2.2.3. Einwirkungen.....	31
2.2.4. Schnittgrößen	32
2.2.5. Bemessung der Stäbe	34
2.2.6 Bemessung der Platten.....	37
2.3 SATTELDACHTRÄGER NACH EUROCODE 5 - AUSFÜHRLICHER NACHWEIS UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON EXZENTRITÄTEN -	47
2.3.1 Bauteilbeschreibung und Anmerkungen.....	47
2.3.2 Statisches System.....	47
2.3.3 Einwirkungen.....	47
2.3.4. Schnittgrößen Traufpunkt Variante 2	48
2.3.5. Bemessung der Stäbe	49
2.3.6 Bemessung der Platten.....	51
2.4 SATTELDACHTRÄGER NACH EUROCODE 5 - VEREINFACHTER NACHWEIS -	61
2.4.1 Bauteilbeschreibung und Anmerkungen.....	61
2.4.2 Statisches System.....	61
2.4.3 Einwirkungen.....	65
2.4.4 Schnittgrößen	66
2.4.5. Bemessung der Stäbe	67

2.4.6 Bemessung der Platten.....	69
2.4.7 Alternativbemessung der Nagelplatten.....	79
3 VERGLEICH UND ZUSAMMENFASSUNG.....	85
3.1 STABBEMESSUNG	85
3.2 NAGELTRAGFÄHIGKEIT	87
3.3 PLATTENTRAGFÄHIGKEIT.....	89
ANHANG	90

Literatur und verwendete Normen

- [1] Brüninghoff, H.; et. al. (1996): Vergleichende Betrachtungen europäischer Bauproduktennormen mit nationalen Bestimmungen - Teilprojekt „Vergleichende Bewertung von Bemessungsverfahren für Nagelplattenkonstruktionen“ (E 92/7p). Forschungsbericht für die EGH in der DGfH. Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal, Lehrgebiet Ingenieurholzbau.
- [2] DINV ENV 1995 Teil 1-1 (Eurocode 5): Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holztragwerken, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Holzbau (06.94). Beuth-Verlag
- [3] Nationales Anwendungsdokument (NAD), Richtlinie zur Anwendung von DINV ENV 1995-1-1 (02.95). Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin und Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., München. Beuth-Verlag
- [4] DIN 1052 Teil 1-3, Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung (04.88). Beuth-Verlag
- [5] DIN 1052 Teil 1 A1: Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung, Änderung A1. (10.96) Beuth-Verlag
- [6] BAZ 9.1-52 : Nagelplatte MITEK MI-Plate M 160
- [7] Ehlbeck, J.; Kurzweil, L. (1994): Regelungsentwurf für Nagelplatten - zum Zwecke der Anwendung von Nagelplattenverbindungen bei der Bemessung nach DINV ENV 1995-1-1. Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen. Universität Karlsruhe. Unveröffentlicht

1 Ausgangslage und Ziel

In einem vorausgegangenen Forschungsvorhaben [1] wurde eine qualitative Bewertung der Unterschiede zwischen den Bemessungsverfahren und -werten des Eurocodes 5 [2] [3] und der zur Zeit gültigen DIN 1052 [4] [5] vorgenommen.

Dabei wurden die Effekte unterschiedlicher Bemessungsverfahren und -werte isoliert betrachtet. In der vorliegenden Arbeit sollen dagegen komplette Nagelplattenbinder bemessen und miteinander verglichen werden.

Es wird ein „W-Binder“ mit einer Spannweite von 10 m betrachtet, der häufig eingesetzte Knotenpunkttypen enthält.

Die Verbindungen sollen mit Nagelplatten des Typs MI-PLATE 160 [6] ausgeführt werden.

Für die Ermittlung der Festigkeitswerte wird auf den Regelungsentwurf von *Ehlbeck/Kurzweil* [7] zurückgegriffen. Für den Verschiebungsmodul wird ein Wert $C_s = 2,50 \text{ kN/cm pro cm}^2$ Plattenfläche angenommen.

2. Vergleichsrechnungen

2.1 Satteldachträger nach DIN 1052 (04.88)

2.1.1 Bauteilbeschreibung

Es wird ein Satteldachträger (einfacher „W-Binder“) mit einer Spannweite von 10,0 m, einer Dachneigung von 15° und einem Binderabstand von $e=1,25$ m berechnet.

Die Stäbe werden in Vollholz der Sortierklasse S10/MS10 ausgeführt. Es werden Nagelplatten des Typs MI-PLATE M160 berechnet.

DIN 1052 T.1 A1
BAZ 9.1-52

2.1.2 Statisches System

Auf die nach DIN 1052 mögliche Berechnung der Schnittgrößen mit der Fachwerkanalogie wird verzichtet, da Nagelplattenkonstruktionen üblicherweise mit Hilfe von Stabwerksprogrammen berechnet werden. Die Ermittlung der Schnittgrößen erfolgt ohne Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel.

Der Obergurt wird im Abstand von 77 cm seitlich gegen Ausweichen gehalten.

Es werden nur symmetrische Belastungen betrachtet.

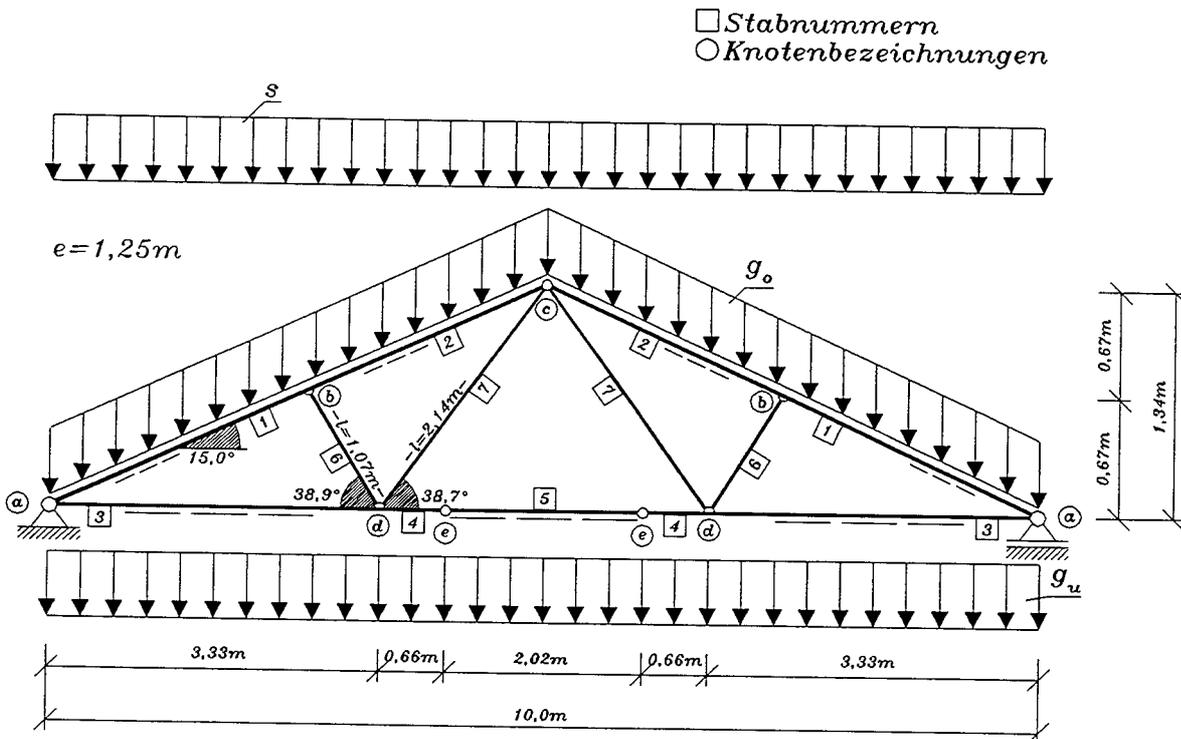


Abbildung A1: Statisches System, Satteldachbinder nach DIN 1052 (04.88)

2.1.3 Lastannahmen

Lastannahmen nach DIN 1055

Eigengewicht Untergurt:

Untergurt + Diagonalen	0,05 kN/m ² Gfl.
Gipskartonplatte inkl. Lattung	0,14 kN/m ² Gfl.
Mineralfaserdämmstoff, d=16cm	<u>0,16 kN/m² Gfl.</u>
g_u	<u>0,35 kN/m² Gfl.</u>

Eigengewicht Obergurt:

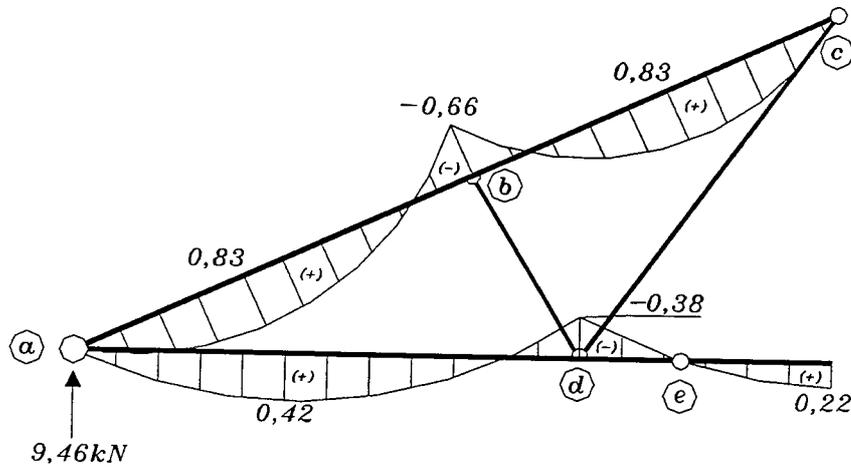
Obergurt + Diagonalen	0,06 kN/m ² Dfl.
Unterspannbahn	0,02 kN/m ² Dfl.
Dacheindeckung	<u>0,32 kN/m² Dfl.</u>
g_o	<u>0,40 kN/m² Dfl.</u>

Schnee:

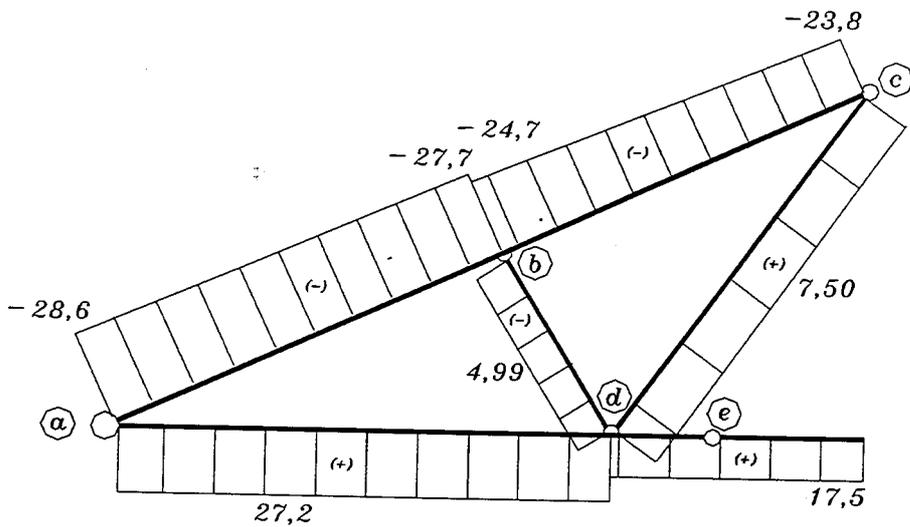
Schneelastzone III			
Höhe über N.N. $\leq 300\text{m}$	\Rightarrow	$s_0 =$	0,75 kN/m ² Gfl.
$k_{s,15^\circ} = 1,0$, $s = k_{s,15^\circ} \cdot s_0$	\Rightarrow	<u>$s =$</u>	<u>0,75 kN/m² Gfl.</u>

2.1.4 Schnittgrößen

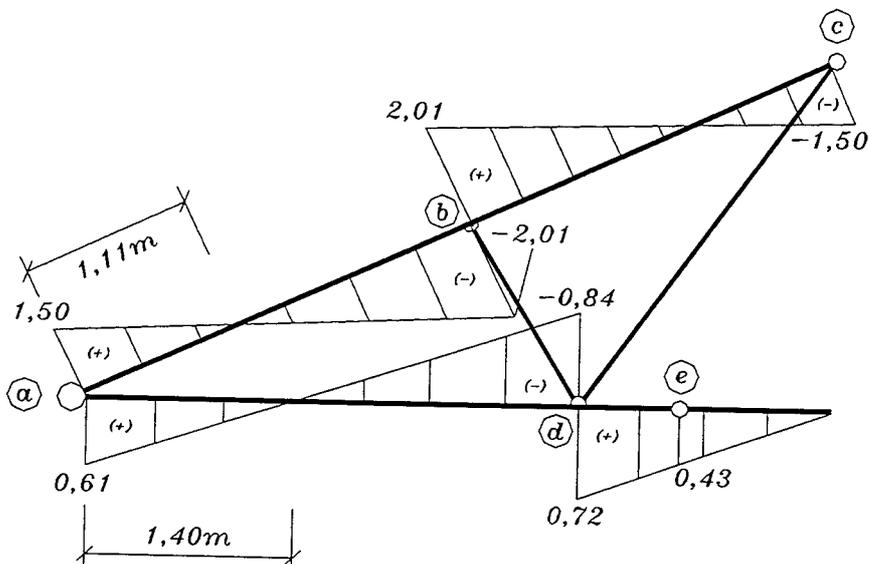
Berechnung für die Lastkombination g+s



$M \text{ [kNm]}$



$N \text{ [kN]}$



$Q \text{ [kN]}$

Abbildung A2 : Schnittgrößen für die Berechnung nach DIN 1052 (04.88)

2.1.5 Bemessung der Stäbe

2.1.5.1 Obergurt (Stäbe 1 und 2)

gewählt: 5/16 Vollholz S10/MS10

$$\left. \begin{aligned} s_{ky} &= \frac{2,50\text{m}}{\cos(15^\circ)} = 2,59\text{m} \rightarrow \lambda_y = \frac{2,59 \cdot 10^2}{0,289 \cdot 16} = 56 \\ s_{kz} &= 0,77\text{m} \rightarrow \lambda_z = \frac{0,77 \cdot 10^2}{0,289 \cdot 5} = 53 \end{aligned} \right\} \omega_{\max.} = 154$$

Der Nachweis im Feld ist maßgebend.

$$N = -28,6 + \frac{(28,6 - 27,7) \cdot 111}{2,59} = -28,2\text{kN}$$

$$M = 0,83\text{kNm}$$

$$\Rightarrow \frac{0,83 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 160^2} + \frac{28,2 \cdot 10^3}{50 \cdot 160} \cdot 154 = 1,03 \approx 1,0$$

2.1.5.2 Untergurt (Stäbe 3,4 und 5)

gewählt: 5/12 Vollholz S10/MS10

$$N = 27,2\text{kN}$$

$$M = 0,42\text{kNm}$$

$$\Rightarrow \frac{0,42 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 120^2} + \frac{27,2 \cdot 10^3}{50 \cdot 120} = 1,00 = 1,0$$

zul $\sigma_{z||} = 7 \text{ N/mm}^2$
für S10/MS10, vgl.
DIN 1052 T.1 A1

2.1.5.3 Druckdiagonale (Stab 6)

gewählt: 5/8 Vollholz S10/MS10

$$\left. \begin{aligned} s_{ky} &= 0,8 \cdot 107 = 0,86\text{m} \rightarrow \lambda_y = \frac{0,86 \cdot 10^2}{0,289 \cdot 8} = 37 \\ s_{kz} &= 107\text{m} \rightarrow \lambda_z = \frac{107 \cdot 10^2}{0,289 \cdot 5} = 74 \end{aligned} \right\} \omega_{\max.} = 2,00$$

Gemäß DIN 1052 T.1 9.1.2 darf die Knicklänge in der Fachwerkebene zu $s_k = 0,8 \cdot s$ angesetzt werden.

$$N = -4,99 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow \frac{4,99 \cdot 10^3 \cdot 2}{50 \cdot 80} = 0,29 < 1,0$$

2.1.5.4 Zugdiagonale (Stab 7)

gewählt: 5/8 S10/MS10

$$N = 7,5 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow \frac{7,50 \cdot 10^3}{\frac{50 \cdot 80}{7,0}} = 0,27 < 1,0$$

2.1.6 Bemessung der Knotenpunkte

2.1.6.1 Traufknoten (Knoten a)

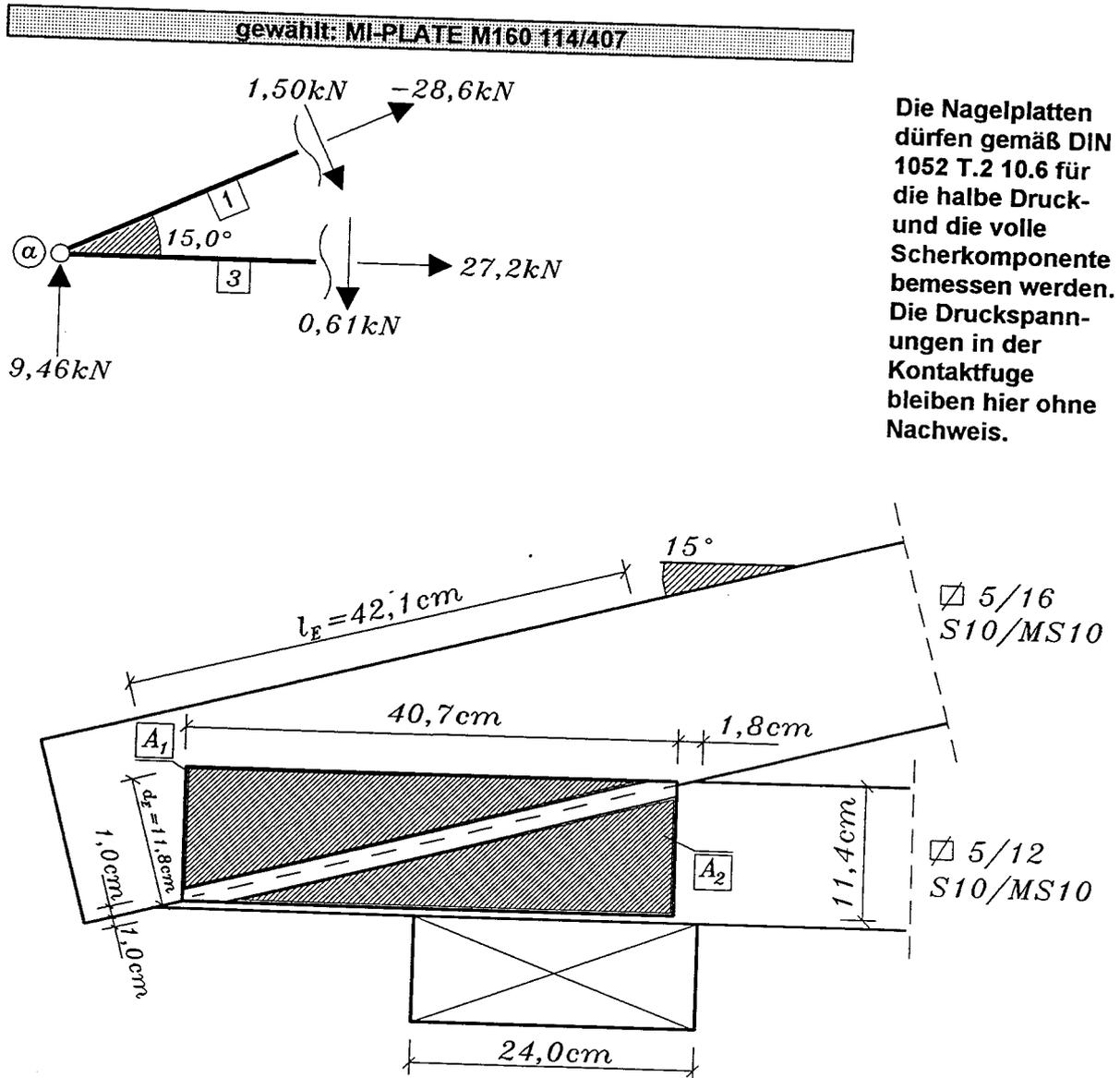


Abbildung A3 : Geometrie und Schnittkräfte des Traufknotens

$$A_1 = A_2 = \frac{1}{2} \cdot \left(114 - \frac{1}{\cos(15^\circ)} \right) \cdot \left(40,7 - \frac{1}{\sin(15^\circ)} \right) = 191 \text{ cm}^2$$

Nachweis der Nagelbelastung im Obergurt

Wirksame Plattenanschlußfläche $A_n = 191 \text{ cm}^2$

$$0,55 \cdot l_E = 0,55 \cdot 42,1 = 23,2 \text{ cm} > \text{vorh.}d_E = 11,8 \text{ cm}$$

DIN 1052 T.2 10.6

\Rightarrow Wirksame Plattenanschlußfläche $A_S = 191 \text{ cm}^2$

Nagelbeanspruchung

DIN 1052 T.2 10.6

$$F_n = \frac{\sqrt{28,6^2 + \left(\frac{15}{2}\right)^2}}{2 \cdot 191} \cdot 10^3 = 74,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Kraft-Faserwinkel β , Kraft-Plattenwinkel α

$$\beta = \arctan\left(\frac{1,5}{2 \cdot 28,6}\right) = 1,50^\circ \Rightarrow \alpha = \gamma + \beta = 15^\circ + 1,5^\circ = 16,5^\circ$$

zulässige Nagelbeanspruchung

BAZ 9.1-52 Tab.1

$$\text{zul}F_n = 99,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \text{zul}F_n = 0,85 \cdot 99,2 = 84,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{F_n}{\text{zul}F_n} = \frac{74,9}{84,3} = 0,89 < 1,0$$

Bei Traufknoten von Dreiecksbindern sind die zulässigen Nagelbelastungen gemäß DIN 1052 T.2 10.8 für einen Winkel $\gamma = 15^\circ$ mit $\eta = 0,85$ abzumindern.

Nachweis der Nagelbelastung am Untergurt

$A_n = A_S = 191 \text{ cm}^2$

$$F_n = 74,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \beta = 15^\circ + 1,5^\circ = 16,5^\circ \quad \alpha = 16,5^\circ$$

$$\text{zul}F_n = 91,3 \cdot 0,85 = 77,6 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{74,9}{77,6} = 0,97 < 1,0$$

Nachweis der Plattenbelastung

Plattenbeanspruchung

$$F_D = \frac{D}{2 \cdot l_E} = \frac{15 \cdot 10^3}{4 \cdot 421} = 8,91 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$F_S = \frac{S}{2 \cdot l_E} = \frac{28,6 \cdot 10^3}{2 \cdot 421} = 340 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Zulässige Plattenbelastungen

$$\left. \begin{array}{l} \text{zul. } F_D = 994 \frac{\text{N}}{\text{cm}} \\ \text{zul. } F_S = 409 \frac{\text{N}}{\text{cm}} \end{array} \right\} \Rightarrow \left(\frac{8,91}{994} \right)^2 + \left(\frac{340}{409} \right)^2 = 0,69 < 1,0$$

BAZ 9.1-52, Tab.2

2.1.6.2 Obergurtnoten (Knoten b)

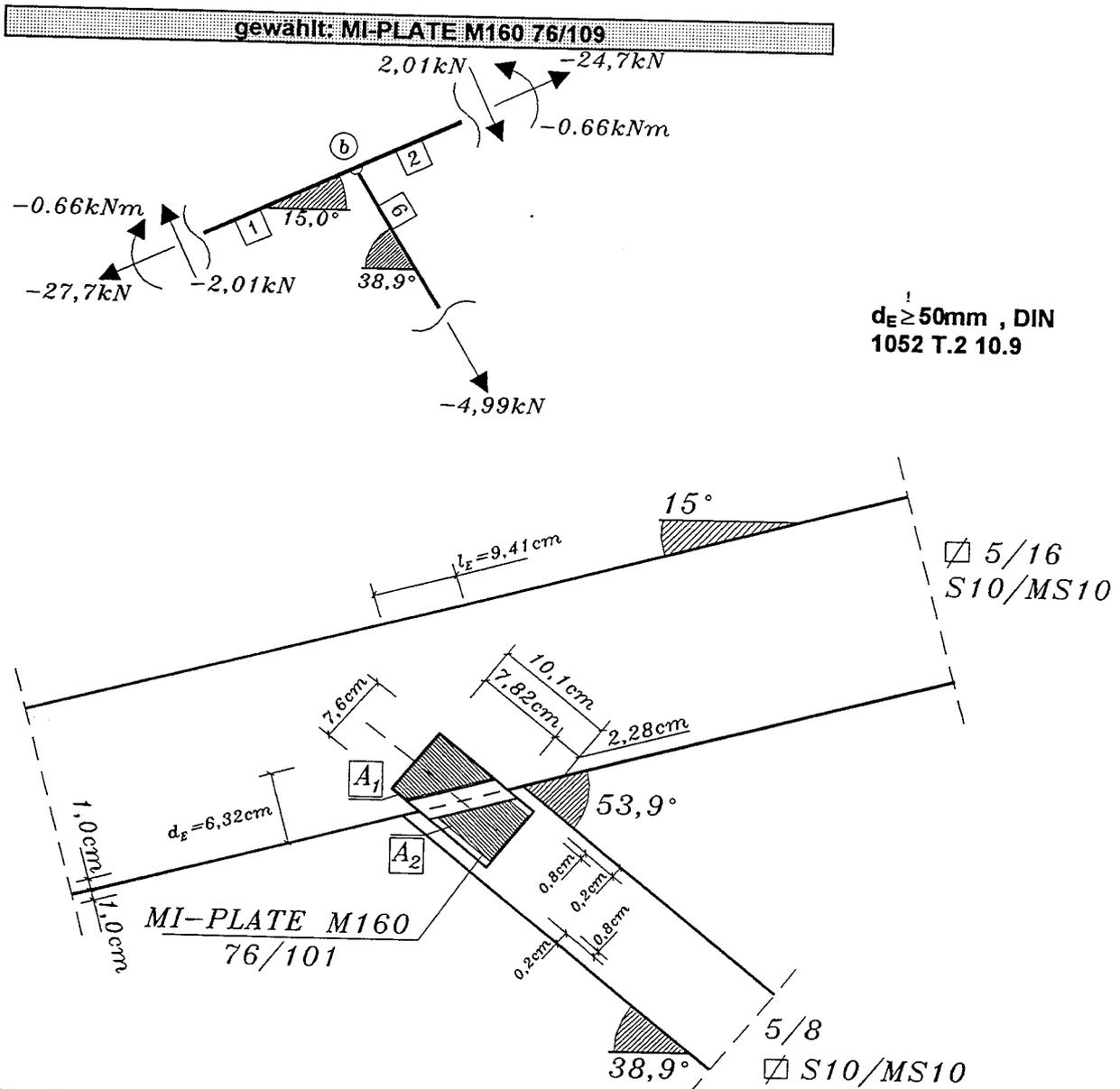


Abbildung A4: Geometrie und Schnittkräfte des Obergurtnotens

$$A_1 = \frac{2,28 + 7,82 - \frac{2 \cdot 10}{\cos(90^\circ - 53,9^\circ)}}{2} \cdot 7,6 = 29,0 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = A_1 - 16 \cdot \left(5,05 - \frac{1}{\cos(36,1^\circ)} \right) = 22,9 \text{ cm}^2$$

Die Nagelplatten werden gemäß DIN 1052 T.2 10.6 für die halbe Druck- und die volle Scherkomponente bemessen. Die Druckspannungen in der Kontaktfuge bleiben ohne Nachweis.

Nachweis der Nagelbelastung im Obergurt

Wirksame Plattenanschlußfläche $A_n = 29,0 \text{ cm}^2$

DIN 1052 T.2 10.6

$$0,55 \cdot l_E = 0,55 \cdot 9,41 = 5,18 \text{ cm} < \text{vorh. } d_E = 6,32 \text{ cm}$$

⇒ Wirksame Plattenanschlußfläche A_s :

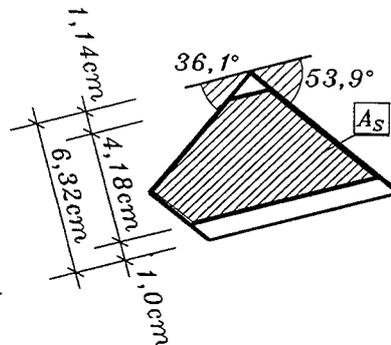


Abbildung A5: Wirksame Plattenanschlußfläche A_s im Obergurt

$$A_s = 29,0 - \frac{1}{2} \cdot 1,14^2 \cdot (\tan(36,1^\circ) + \tan(53,9^\circ)) = 27,6 \text{ cm}^2$$

Nagelbeanspruchung

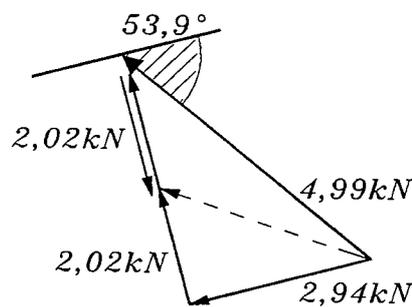


Abbildung A6: Krafteck zur Ermittlung der Nagelbeanspruchung

$$F_{n,D} = \frac{2,02 \cdot 10^3}{2 \cdot 29} = 34,8 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

DIN 1052 T.2 10.6

$$F_{n,S} = \frac{2,94 \cdot 10^3}{2 \cdot 27,6} = 53,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$F_n = \sqrt{34,8^2 + 53,2^2} = 63,6 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\beta = 34,6^\circ \quad \alpha = 53,9^\circ - 34,6^\circ = 19,4^\circ$$

Zulässige Nagelbeanspruchung

$$\text{zul. } F_n = 82,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

BAZ 9.1-52 Tab.1

$$\Rightarrow \frac{63,6}{82,5} = 0,77 < 1,0$$

Nachweis der Nagelbelastung im Diagonalstab

$$F_n = 614 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{29}{22,9} = 77,8 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = \beta = 19,4^\circ$$

$$\Rightarrow \text{zul } F_n = 89,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{77,8}{89,9} = 0,86 < 1,0$$

Nachweis der Plattenbelastung

$$F_D = \frac{2,02 \cdot 10^3}{2 \cdot 9,31} = 108 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$F_S = \frac{2,93 \cdot 10^3}{2 \cdot 9,31} = 157 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$\alpha = 19,4^\circ$$

$$\text{zul } F_D = 971 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$\text{zul } F_S = 436 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{108}{971} \right)^2 + \left(\frac{157}{436} \right)^2 = 0,14 < 1,0$$

2.1.6.3 Firstknoten (Knoten c)

gewählt: MI-PLATE M160 152/203

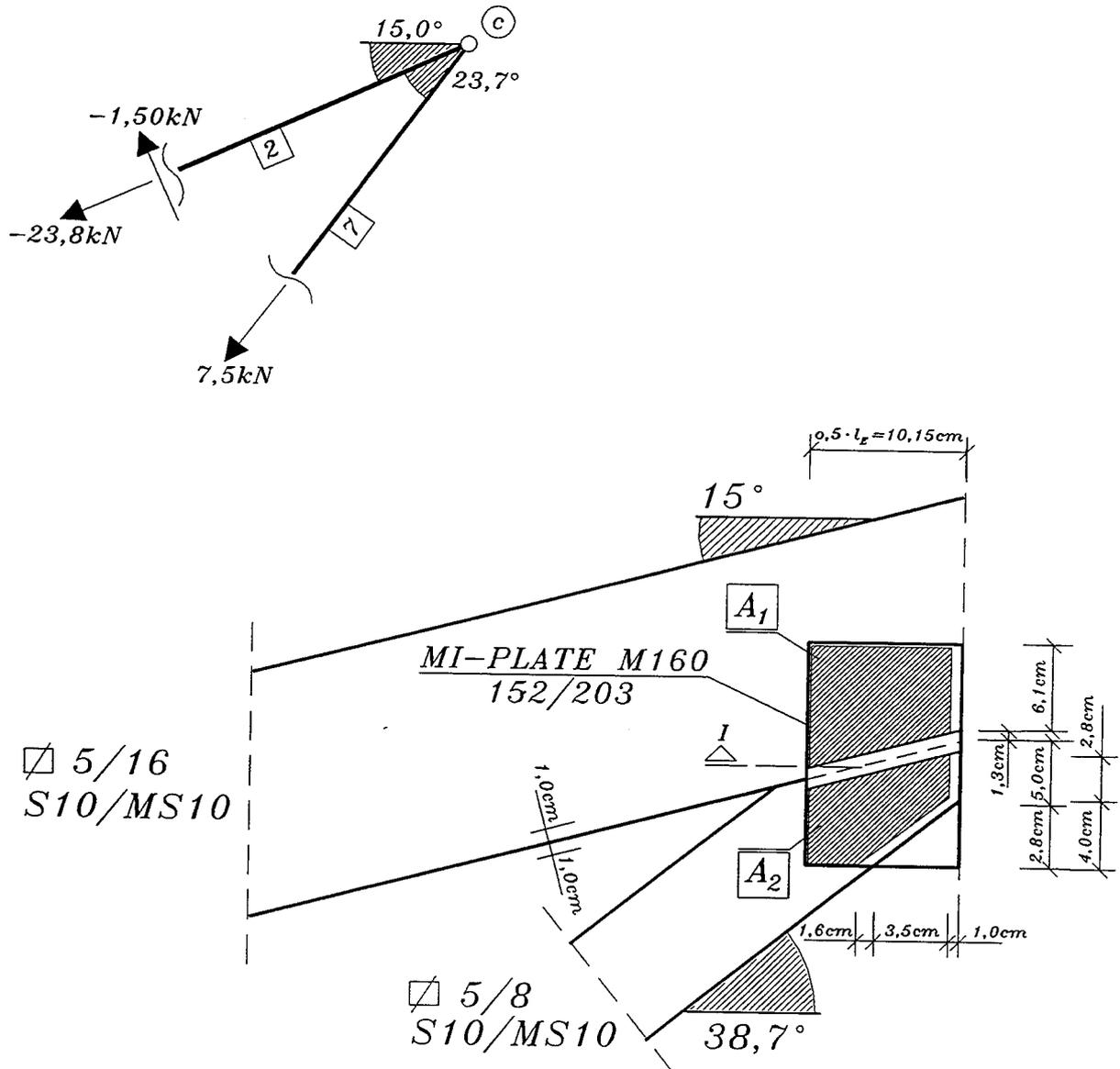


Abbildung A7: Geometrie und Schnittkräfte des Firstknotens

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot (6,8 \cdot 2 - 9,15 \cdot \tan(15^\circ)) \cdot 9,15 - \frac{5,14 \cdot 4}{2} = 40,7 \text{ cm}^2$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot (6,1 \cdot 2 + 9,15 \cdot \tan(15^\circ)) \cdot 9,15 = 67,0 \text{ cm}^2$$

Nachweis der Nagelbelastung im Obergurt

Wirksame Plattenanschlußfläche $A_n = 67 \text{ cm}^2$

$$0,55 \cdot l_E = 0,55 \cdot 20,3 = 11,2 \text{ cm} > \text{vorh. } d_E = 7,4 \text{ cm}$$

$$A_S = A_n = 67 \text{ cm}^2$$

DIN 1052 T.2 10.6

Nagelbeanspruchung

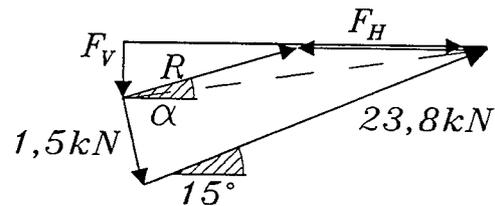


Abbildung A8 : Krafteck zur Nagelbeanspruchung im Obergurt

$$F_H = 23,8 \cdot \cos 15^\circ + 1,5 \cdot \sin 15^\circ = 23,4 \text{ kN}$$

$$F_V = -23,8 \cdot \sin 15^\circ + 1,5 \cdot \cos 15^\circ = -4,71 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{4,71}{23,4} \right) = 11,4^\circ \quad \beta = -15^\circ + 11,4^\circ = -3,6^\circ$$

$$F_{n,D} = \frac{23,4 \cdot 10^3}{2 \cdot 2 \cdot 67} = 87,3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$F_s = \frac{4,7 \cdot 10^3}{2 \cdot 67,0} = 35,1 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$F_n = \sqrt{87,3^2 + 35,1^2} = 94,1 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Zulässige Nagelbeanspruchung

$$\text{zul } F_n = 96,3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

BAZ 9.1-52 Tab.1

$$\Rightarrow \frac{94,1}{96,3} = 0,98 < 1,0$$

Nachweis der Nagelbelastung in der Diagonalen

$$A_n = 67 \text{ cm}^2$$

$$F_n = \frac{7,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 40,7} = 91,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = 38,7^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\Rightarrow \text{zul } F_n = 100 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{91,9}{100} = 0,92 < 1,0$$

Nachweis der Plattenbelastungen

$$V = 2 \cdot \sin 38,7^\circ \cdot 7,5 = 9,38 \text{ kN}$$

Vorhandene Plattenbelastung

$$F_z = \frac{9,38 \cdot 10^3}{2 \cdot 20,3} = 231,0 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Zulässige Plattenbelastung

$$\begin{aligned} \alpha = 90^\circ &\Rightarrow \text{zul } F_z = 665 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \\ &\Rightarrow \left(\frac{231}{665} \right)^2 = 0,35^2 \Rightarrow 0,12 < 1,0 \end{aligned}$$

Es wird gemäß den Erläuterungen zur DIN 1052 T.2 Bild 10/3 lediglich der Schnitt I-I auf Zug nachgewiesen.

BAZ 9.1-52 Tab.2

2.1.6.4 Stoß (Knoten e)

gewählt: MI-PLATE M160 114/203

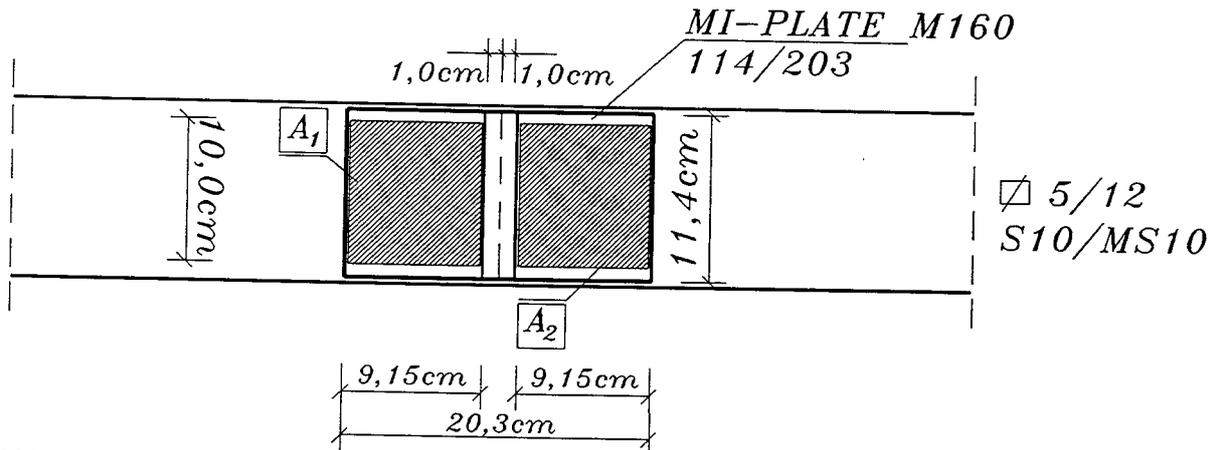
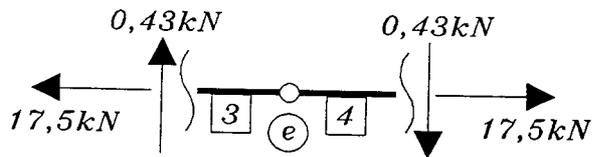


Abbildung A9 : Geometrie und Schnittkräfte des Untergurtstoßes

$$A_1 = A_2 = 91,5 \text{ cm}^2$$

Nachweis der Nagelbelastung

Wirksame Plattenanschlußfläche $A_n = 91,5 \text{ cm}^2$

$$0,55 \cdot 11,4 = 6,27 \text{ cm}$$

⇒ Wirksame Plattenanschlußfläche $A_s = 62,7 \text{ cm}^2$

Nagelbeanspruchung

$$F_{n,z} = \frac{17,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 91,5} = 95,6 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$F_{n,s} = \frac{0,43 \cdot 10^3}{2 \cdot 62,7} = 3,43 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$F_n = \sqrt{95,6^2 + 3,43^2} = 95,7 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{0,43}{17,5}\right) = 1,41^\circ$$

Zulässige Nagelbeanspruchung

$$\text{zul}F_n = 99,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{95,7}{99,2} = 0,96 < 1,0$$

Nachweis der Plattenbelastung

Plattenbeanspruchungen

$$F_z = \frac{17,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 11,4} = 768 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$F_s = \frac{0,43 \cdot 10^3}{2 \cdot 11,4} = 18,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Zulässige Plattenbelastungen

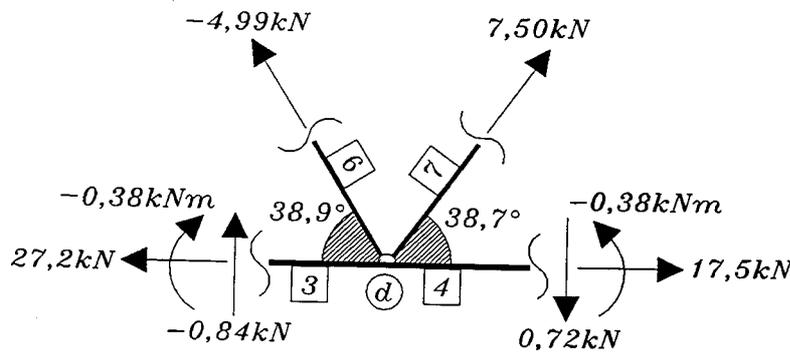
$$\text{zul}F_z = 1123 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$\text{zul}F_s = 445 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

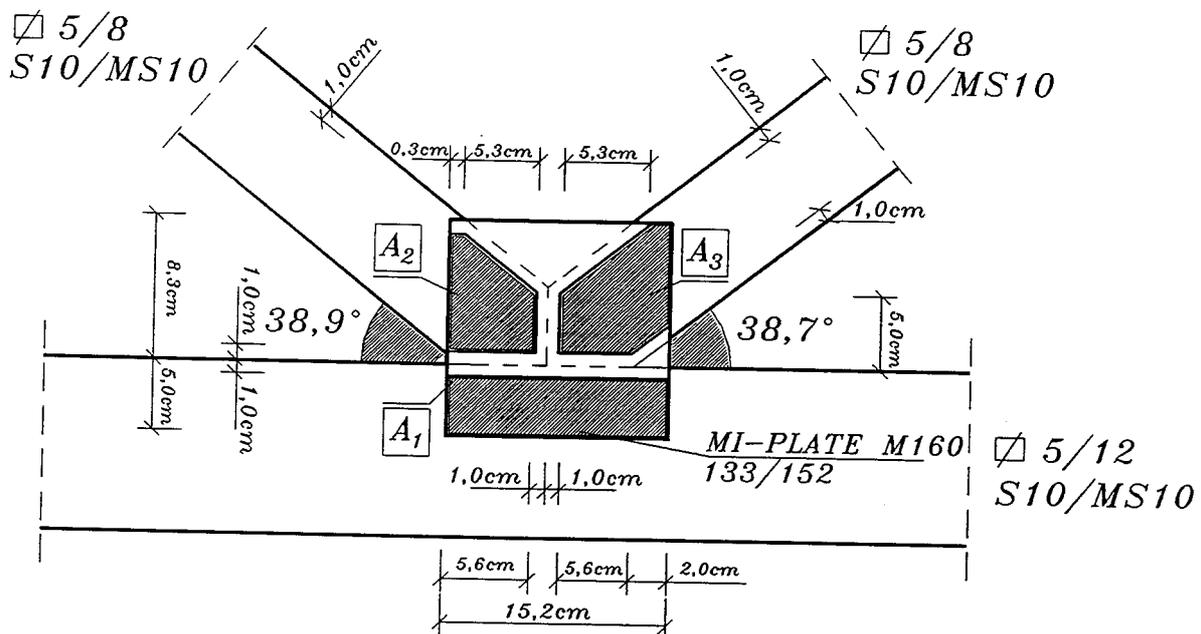
$$\Rightarrow \left(\frac{768}{1123} \right)^2 = 0,47 < 1,0$$

2.1.6.5 Untergurtknoten (Knoten d)

gewählt: MI-PLATE M160 133/152



Auf die Übertragung von Druckkräften über Kontakt wird verzichtet.



erforderliche Einbindetiefe im Gurt $d_E > 50\text{mm}$ (DIN 1052 T.2 10.9)

Abbildung A10 : Geometrie und Schnittkräfte des Untergurtknotens

$$A_1 = 4 \cdot 15,2 = 60,8\text{cm}^2$$

$$A_2 = \frac{4 + 7,3}{2} \cdot 5,3 + 7,3 \cdot 0,3 = 32,1\text{cm}^2$$

$$A_3 = \frac{4 + 7,3}{2} \cdot 5,3 + 2,3 \cdot 7,3 - \frac{2 \cdot 2 \cdot \tan 38,7^\circ}{2} = 45,1\text{cm}^2$$

Nachweis der Nagelbelastung in der Druckdiagonale (Stab 6)

Nagelbeanspruchung

$$F_n = \frac{4,99 \cdot 10^3}{2 \cdot 32,1} = 77,7 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Zulässige Nagelbeanspruchung

$$\alpha = 38,9^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\Rightarrow \text{zul}F_n = 100 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{77,7}{100} = 0,78 < 1,0$$

Nachweis der Nagelbelastung in der Zugdiagonale (Stab 7)

Nagelbeanspruchung

$$F_n = \frac{7,50 \cdot 10^3}{2 \cdot 45,1} = 83,1 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Zulässige Nagelbeanspruchung

$$\alpha = 38,7^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\Rightarrow \text{zul}F_n = 100 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{83,1}{100} = 0,83 < 1,0$$

Nachweis der Nagelbelastung im Untergurt

Nagelbelastungen

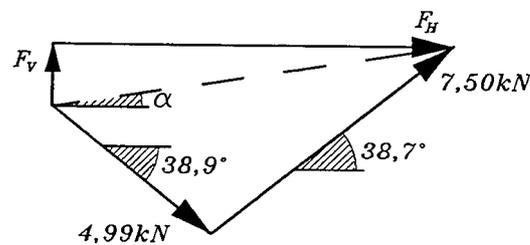


Abbildung A11 : Kräfteck zur Nagelbelastung im Untergurt

$$F_v = -4,99 \cdot \sin 38,9^\circ + 7,50 \cdot \sin 38,7^\circ = 1,56 \text{ kN}$$

$$F_H = 4,99 \cdot \cos 38,9^\circ + 7,50 \cdot \cos 38,7^\circ = 9,74 \text{ kN}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{F_v}{F_H}\right) = 9,10^\circ$$

$$R = \sqrt{F_v^2 + F_H^2} = 9,86 \text{ kN}$$

$$F_n = \frac{9,86 \cdot 10^3}{2 \cdot 60,8} = 81,1 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{zul}F_n = 190 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{81,1}{190} = 0,43 < 1,0$$

Nachweis der Plattenbelastung

$$F_z = \frac{1,56 \cdot 10^3}{2 \cdot 15,2} = 513 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$F_s = \frac{9,74 \cdot 10^3}{2 \cdot 15,2} = 320 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Zulässige Plattenbelastung

$$\alpha = \arctan\left(\frac{1,56}{9,74}\right) = 9,1^\circ$$

$$\Rightarrow \text{zul}F_z = 1056 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$\text{zul}F_s = 417 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$\left(\frac{320}{417}\right)^2 + \left(\frac{513}{1056}\right)^2 = 0,59 < 1,0$$

Querzugnachweis am Untergurt

$$F_{z,\perp} = 1,56 \text{ kN}$$

$$\text{zul}F_{z,\perp} = \frac{1}{3} \cdot \alpha_2 \cdot W \cdot \text{ef. } b$$

$$W = 152 \text{ mm}$$

$$\frac{d_e}{H} = \frac{50}{120} = 0,417$$

mit:

$$\Rightarrow \alpha_2 = \frac{1}{(1-\varepsilon)^2} = \frac{1}{(1-0,417)^2} = 2,94$$

$$2 \cdot l_N + 2,0 = 2 \cdot 15,2 + 2,0 = 32,4 \text{ cm} \geq 5,0 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \text{ef. } b = 50 \text{ mm}$$

$$\text{zul}F_{z,\perp} = \frac{1}{3} \cdot 2,94 \cdot 152 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 7,45 \text{ kN}$$

$$\frac{1,56}{7,45} = 0,21 < 1,0$$

**indirekte
Krafteinleitung
(Holzbau-Statik
Aktuell, Folge 8)**

**Der
Schubspannungs-
nachweis im
Gurtstab kann hier
entfallen.**

2.2 Satteldachträger nach Eurocode 5

Ausführlicher Nachweis unter Berücksichtigung von Federsteifigkeiten und Exzentrizitäten

2.2.1 Bauteilbeschreibung und Anmerkungen

Der Satteldachträger entspricht in Geometrie und Materialauswahl dem Binder der Berechnung nach DIN 1052.

- i) Keiner der äußeren Winkel zwischen zwei Randstäben ist kleiner als 180° . Daher ist ein vereinfachter Nachweis möglich.
- ii) Die Höhe des Fachwerkbinders genügt weder der Bedingung
 - a) $H = 1,34\text{m} \geq 0,15 \cdot L = 0,15 \cdot 10 = 1,50\text{m}$ noch
 - b) $H = 1,34\text{m} \geq 10 \cdot h_{\text{GURT}} = 10 \cdot 0,16 = 1,60\text{m}$

EC 5 5.4.1.3(1)

Damit ist ein ausführlicher Nachweis erforderlich.

- iii) Die Auflagerfläche liegt mit mindestens der Hälfte der Auflagerbreite unterhalb der Nagelplatte am Traufpunkt. Daher ist ein vereinfachter Nachweis möglich.

EC 5 D.4 (2)

Da Bedingung ii) nicht eingehalten wird, ist ein ausführlicher Nachweis erforderlich.

2.2.2 Statisches System

Aufgrund der unter 2.2.1 genannten Bedingungen ist der Satteldachträger als Rahmentragwerk, unter Berücksichtigung der Verformungen der Stäbe und der Verbindungen, des Einflusses von Auflagerausmittigkeiten sowie der Steifigkeit der Unterkonstruktion zu konstruieren.

EC 5 5.4.1.2

Zur Beschreibung von Exzentrizitäten werden fiktive Balkenelemente eingeführt. Das Gelenk wird immer in der Fuge zwischen zwei Stäben angenommen.

Auf den Ansatz von Drehfedersteifigkeiten wird wegen des zu erwartenden geringen Einflusses auf die Schnittkraftverteilung verzichtet.

Im Übrigen gelten die für die Berechnung nach DIN 1052 gemachten Angaben.

Im Folgenden werden die Knotenpunktgeometrien zur Ermittlung der Exzentrizitäten und Plattenflächen betrachtet.

2.2.2.1 Traufknoten (Knoten a)

1. Möglichkeit

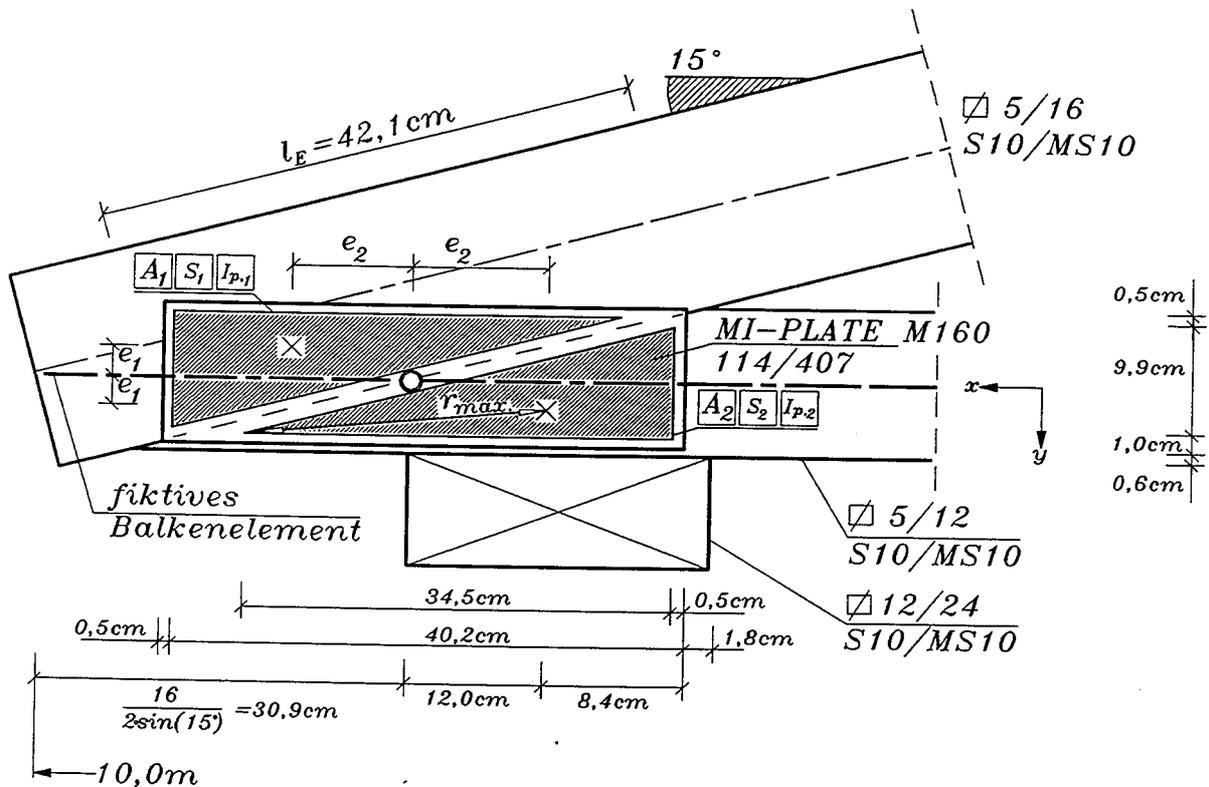


Abbildung A14 : Geometrie des Traufknotens nach EC 5 - genauerer Nachweis - Möglichkeit 1

$$A_1 = 9,9 \cdot 34,5 \cdot 0,5 = 171 \text{ cm}^2$$

$$I_{p,1} = \frac{9,9 \cdot 34,5^3}{36} + \frac{9,9^3 \cdot 34,5}{36} = 12222 \text{ cm}^4$$

$$e_2 = 12 + 8,4 - 0,5 - \frac{34,5}{3} = 8,4 \text{ cm}$$

$$e_1 = 11,4 - 0,5 - \frac{9,9}{3} - 6 = 1,6 \text{ cm}$$

$$r_{\max} = 23,2 \text{ cm}$$

2. Möglichkeit

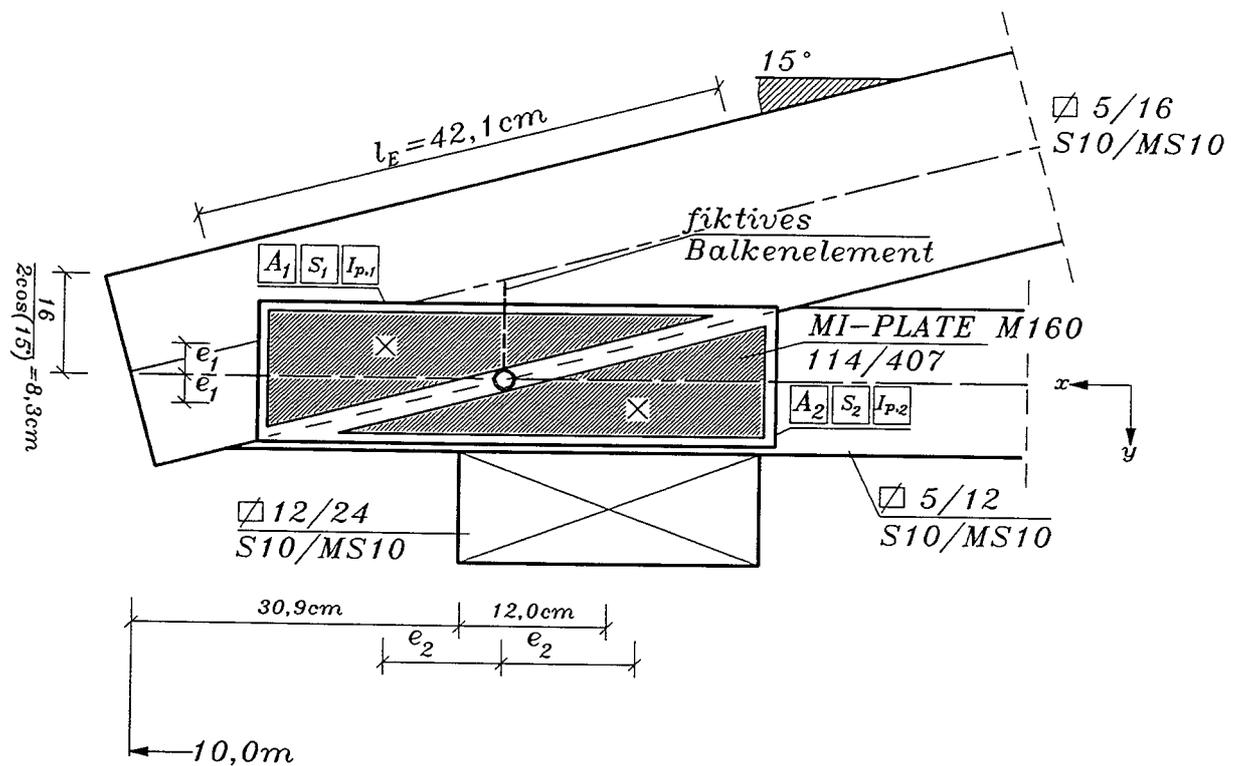


Abbildung A15 : Geometrie des Traufknoten nach EC 5 - genauerer Nachweis - Möglichkeit 2

$$A_1 = 171 \text{ cm}^2$$

$$I_{p,1} = 12222 \text{ cm}^4$$

$$e_1 = 16 \text{ cm}$$

$$e_2 = 8,4 \text{ cm}$$

$$r_{\max} = 23,2 \text{ cm}$$

2.2.2.2 Obergurtknoten (Knoten b)

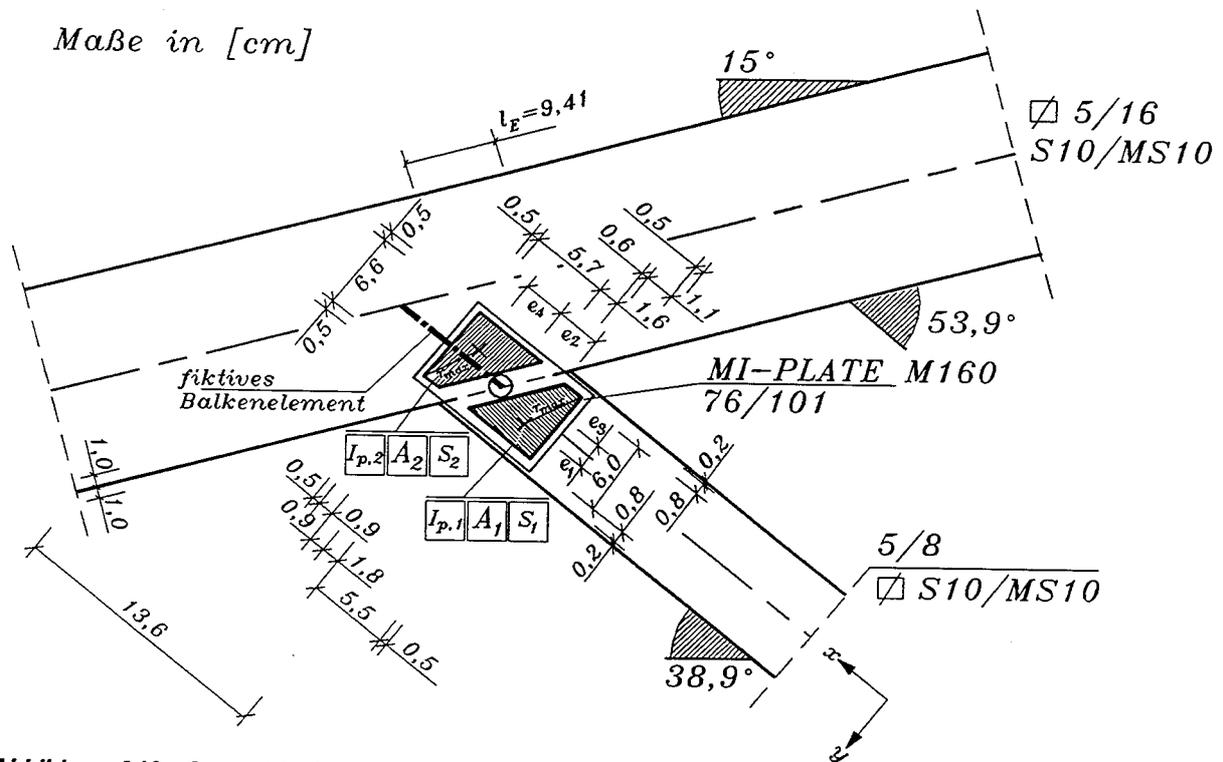


Abbildung A16 : Geometrie des Obergurtknotens nach EC 5 - genauerer Nachweis

$$A_1 = \frac{5,5 + 11}{2} \cdot 6 = 19,8 \text{ cm}^2 \quad A_2 = \frac{0,9 + 5,7}{2} \cdot 6,6 = 21,8 \text{ cm}^2$$

$$I_{p,1} = 98,3 \text{ cm}^4$$

$$I_{p,2} = 109 \text{ cm}^4$$

$$e_1 = 0,7 \text{ cm}$$

$$e_2 = 2,4 \text{ cm}$$

$$e_3 = 0,8 \text{ cm}$$

$$e_4 = 2,4 \text{ cm}$$

$$r_{\max,1} = 4,2 \text{ cm}$$

$$r_{\max,2} = 4,5 \text{ cm}$$

2.2.2.3 Firstknoten (Knoten c)

alle Maße in [cm]

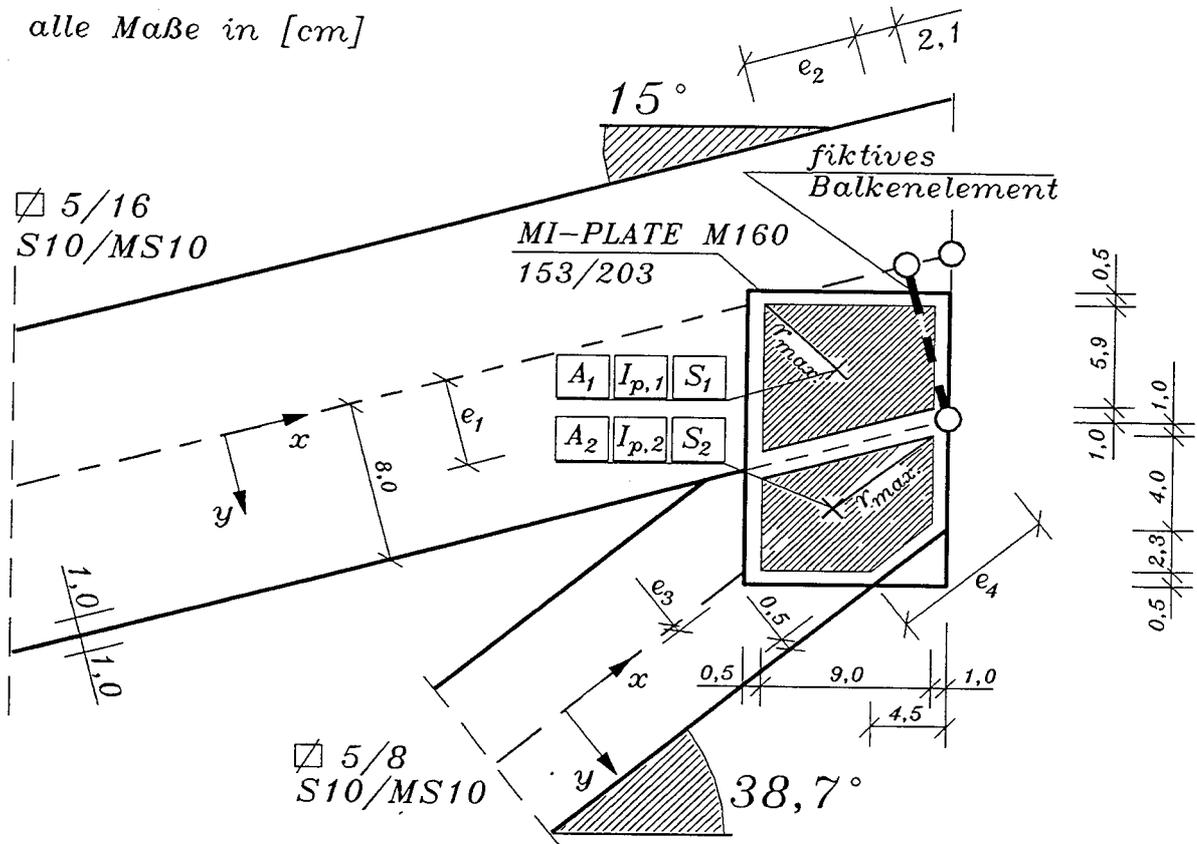


Abbildung A17 : Geometrie des Firstknoten nach EC 5 - genauerer Nachweis

$A_1 = 63,9\text{cm}^2$	$A_2 = 42,6\text{cm}^2$
$I_{p,1} = 725\text{cm}^4$	$I_{p,2} = 359\text{cm}^4$
$e_1 = 3,8\text{cm}$	$e_2 = 4,5\text{cm}$
$e_3 = 0,5\text{cm}$	$e_4 = 7,3\text{cm}$
$r_{max,1} = 6,1\text{cm}$	$r_{max,2} = 6,0\text{cm}$

2.2.2.4 Untergurtnoten (Knoten d)

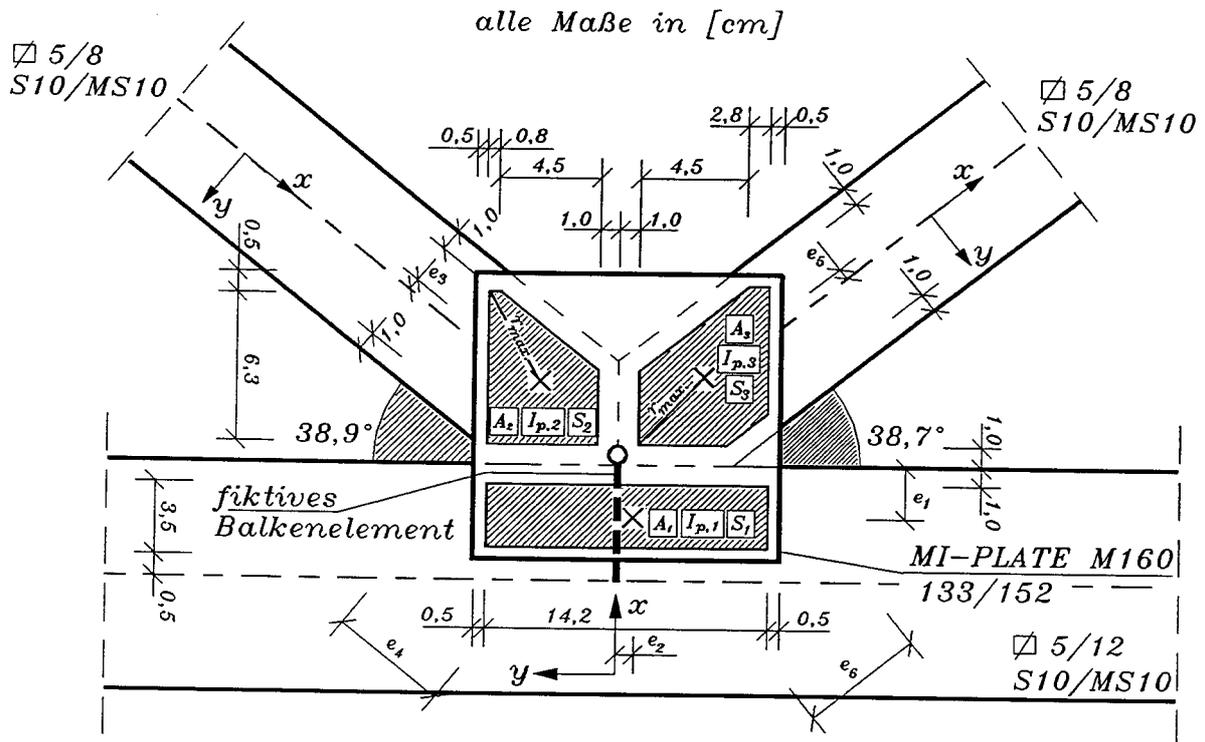


Abbildung A18 : Geometrie des Untergurtnoten nach EC 5 - genauerer Nachweis

$$A_1 = 3,5 \cdot 14,2 = 49,7 \text{ cm}^2$$

$$I_{p,1} = \frac{3,5 \cdot 14,2^3}{12} + \frac{14,2 \cdot 3,3^2}{12} = 886 \text{ cm}^4$$

$$e_1 = \frac{3,5}{2} + 1 = 2,75 \text{ cm}$$

$$e_4 = 3,9 \text{ cm}$$

$$r_{\max,1} = 7,3 \text{ cm}$$

$$A_2 = 25,3 \text{ cm}^2$$

$$I_{p,2} = 127 \text{ cm}^4$$

$$e_2 = \frac{15,2}{2} - 6,6 = 10 \text{ cm}$$

$$e_5 = 0,5 \text{ cm}$$

$$r_{\max,2} = 3,8 \text{ cm}$$

$$A_3 = 32,3 \text{ cm}^2$$

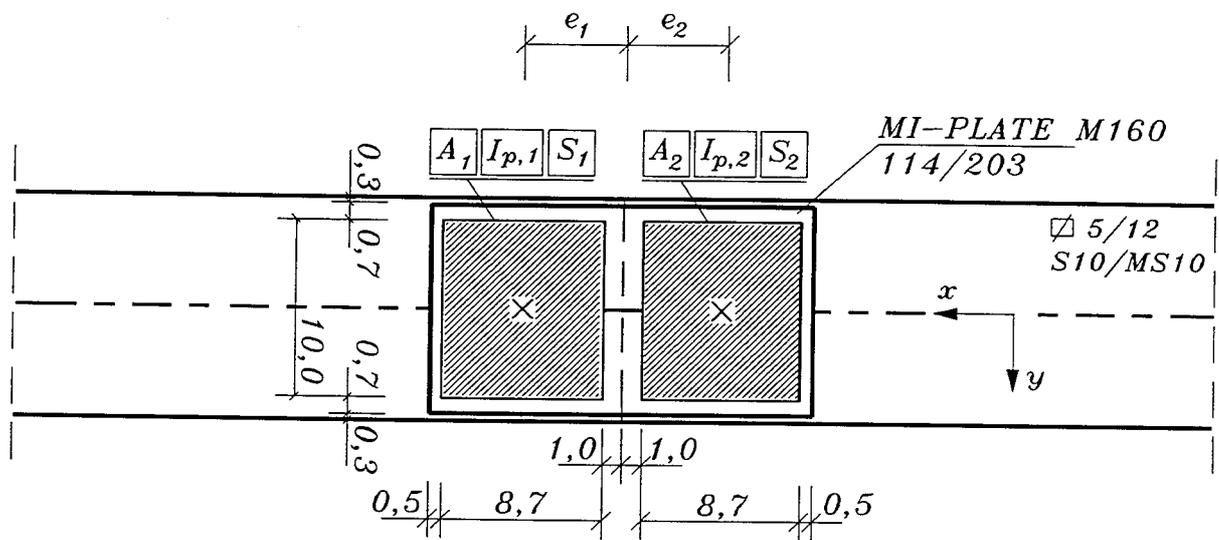
$$I_{p,3} = 192 \text{ cm}^4$$

$$e_3 = 0,3 \text{ cm}$$

$$e_6 = 5,7 \text{ cm}$$

$$r_{\max,3} = 4,4 \text{ cm}$$

2.2.2.5 Stoß (Knoten e)



alle Maße in [cm]

Abbildung A19 : Geometrie des Stoßes nach EC 5 - genauerer Nachweis

$$A_1 = A_2 = 10 \cdot 8,65 = 86,5 \text{ cm}^2$$

$$I_{p,1} = I_{p,2} = \frac{10 \cdot 8,65^3}{12} + \frac{10^3 \cdot 8,65}{12} = 1260 \text{ cm}^4$$

$$e_1 = e_2 = \frac{8,65}{2} + 1 = 5,3 \text{ cm}$$

$$r_{\max,1} = r_{\max,2} = 6,60 \text{ cm}$$

2.2.2.6 Statisches System

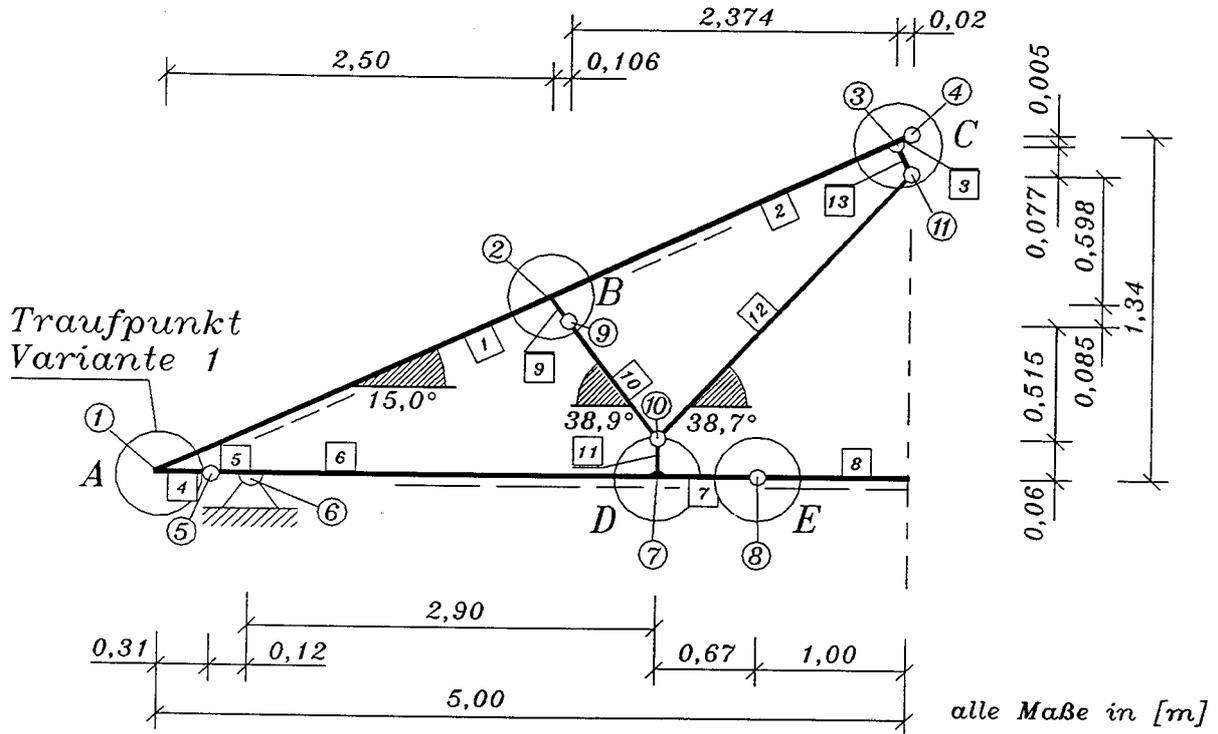


Abbildung A20 : Statisches System, Satteldachbinder nach EC 5 - genauerer Nachweis - Traufpunkt Variante 1

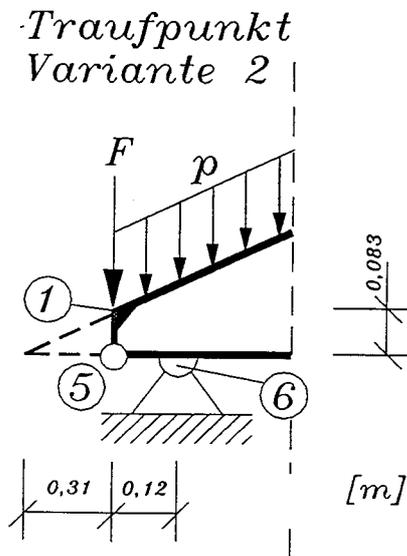


Abbildung A21 : Statisches System, Satteldachbinder nach EC 5 - genauerer Nachweis - Traufpunkt Variante 2

Es wird ein Verschiebungsmodul K_u der Größe $K_u = 2,50 \text{ kN/cm}^3$ angenommen. Somit ergeben sich die folgenden Verbindungsmittelsteifigkeiten:

s. z.B. BAZ 9.1 - 210

Stab	Knoten	A_i [cm ²]	$C_N=C_Q$ [kN/cm]	Bezeichnung
4	5	171	428	Traufknoten
5	5	171	428	
9	9	19,8	49,5	Obergurtknoten
10	9	19,8	49,5	
11	10	49,7	124	Untergurtknoten
10	10	25,3	63,3	
12	10	32,3	80,8	
7	8	86,5	216	Stoß
8	8	86,5	216	
13	4	63,9	160	Firstknoten
12	11	42,6	107	

Drehfedersteifigkeiten werden nicht eingeführt, da Vergleichsrechnungen zeigten, daß sie einen nur sehr geringen Einfluß auf die Schnittkraftverteilung am Gesamtsystem haben.

2.2.3. Einwirkungen

charakteristische Werte der Einwirkung

Als charakteristische Werte der Einwirkungen gelten grundsätzlich die Werte der DIN-Normen, insbesondere die Werte der Normenreihe DIN 1055.

NAD 2.2.2.2(1)

$$G_{k,1} = 0,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Gfl. (Obergurteigengewicht)}$$

$$\Rightarrow G_{k,2} = 0,40 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Dfl. (Untergurteigengewicht)}$$

$$Q_{k,1} = 0,75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Gfl. (Schnee)}$$

Bemessungswert der Einwirkung

EC 5 Gl.(2.3.2.2a)

$$S_d = \sum_{j=1}^2 \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$$

$$S_{d,1} = 1,25 \cdot \left(1,35 \cdot \frac{0,4}{\cos 15^\circ} + 1,50 \cdot 0,75 \right) = 2,11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Gfl.}$$

$$S_{d,2} = 1,25 \cdot 1,35 \cdot 0,35 = 0,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Gfl.}$$

$\gamma_{G,j}$ und $\gamma_{Q,1}$:
EC 5 Tab. 2.3.3

2.2.4. Schnittgrößen

2.2.4.1 Traufpunkt Variante 1

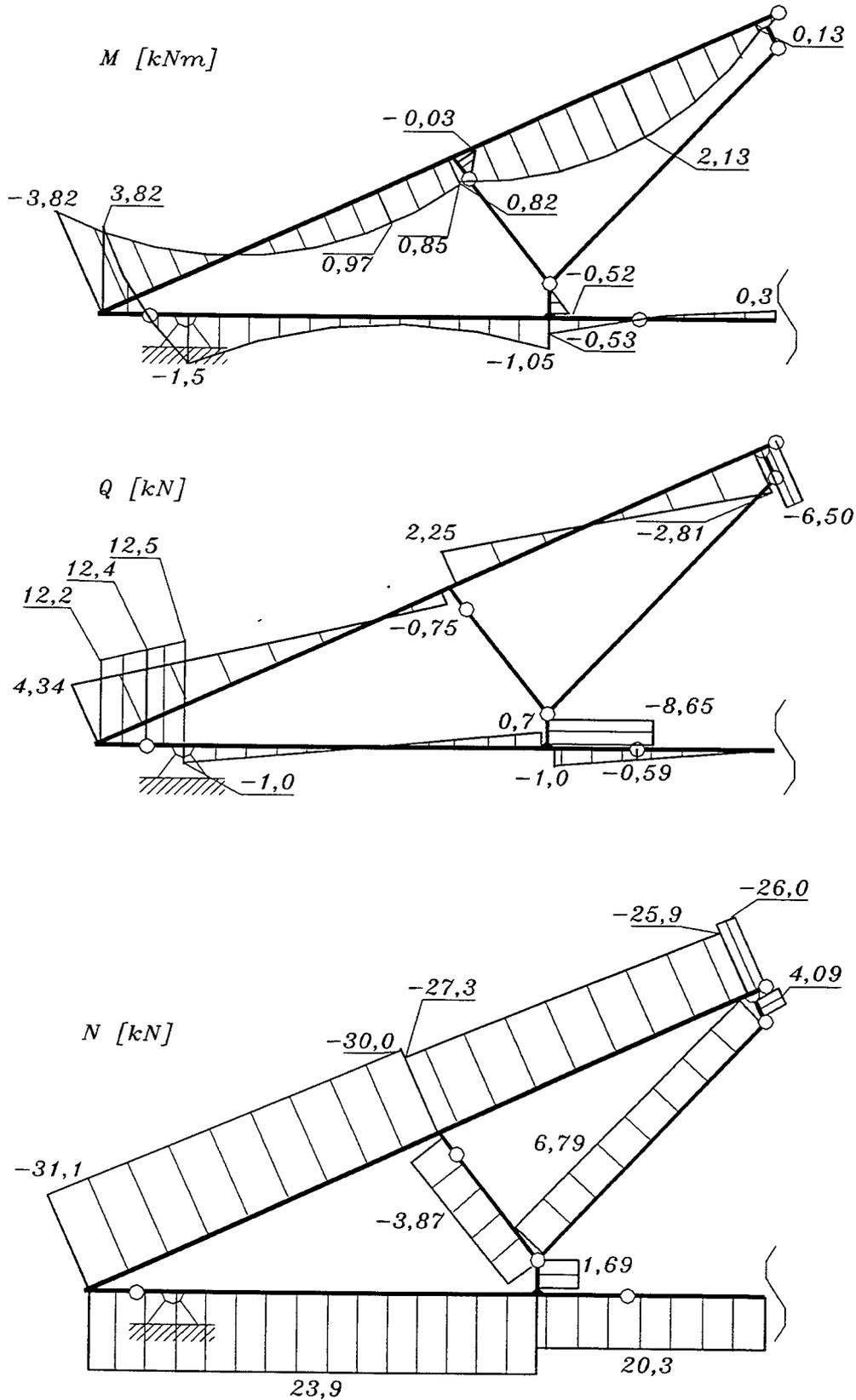


Abbildung A22 : Schnittgrößen für die Berechnung nach EC5 - genauerer Nachweis - Traufpunkt Variante 1

2.2.4.2 Traufpunkt Variante 2

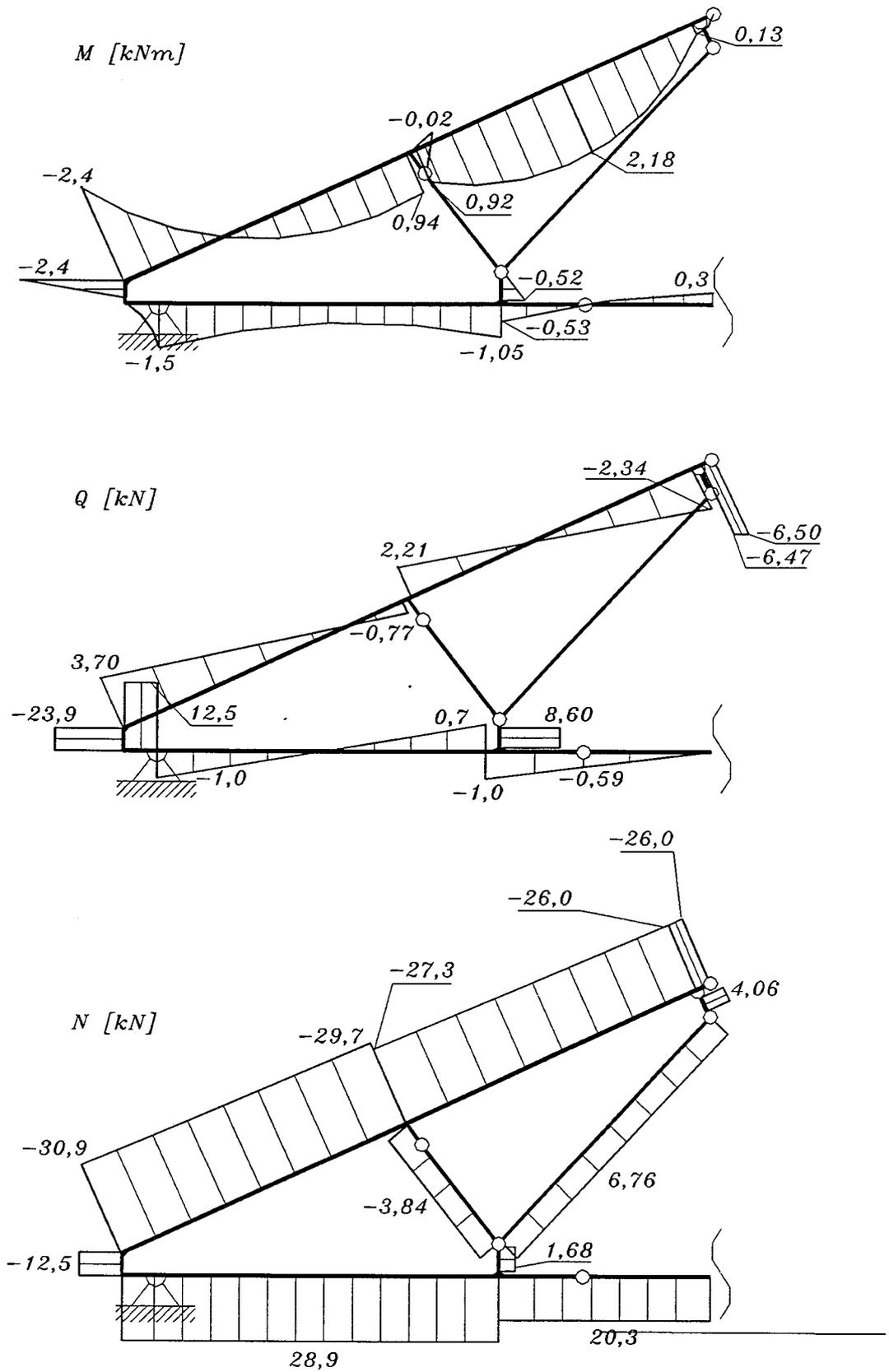


Abbildung A23 : Schnittgrößen für die Berechnung nach EC5 - genauerer Nachweis - Traufpunkt Variante 2

2.2.5. Bemessung der Stäbe

2.2.5.1 Obergurt (Stäbe 1-4)

vorh.: 5/16 Vollholz S10/MS10

Bemessungswerte der Festigkeit

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{24 \cdot 0,9}{1,3} = 16,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{21 \cdot 0,9}{1,3} = 14,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0,05} = 7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

EC5 2.2.3.2 P (1)
Tab. 2.3.3.2
Tab. 3.1.7
3.1.7 (2)
und NAD
Tab. 3.2-1

Knicksicherheitsnachweis

$$s_{k,y} = \frac{2,5 \cdot 0,60}{\cos 15^\circ} = 1,55 \text{m} \Rightarrow \lambda_y = \frac{1,55 \cdot 10^2}{0,289 \cdot 16} = 34$$

$$s_{k,z} = 0,77 \text{m} \Rightarrow \lambda_z = \frac{0,77 \cdot 10^2}{0,289 \cdot 5} = 53$$

EC5 5.4.1.4 (1)

Annahme für die
Knicklänge:
 $s_k = 0,6 \cdot s$

EC5 Gl.(5.2.1 a-h)

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{E_{0,05} \cdot \pi^2}{\lambda_y^2} = \frac{7400 \cdot \pi^2}{34^2} = 63,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{E_{0,05} \cdot \pi^2}{\lambda_z^2} = \frac{7400 \cdot \pi^2}{53^2} = 26,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21}{63,2}} = 0,58 > 0,5$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21}{26}} = 0,90 > 0,5$$

EC5 5.2.1 (3)

kein allgemeiner
Spannungsnach-
weis erforderlich

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (0,58 - 0,5) + 0,58^2) = 0,68 \quad \beta_c = 0,2 \text{ für Vollholz}$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (0,90 - 0,5) + 0,90^2) = 0,95$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{\left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}\right)} = 0,966$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{\left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}\right)} = 0,797$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{l_{ef} \cdot h} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{mean}}{E_{0,mean}}} = \frac{\pi \cdot 50^2 \cdot 7400}{770 \cdot 160} \cdot \sqrt{\frac{690}{11000}} = 118 \frac{N}{mm^2}$$

EC5 Gl.(5.2.2 a-f)
NAD 5.2.1 (4)

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{118}} = 0,45 \Rightarrow k_{crit} = 1,0 \Rightarrow \text{Kippen nicht ma\ssgebend!}$$

1. Traufpunktvariante

Traufe

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{311 \cdot 10^3}{50 \cdot 160} = 3,89 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{3,82 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 160^2} = 17,9 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d} \cdot k_{crit}} = \frac{3,89}{0,966 \cdot 14,5} + \frac{17,9}{16,6 \cdot 1,0} = 1,35 > 1,0$$

Nachweis nicht
erf\u00fcllt!

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d} \cdot k_{crit}} \cdot k_m = \frac{3,89}{0,797 \cdot 14,5} + \frac{17,9}{16,6 \cdot 1,0} \cdot 0,7 = 1,09 > 1,0$$

Nachweis nicht
erf\u00fcllt!

2. Traufpunktvariante

Traufe

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{30,9 \cdot 10^3}{50 \cdot 160} = 3,86 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{2,40 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 160^2} = 11,3 \frac{N}{mm^2}$$

$$0,95 < 1,0$$

$$0,81 < 1,0$$

2.2.5.2 Untergurt

vorb.: 5/12 Vollholz S10/MS10

Bemessungswerte der Festigkeit

1. Traufpunktvariante

$$f_{m,d} = 16,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{t,0,d} = \frac{14 \cdot 0,9}{13} = 9,69 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{23,9 \cdot 10^3}{50 \cdot 120} = 3,98 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{1,50 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 120^2} = 12,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{12,50}{16,6} + \frac{3,98}{9,69} = 1,16 > 1,0$$

Nachweis nicht erfüllt!

2. Traufpunktvariante

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{28,9 \cdot 10^3}{50 \cdot 120} = 4,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow 1,25 > 1,0$$

Nachweis nicht erfüllt!

2.2.5.3 Druckdiagonale

vorb.: 5/8 Vollholz S10/MS10

$$s_{k,y} = 1,07\text{m} \Rightarrow \lambda_y = 46$$

$$s_{k,z} = 1,07\text{m} \Rightarrow \lambda_z = 74$$

$$\Rightarrow \sigma_{c,crit,z} = 13,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow \lambda_{rel,z} = 1,25 > 0,5$$

$$\Rightarrow k_z = 1,36 \Rightarrow k_{c,y} = 0,531$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{3,87 \cdot 10^3}{50 \cdot 80} = 0,97 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{0,97}{14,54 \cdot 0,531} = 0,13 \ll 1,0$$

U.U. kann die Knicklänge $s_{k,y}$ auch auf $0,8 \cdot 1,07$ begrenzt werden, wenn man eine elastische Einspannung an den Stabenden annimmt.

vgl. EC 5

5.4.1.4 (1)

5.4.1.4 (2)

2.2.5.4 Zugdiagonale

vorf.: 5/8 Vollholz S10/MS10

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{6,79 \cdot 10^3}{50 \cdot 80} = 1,70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1,70}{9,69} = 0,18 \ll 1,0$$

2.2.6 Bemessung der Platten

2.2.6.1 Traufplatte

2. Traufpunktvariante

Nachweis der Nagelbelastung am Obergurt

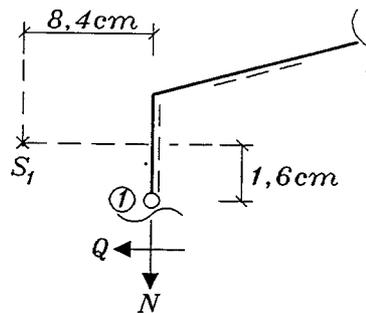


Abbildung A24 : Schnittgrößen am Traufknoten, oben

$$N = -12,5 \text{ kN}$$

$$Q = -28,9 \text{ kN}$$

$$M_e = -28,9 \cdot 0,016 - \frac{12,5}{2} \cdot 0,084 = 0,99 \text{ kNm}$$

$$\Rightarrow R = \sqrt{\left(\frac{12,5}{2}\right)^2 + 28,9^2} = 29,6 \text{ kN} \quad \text{D 6.5.1 (2)}$$

$$\Rightarrow \tau_{F,d} = \frac{R}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{29,6 \cdot 10^3}{2 \cdot 171} = 86,7 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \quad \text{D 6.5.1 (1)}$$

$$\tau_{M_d F} = \frac{M_e \cdot r_{\max}}{2 \cdot I_p} = \frac{0,99 \cdot 10^6 \cdot 23,2 \cdot 10}{12222 \cdot 10^2 \cdot 2} = 94,0 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{N}{Q}\right) = 23,4^\circ \quad \beta = \alpha - 15^\circ = 8,4^\circ$$

$$f_{a,23,4,8,4,k} = 191 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \quad \Rightarrow \quad f_{a,23,4,8,4,d} = 132 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \quad \text{s. Anhang}$$

$$f_{a,90,90,k} = 110 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \quad \Rightarrow \quad f_{a,90,90,d} = 76,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,0,0,k} = 200 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \quad \Rightarrow \quad f_{a,0,0,d} = 138 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,23,4,8,4,d}} = \frac{86,7}{132,3} = 0,66 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{94,0}{2 \cdot 76,2} = 0,62 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{86,7 + 94,0}{1,5 \cdot 138} = 0,87 < 1,0$$

Nachweis der Nagelbelastung am Untergurt

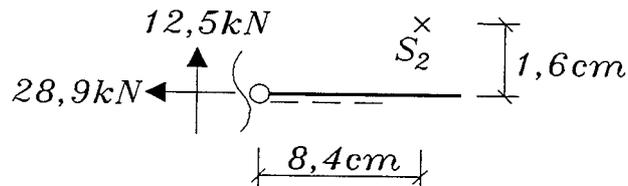


Abbildung A25 : Schnittgrößen am Traufknoten, unten

$$M_e = 0,99 \text{ kNm}$$

$$R = 29,6 \text{ kN}$$

$$\tau_{F,d} = 86,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = 94,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{12,5}{28,9}\right) = 23,4^\circ$$

$$f_{a,23,4,23,4,k} = 176, \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow f_{a,23,4,23,4,d} = 122 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,23,4,23,4,d}} = \frac{86,8}{122} = 0,71 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = 0,62 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = 0,87 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F = 29,6 \text{ kN}$$

$$\alpha = 23,4^\circ$$

$$F_M = 0$$

$$\gamma = 15^\circ$$

$$\Rightarrow F_x = F \cdot \cos \alpha = 27,2 \text{ kN}$$

$$F_y = F \cdot \sin \alpha = 11,8 \text{ kN}$$

EC5 D 6.5.2

$F_M = 0$, da das Gelenk in der Fuge angenommen wurde

Tragfähigkeit nach
EC5 D 6.5.2 (2)

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{2724}{11} \cdot 42,1 \cdot \sin 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 54,0 \text{ kN} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1080}{11} \cdot 42,1 \cdot \cos 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{79,9 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1596}{11} \cdot 42,1 \cdot \cos 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{118 \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{1368}{11} \cdot 42,1 \cdot \sin 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 27,1 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{F_x}{R_{x,d}} \right)^2 + \left(\frac{F_y}{R_{y,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{27,2}{79,9} \right)^2 + \left(\frac{11,8}{118} \right)^2 = 0,13 < 1,0$$

2.2.6.2 Obergurtknoten

Nachweis der Nagelbelastung am Obergurt

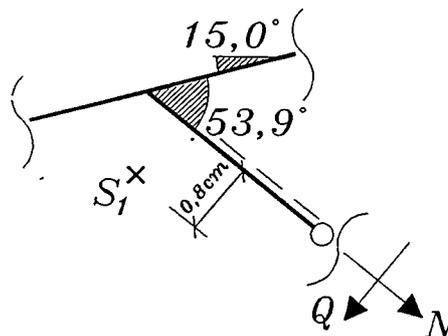


Abbildung A26 : Schnittgrößen am Obergurtknoten, oben

$$N = -3,84 \text{ kN}$$

$$Q = 0$$

$$M_e = 3,84 \cdot 0,008 = 0,031 \text{ kNm}$$

$$\tau_{F,d} = \frac{3,84 \cdot 10^3}{2 \cdot 21,8} = 88,1 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,031 \cdot 10^6 \cdot 4,5 \cdot 10}{2 \cdot 109 \cdot 10^2} = 64,3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = 0^\circ \quad \beta = 53,9^\circ$$

$$\Rightarrow f_{a,0,53,9,d} = \frac{146 \cdot 0,9}{13} = 101 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,0,53,9,d}} = \frac{88,1}{101} = 0,87 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{64,3}{2 \cdot 76,2} = 0,42 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d} + \tau_{F,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{88,1 + 64,3}{1,5 \cdot 138} = 0,74 < 1,0$$

Nachweis der Nagelbelastung für die Druckdiagonale

$$N = -3,84 \text{ kN}$$

$$M_e = -3,84 \cdot 0,007 = 0,027 \text{ kNm}$$

$$\tau_{F,d} = \frac{3,84 \cdot 10^3}{2 \cdot 19,8} = 97,0 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,027 \cdot 10^6 \cdot 4,2 \cdot 10}{2 \cdot 98,3 \cdot 10^2} = 57,7 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = \beta = 0 \Rightarrow f_{a,0,0,d} = 138 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,0,0,d}} = \frac{97,0}{138} = 0,70 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{57,7}{2 \cdot 78,2} = 0,37 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{97,0 + 57,7}{1,5 \cdot 138} = 0,75 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_x = 3,84 \text{ kN}$$

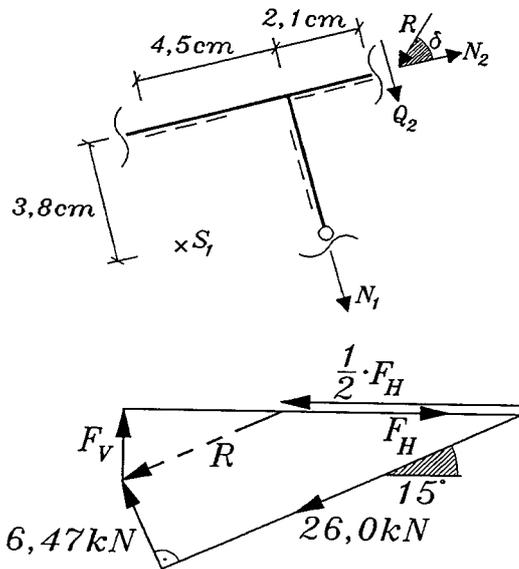
$$\gamma = 36,1^\circ$$

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{c,0,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{1816}{1,1} \cdot 9,41 \cdot \sin 36,1^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{18,3 \text{ kN}} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1080}{1,1} \cdot 9,41 \cdot \cos 36,1^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 14,9 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{3,84}{18,3} \right)^2 = 0,05 \ll 1,0$$

2.2.6.3 Firstknoten

Nachweis der Nagelbelastung am Obergurt



$$\begin{aligned} N_1 &= 4,06 \text{ kN} \\ N_2 &= -26,0 \text{ kN} \\ Q_2 &= -6,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= 13,4 \text{ kN} \\ \delta &= 2,05^\circ \end{aligned}$$

Abbildung A27 : Schnittgrößen am Firstknoten, oben

$$F_H = -4,06 \cdot \sin 15^\circ + 13,4 \cdot \cos(2,05^\circ + 15^\circ) = 11,8 \text{ kN}$$

$$F_V = 4,06 \cdot \cos 15^\circ + 13,4 \cdot \sin(2,05^\circ + 15^\circ) = 7,85 \text{ kN}$$

$$R_{\text{ges}} = \sqrt{11,8^2 + 7,85^2} = 14,2 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{F_V}{F_H}\right) = 33,6^\circ \quad \beta = \alpha - 15^\circ = 18,6^\circ$$

$$M_e = 4,06 \cdot 0,045 + 13,4 \cdot \sin 2,05^\circ \cdot 0,066 - 13,4 \cdot \cos 2,05^\circ \cdot 0,038 = -0,295 \text{ kNm}$$

$$\tau_{F,d} = \frac{14,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 63,9} = 111 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,295 \cdot 10^6 \cdot 6,1 \cdot 10}{2 \cdot 725 \cdot 10^2} = 124 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,33,6,18,6,d} = \frac{181 \cdot 0,9}{1,3} = 125 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,33,6,18,6,d}} = \frac{111}{125} = 0,89 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{124}{2 \cdot 76,2} = 0,81 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{111 + 124}{1,5 \cdot 138} = 1,14 > 1,0$$

Zugdiagonale

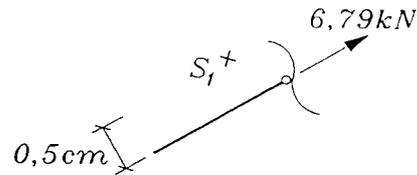


Abbildung A27 : Schnittgrößen am Firstknoten, unten

$$N = 6,76 \text{ kN}$$

$$M_e = 6,76 \cdot 0,005 = 0,034 \text{ kNm}$$

$$\beta = 0 \quad \alpha = 38,7^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{6,76 \cdot 10^3}{2 \cdot 42,6} = 79,3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,034 \cdot 10^6 \cdot 6 \cdot 10}{2 \cdot 359 \cdot 10^2} = 28,3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

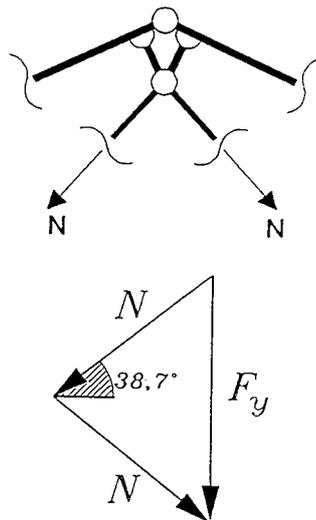
$$f_{a,38,7,0,d} = 200 \cdot \frac{0,9}{13} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,7,0,d}} = \frac{79,6}{139} = 0,57 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{28,3}{2 \cdot 76,2} = 0,19 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{79,6 + 28,3}{1,5 \cdot 138} = 0,52 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit



Es wird die horizontale Fuge nachgewiesen

Abbildung A28 : Schnittgrößen für die Plattenbemessung am Firstknoten

$$N = 6,76 \text{ kN}$$

$$M_e = 0$$

$$F_x = 0$$

$$F_y = 2 \cdot 6,76 \cdot \sin 38,7^\circ = 8,20 \text{ kN}$$

$$\gamma = 0^\circ$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1596}{1,1} \cdot 21 \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{60,9 \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{8,50}{60,9} \right)^2 = 0,02 \ll 1,0$$

2.2.6.4 Stoß

Nachweis der Nageltragfähigkeit

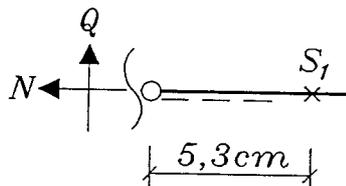


Abbildung A29 : Schnittkräfte am Untergurtstoß

$$N = 20,3 \text{ kN}$$

$$Q = -0,59 \text{ kN}$$

$$M_e = 0,59 \cdot 0,053 = 0,031 \text{ kNm}$$

$$R = \sqrt{20,3^2 + 0,59^2} = 20,3 \text{ kN}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{Q}{N}\right) = 1,66^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{20,3 \cdot 10^3}{2 \cdot 86,5} = 117 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,031 \cdot 10^6 \cdot 6,6 \cdot 10}{2 \cdot 1260 \cdot 10^2} = 8,12 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,1,66,1,66,d} = \frac{198 \cdot 0,9}{1,3} = 137 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,1,66,1,66,d}} = \frac{117}{137} = 0,86 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{8,12}{2 \cdot 76,2} = 0,05 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{117 + 8,12}{1,5 \cdot 138} = 0,61 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_x = 20,3 \text{ kN}$$

$$F_y = 0,59 \text{ kN}$$

$$\gamma = 90^\circ$$

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin 90^\circ \cdot 2 = \frac{2724}{1,1} \cdot 10 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{49,5 \text{ kN}} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos 90^\circ \cdot 2 = 0 \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos 90^\circ \cdot 2 = 0 \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin 90^\circ \cdot 2 = \frac{1368}{1,1} \cdot 10 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{24,9 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{20,3}{49,5} \right)^2 + \left(\frac{0,59}{24,9} \right)^2 = 0,17 < 1,0$$

2.2.6.5 Untergurtnoten

Nachweis der Nageltragfähigkeit am Untergurt

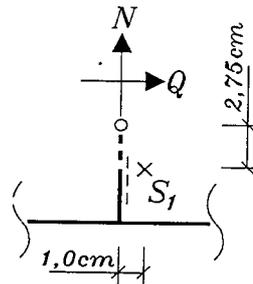


Abbildung A30 : Schnittgrößen am Untergurtnoten

$$N = 1,68 \text{ kN}$$

$$Q = 8,60 \text{ kN}$$

$$M_e = -1,68 \cdot 0,01 + 8,60 \cdot 0,0275 = 0,22 \text{ kNm}$$

$$R = \sqrt{1,68^2 + 8,60^2} = 8,76 \text{ kN}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{N}{Q}\right) = 11,1^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{8,76 \cdot 10^3}{2 \cdot 49,7} = 88,1 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,22 \cdot 10^6 \cdot 7,3 \cdot 10}{2 \cdot 886 \cdot 10^2} = 90,7 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,11,11,d} = \frac{188 \cdot 0,9}{1,3} = 130 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,111,111,d}} = \frac{88,1}{130} = 0,68 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{90,7}{2 \cdot 76,2} = 0,60 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{88,1 + 90,7}{1,5 \cdot 138} = 0,87 < 1,0$$

Nachweis der Nageltragfähigkeit für die Druckdiagonale

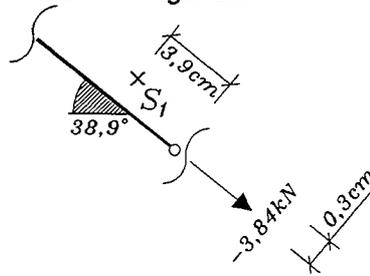


Abbildung A31 : Schnittgrößen für die Druckdiagonale am Untergurtnode

$$N = -3,84 \text{ kN}$$

$$M_e = 3,84 \cdot 0,003 = 0,012 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 38,9^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{3,84 \cdot 10^3}{2 \cdot 25,3} = 75,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,012 \cdot 10^6 \cdot 3,8 \cdot 10}{2 \cdot 127 \cdot 10^2} = 18,0 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,38,9,0,d} = \frac{200 \cdot 0,9}{1,3} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,9,0,d}} = \frac{75,9}{139} = 0,55 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{18,0}{2 \cdot 76,2} = 0,12 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{75,9 + 18,0}{1,5 \cdot 138} = 0,45 < 1,0$$

Nachweis der Nageltragfähigkeit für die Zugdiagonale

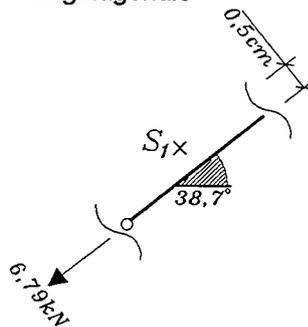


Abbildung A32 : Schnittgrößen für die Zugdiagonale am Untergurtnode

$$N = 6,76 \text{ kN}$$

$$M_e = 6,76 \cdot 0,005 = 0,034 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 38,7^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{6,76 \cdot 10^3}{2 \cdot 323} = 105 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,034 \cdot 10^6 \cdot 4,4 \cdot 10}{2 \cdot 192 \cdot 10^2} = 39,0 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,38,7,0,d} = \frac{200,0 \cdot 0,9}{13} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,7,0,d}} = \frac{105}{139} = 0,76 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{39,0}{2 \cdot 76,2} = 0,26 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{105 + 39,0}{1,5 \cdot 138} = 0,69 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_x = 8,60 \text{ kN}$$

$$F_y = 1,68 \text{ kN}$$

$$\gamma = 0^\circ$$

Es wird die horizontale Fuge nachgewiesen.

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin 0^\circ \cdot 2 = 0 \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 = \frac{1080}{1,1} \cdot 15,2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = \underline{29,8 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 = \frac{1596}{1,1} \cdot 15,2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{44,1 \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin 0^\circ \cdot 2 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad \left(\frac{8,60}{29,8} \right)^2 + \left(\frac{1,68}{44,1} \right)^2 = 0,08 < 1,0$$

2.3 Satteldachträger nach Eurocode 5

Ausführlicher Nachweis unter Berücksichtigung von Exzentrizitäten

2.3.1 Bauteilbeschreibung und Anmerkungen

siehe Abschnitt 2.2.1

2.3.2 Statisches System

siehe Abschnitt 2.2.2, jedoch ohne Berücksichtigung von Federsteifigkeiten

**streng genommen
nach
EC 5, 5.4.1.2 P (1)
nicht zulässig**

2.3.3 Einwirkungen

siehe Abschnitt 2.2.3

2.3.4. Schnittgrößen Traufpunkt Variante 2

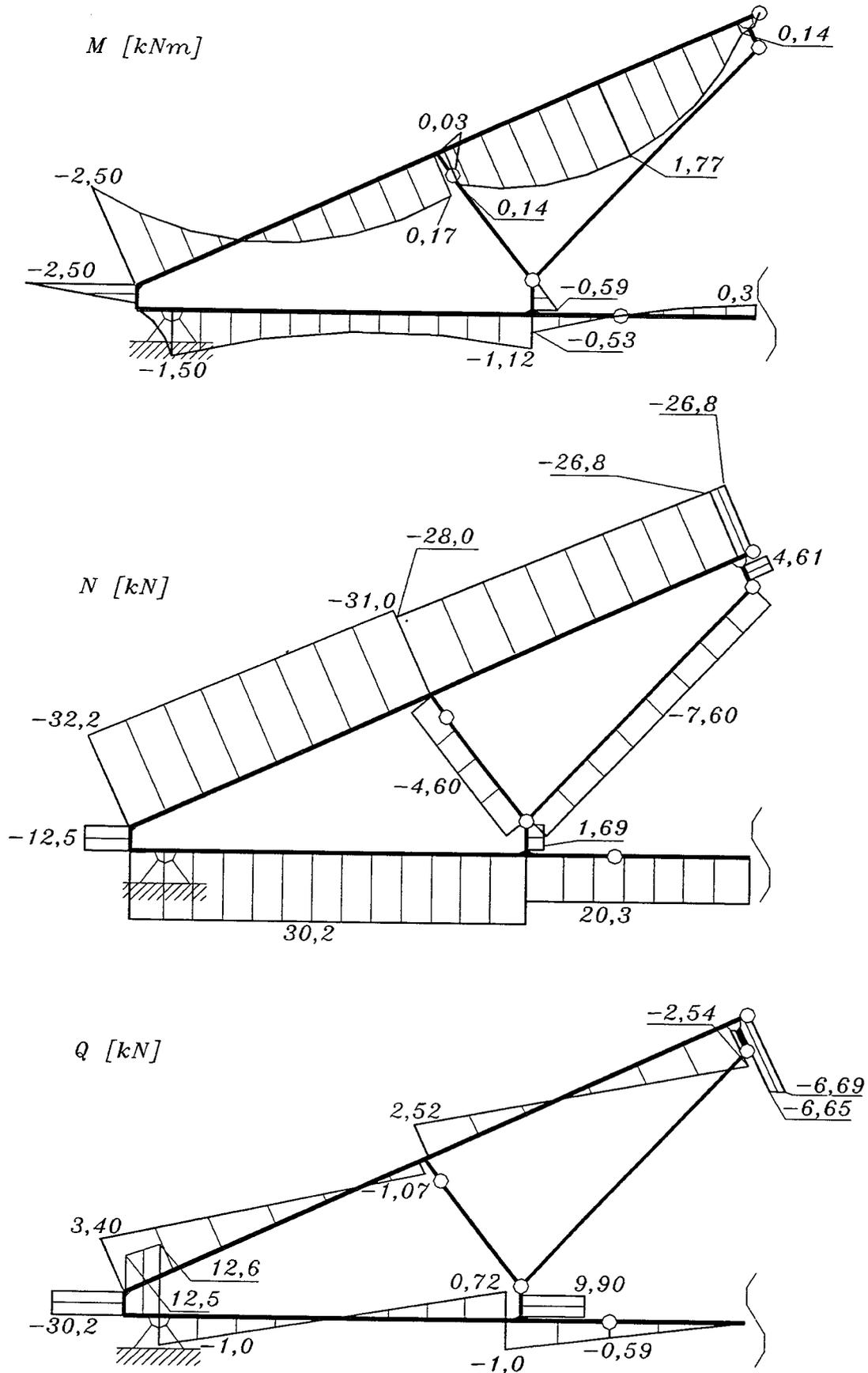


Abbildung A33 : Schnittgrößen für die Berechnung nach EC5 - genauerer Nachweis - Traufpunkt Variante 2

2.3.5. Bemessung der Stäbe

2.3.5.1 Obergurt (Stäbe 1-4)

vorb.: 5/16 Vollholz S10/MS10

Bemessungswerte der Festigkeit

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{24 \cdot 0,9}{1,3} = 16,6 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{21 \cdot 0,9}{1,3} = 14,5 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{0,05} = 7400 \frac{N}{mm^2}$$

EC5 2.2.3.2 P (1)
Tab. 2.3.3.2
Tab. 3.1.7
3.1.7 (2)
und NAD
Tab. 3.2-1

Knicksicherheitsnachweis

$$s_{k,y} = \frac{2,5 \cdot 0,60}{\cos 15^\circ} = 1,55 \text{ m} \Rightarrow \lambda_y = \frac{1,55 \cdot 10^2}{0,289 \cdot 16} = 34$$

$$s_{k,z} = 0,77 \text{ m} \Rightarrow \lambda_z = \frac{0,77 \cdot 10^2}{0,289 \cdot 5} = 53$$

EC5 5.4.1.4 (1)

Annahme für die
Knicklänge:
 $s_k = 0,6 \cdot s$

EC5 Gl.(5.2.1 a-h)

$$\sigma_{c,krit,y} = \frac{E_{0,05} \cdot \pi^2}{\lambda_y^2} = \frac{7400 \cdot \pi^2}{34^2} = 63,2 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{c,krit,z} = \frac{E_{0,05} \cdot \pi^2}{\lambda_z^2} = \frac{7400 \cdot \pi^2}{53^2} = 26,0 \frac{N}{mm^2}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,krit,y}}} = \sqrt{\frac{21}{63,2}} = 0,58 > 0,5$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,krit,z}}} = \sqrt{\frac{21}{26}} = 0,90 > 0,5$$

EC5 5.2.1 (3)

kein allgemeiner
Spannungsnach-
weis erforderlich

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (0,58 - 0,5) + 0,58^2) = 0,68$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (0,90 - 0,5) + 0,90^2) = 0,95$$

$\beta_c = 0,2$ für
Vollholz

$$k_{c,y} = \frac{1}{\left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}\right)} = 0,966$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{\left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}\right)} = 0,797$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{I_{ef} \cdot h} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{mean}}{E_{0,mean}}} = \frac{\pi \cdot 50^2 \cdot 7400}{770 \cdot 160} \cdot \sqrt{\frac{690}{11000}} = 118 \frac{N}{mm^2}$$

EC5 Gl.(5.2.2 a-f)
NAD 5.2.1 (4)

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,\text{crit}}}} = \sqrt{\frac{24}{118}} = 0,45 \Rightarrow k_{\text{crit}} = 1,0 \Rightarrow \text{Kippen nicht maßgebend!}$$

2. Traufpunktvariante

Traufe

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{32,2 \cdot 10^3}{50 \cdot 160} = 4,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{2,50 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 160^2} = 11,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$0,99 < 1,0$$

$$0,84 < 1,0$$

2.3.5.2 Untergurt

vorh.: 5/12 Vollholz S10/MS10

Bemessungswerte der Festigkeit

$$f_{m,d} = 16,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{t,0,d} = \frac{14 \cdot 0,9}{13} = 9,69 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{30,2 \cdot 10^3}{50 \cdot 120} = 5,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{150 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 120^2} = 12,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{12,5}{16,6} + \frac{5,03}{9,69} = 1,27 > 1,0$$

Nachweis nicht erfüllt

2.3.5.3 Druckdiagonale

vorh.: 5/8 Vollholz S10/MS10

$$s_{k,y} = 1,07\text{m} \Rightarrow \lambda_y = 46$$

$$s_{k,z} = 1,07\text{m} \Rightarrow \lambda_z = 74$$

$$\Rightarrow \sigma_{c,\text{crit},z} = 13,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow \lambda_{\text{rel},z} = 1,25 > 0,5$$

$$\Rightarrow k_y = 1,36 \Rightarrow k_{c,y} = 0,531$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{4,60 \cdot 10^3}{50 \cdot 80} = 1,15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1,15}{14,5 \cdot 0,531} = 0,15 \ll 1,0$$

U.U. kann die Knicklänge auch auf 0,8 · 1,07 begrenzt werden, wenn man eine elastische Einspannung an den Stabenden annimmt.

vgl. EC 5

5.4.1.4 (1)

5.4.1.4 (2)

2.3.5.4 Zugdiagonale

vorh.: 5/8 Vollholz S10/MS10

$$\sigma_{t0,d} = \frac{7,60 \cdot 10^3}{50 \cdot 80} = 1,90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1,90}{9,69} = 0,20 \ll 1,0$$

2.3.6 Bemessung der Platten

2.3.6.1 Traufplatte

Nachweis der Nagelbelastung am Obergurt

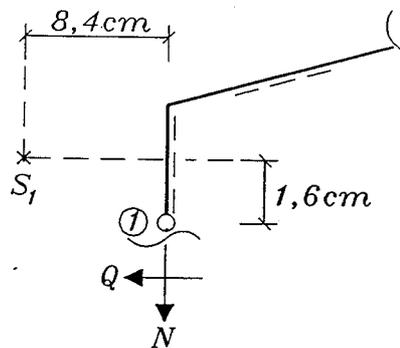


Abbildung A34 : Schnittgrößen am Traufknoten, oben

$$N = -12,5 \text{ kN}$$

$$Q = 30,2 \text{ kN}$$

$$M_e = 30,2 \cdot 0,016 + \frac{12,5}{2} \cdot 0,084 = 1,01 \text{ kNm}$$

$$\Rightarrow R = \sqrt{\left(\frac{12,5}{2}\right)^2 + 30,2^2} = 30,8 \text{ kN}$$

D 6.5.1 (2)

$$\Rightarrow \tau_{F,d} = \frac{R}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{30,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 171} = 90,3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

D 6.5.1 (1)

$$\tau_{M_d,F} = \frac{M_e \cdot r_{\max}}{2 \cdot I_p} = \frac{1,01 \cdot 10^6 \cdot 23,2 \cdot 10}{12222 \cdot 10^2 \cdot 2} = 95,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{N}{Q}\right) = 22,5^\circ \quad \beta = \alpha - 15^\circ = 7,5^\circ$$

$$f_{a,22,5,7,5,k} = 192 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \quad \Rightarrow \quad f_{a,22,5,7,5,d} = 133 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

s. Anhang

$$f_{a,90,90,k} = 110 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \quad \Rightarrow \quad f_{a,90,90,d} = 76,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,0,0,k} = 200 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \quad \Rightarrow \quad f_{a,0,0,d} = 138 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,23,5,8,5,d}} = \frac{90,3}{133} = 0,68 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{95,9}{2 \cdot 76,2} = 0,63 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{90,3 + 95,9}{1,5 \cdot 138} = 0,90 < 1,0$$

Nachweis der Nagelbelastung am Untergurt

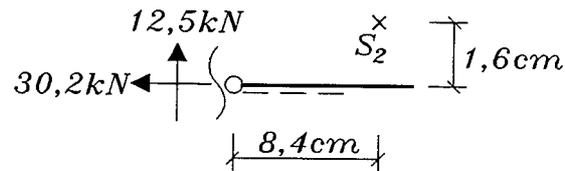


Abbildung A35 : Schnittgrößen am Traufknoten, unten

$$M_e = 1,01 \text{ kNm}$$

$$R = 30,8 \text{ kN}$$

$$\tau_{F,d} = 90,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = 95,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha = \beta = 22,5^\circ$$

$$f_{a,22,5,22,5,k} = 177 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow f_{a,22,5,22,5,d} = 123 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,22,5,22,5,d}} = \frac{90,3}{123} = 0,74 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = 0,63 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = 0,90 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F = 30,8 \text{ kN}$$

$$\alpha = 22,5^\circ$$

$$F_M = 0$$

$$\gamma = 15^\circ$$

$$\Rightarrow F_x = F \cdot \cos \alpha = 28,5 \text{ kN}$$

$$F_y = F \cdot \sin \alpha = 11,8 \text{ kN}$$

EC5 D 6.5.2

$F_M = 0$, da in der Fuge das Gelenk angenommen wurde

Tragfähigkeit nach
EC5 D 6.5.2 (2)

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{2724}{11} \cdot 42,1 \cdot \sin 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 54,0 \text{ kN} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1080}{11} \cdot 42,1 \cdot \cos 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{79,9 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1596}{11} \cdot 42,1 \cdot \cos 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{118, \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{1368}{11} \cdot 42,1 \cdot \sin 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 27,1 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{F_x}{R_{x,d}} \right)^2 + \left(\frac{F_y}{R_{y,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{28,5}{79,9} \right)^2 + \left(\frac{11,8}{118} \right)^2 = 0,14 < 1,0$$

2.3.6.2 Obergurtnoten

Nachweis der Nagelbelastung am Obergurt

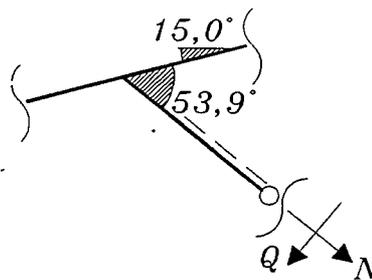


Abbildung A36 : Schnittgrößen am Obergurtnoten, oben

$$N = -4,60 \text{ kN}$$

$$Q = 0$$

$$M_e = 4,60 \cdot 0,008 = 0,037 \text{ kNm}$$

$$\tau_{F,d} = \frac{4,60 \cdot 10^3}{2 \cdot 218} = 105,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,037 \cdot 10^6 \cdot 4,5 \cdot 10}{2 \cdot 109 \cdot 10^2} = 76,7 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = 0^\circ \quad \beta = 53,9^\circ$$

$$\Rightarrow f_{a,0,53,9,d} = \frac{146 \cdot 0,9}{13} = 101 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,53,9,0,d}} = \frac{106}{101} = 1,05 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{76,7}{2 \cdot 76,2} = 0,50 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d} + \tau_{F,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{106 + 76,7}{1,5 \cdot 138} = 0,88 < 1,0$$

Nachweis der Nagelbelastung für die Druckdiagonale

$$N = -4,60 \text{ kN}$$

$$M_e = -4,60 \cdot 0,007 = 0,032 \text{ kNm}$$

$$\tau_{F,d} = \frac{4,60 \cdot 10^3}{2 \cdot 19,8} = 116,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,032 \cdot 10^6 \cdot 4,2 \cdot 10}{2 \cdot 98,3 \cdot 10^2} = 68,4 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = \beta = 0 \Rightarrow f_{a,0,0,d} = 138 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,0,0,d}} = \frac{116}{138} = 0,84 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{68,4}{2 \cdot 78,2} = 0,44 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{116 + 68,4}{1,5 \cdot 138} = 0,89 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_x = 4,60 \text{ kN}$$

$$\gamma = 36,1^\circ$$

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{c,0,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{1816}{1,1} \cdot 9,41 \cdot \sin 36,1^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{18,3 \text{ kN}} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1080}{1,1} \cdot 9,41 \cdot \cos 36,1^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 14,9 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{4,60}{18,3} \right)^2 = 0,06 \ll 1,0$$

2.3.6.3 Firstknoten

Nachweis der Nagelbelastung am Obergurt

$$\begin{aligned} N_1 &= 4,61 \text{ kN} \\ N_2 &= -26,8 \text{ kN} \\ Q_2 &= -6,69 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= 13,8 \text{ kN} \\ \delta &= 2,13^\circ \end{aligned}$$

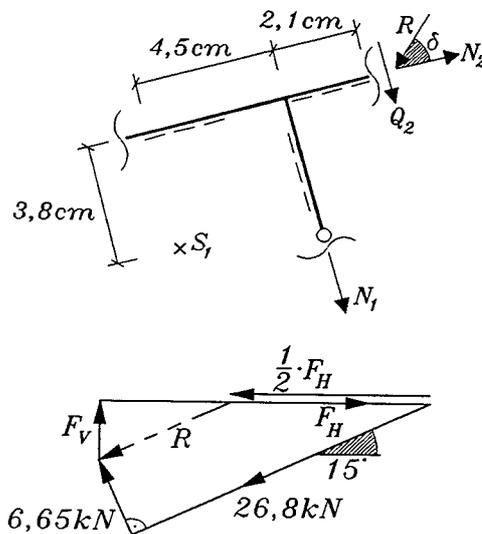


Abbildung A37 : Schnittgrößen am Firstknoten, oben

$$F_H = 4,61 \cdot \sin 15^\circ + 13,8 \cdot \cos(2,13^\circ + 15^\circ) = 14,4 \text{ kN}$$

$$F_V = 4,61 \cdot \cos 15^\circ + 13,8 \cdot \sin(2,13^\circ + 15^\circ) = 8,52 \text{ kN}$$

$$R_{\text{ges}} = \sqrt{14,4^2 + 8,52^2} = 16,7 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{F_V}{F_H}\right) = 30,6^\circ \quad \beta = \alpha - 15^\circ = 15,6^\circ$$

$$M_e = 4,61 \cdot 0,045 + 13,8 \cdot \sin 2,13^\circ \cdot 0,066 - 13,8 \cdot \cos 2,13^\circ \cdot 0,038 = -0,280 \text{ kNm}$$

$$\tau_{F,d} = \frac{16,7 \cdot 10^3}{2 \cdot 63,9} = 131 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,280 \cdot 10^6 \cdot 6,1 \cdot 10}{2 \cdot 725 \cdot 10^2} = 118 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,30,6,15,6,d} = \frac{169 \cdot 0,9}{13} = 117 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,30,6,15,6,d}} = \frac{131}{117} = 1,12 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{118}{2 \cdot 76,2} = 0,77 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{118 + 131}{1,5 \cdot 138} = 1,20 > 1,0$$

Zugdiagonale

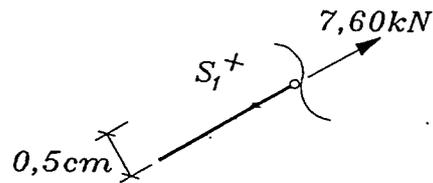


Abbildung A38 : Schnittgrößen am Firstknoten, unten

$$N = 7,60 \text{ kN}$$

$$M_e = 7,60 \cdot 0,005 = 0,038 \text{ kNm}$$

$$\beta = 0 \quad \alpha = 38,7^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{7,60 \cdot 10^3}{2 \cdot 426} = 89,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,038 \cdot 10^6 \cdot 6 \cdot 10}{2 \cdot 359 \cdot 10^2} = 31,7 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

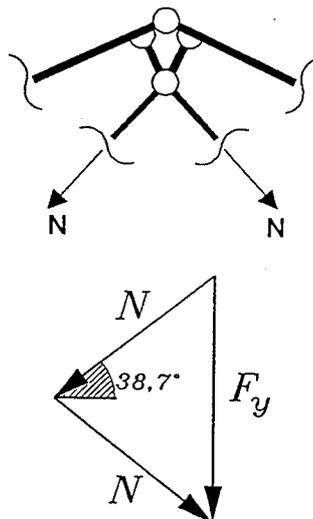
$$f_{a,38,7,0,d} = 200,0 \cdot \frac{0,9}{13} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,7,0,d}} = \frac{89,2}{139} = 0,64 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{31,7}{2 \cdot 76,2} = 0,21 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{89,2 + 31,7}{1,5 \cdot 138} = 0,58 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit



Es wird die horizontale Fuge nachgewiesen

Abbildung A39 : Schnittgrößen für die Plattenbemessung am Firstknoten

$$N = 7,60 \text{ kN}$$

$$M_e = 0$$

$$F_x = 0$$

$$F_y = 2 \cdot 7,60 \cdot \sin 38,7^\circ = 9,50 \text{ kN}$$

$$\gamma = 0^\circ$$

$$R_{y,d} = \max \left\{ \begin{array}{l} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1596}{1,1} \cdot 21 \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{60,9 \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = 0 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \left(\frac{9,50}{60,9} \right)^2 = 0,02 \ll 1,0$$

2.3.6.4 Stoß

Nachweis der Nageltragfähigkeit

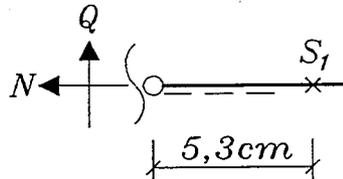


Abbildung A40 : Schnittkräfte am Untergurtstoß

$$N = 20,3 \text{ kN}$$

$$Q = -0,59 \text{ kN}$$

$$M_e = 0,59 \cdot 0,053 = 0,031 \text{ kNm}$$

$$R = \sqrt{20,3^2 + 0,59^2} = 20,3 \text{ kN}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{Q}{N}\right) = 1,66^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{20,3 \cdot 10^3}{2 \cdot 86,5} = 117 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,031 \cdot 10^6 \cdot 6,6 \cdot 10}{2 \cdot 1260 \cdot 10^2} = 8,12 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,1,66,1,66,d} = \frac{198 \cdot 0,9}{13} = 137 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,1,66,1,66,d}} = \frac{117}{137} = 0,86 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{8,12}{2 \cdot 76,2} = 0,05 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{15 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{117 + 8,12}{15 \cdot 138} = 0,61 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_x = 20,3 \text{ kN}$$

$$F_y = 0,59 \text{ kN}$$

$$\gamma = 90^\circ$$

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin 90^\circ \cdot 2 = \frac{2724}{1,1} \cdot 10 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{49,5 \text{ kN}} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos 90^\circ \cdot 2 = 0 \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos 90^\circ \cdot 2 = 0 \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin 90^\circ \cdot 2 = \frac{1368}{1,1} \cdot 10 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{24,9 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{20,3}{49,5} \right)^2 + \left(\frac{0,59}{24,9} \right)^2 = 0,17 < 1,0$$

2.3.6.5 Untergurtnoten

Nachweis der Nageltragfähigkeit am Untergurt

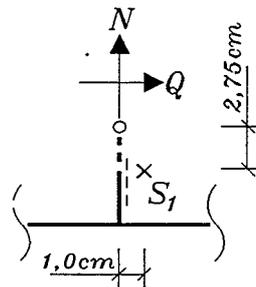


Abbildung A41 : Schnittgrößen am Untergurtnoten

$$N = 1,69 \text{ kN}$$

$$Q = 9,90 \text{ kN}$$

$$M_e = -1,69 \cdot 0,01 + 9,90 \cdot 0,0275 = 0,255 \text{ kNm}$$

$$R = \sqrt{1,69^2 + 9,90^2} = 10,0 \text{ kN}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{N}{Q}\right) = 9,69^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{10,0 \cdot 10^3}{2 \cdot 49,7} = 101 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,255 \cdot 10^6 \cdot 7,3 \cdot 10}{2 \cdot 886 \cdot 10^2} = 105 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,9,69,9,69,d} = \frac{190 \cdot 0,9}{1,3} = 131 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,9,69,9,69,d}} = \frac{101}{131} = 0,77 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{105}{2 \cdot 76,2} = 0,69 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{101 + 106}{1,5 \cdot 138} = 0,99 < 1,0$$

Nachweis der Nageltragfähigkeit für die Druckdiagonale

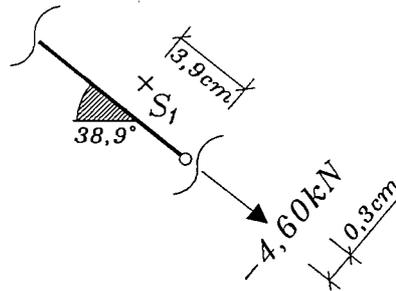


Abbildung A42 : Schnittgrößen für die Druckdiagonale am Untergurtnode

$$N = -4,60 \text{ kN}$$

$$M_e = 4,60 \cdot 0,003 = 0,014 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 38,9^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{4,60 \cdot 10^3}{2 \cdot 25,3} = 90,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,014 \cdot 10^6 \cdot 3,8 \cdot 10}{2 \cdot 127 \cdot 10^2} = 216 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,38,9,0,d} = \frac{200 \cdot 0,9}{1,3} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,9,0,d}} = \frac{90,9}{139} = 0,66 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{216}{2 \cdot 76,2} = 0,14 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{90,9 + 216}{1,5 \cdot 138} = 0,54 < 1,0$$

Nachweis der Nageltragfähigkeit für die Zugdiagonale

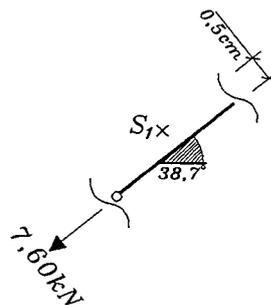


Abbildung A43 : Schnittgrößen für die Zugdiagonale am Untergurtnode

$$N = 7,60 \text{ kN}$$

$$M_e = 7,60 \cdot 0,005 = 0,038 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 38,7^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{7,60 \cdot 10^3}{2 \cdot 32,3} = 118 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,038 \cdot 10^6 \cdot 4,4 \cdot 10}{2 \cdot 192 \cdot 10^2} = 43,7 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,38,7,0,d} = \frac{200 \cdot 0,9}{1,3} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,7,0,d}} = \frac{118}{139} = 0,85 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{43,7}{2 \cdot 76,2} = 0,29 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{118 + 43,7}{1,5 \cdot 138} = 0,78 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_x = 9,90 \text{ kN}$$

$$F_y = 1,69 \text{ kN}$$

$$\gamma = 0^\circ$$

Es wird die horizontale Fuge nachgewiesen.

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin 0^\circ \cdot 2 = 0 \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 = \frac{1080}{1,1} \cdot 15,2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = \underline{29,8 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 = \frac{1596}{1,1} \cdot 15,2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{44,1 \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin 0^\circ \cdot 2 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{9,90}{29,8} \right)^2 + \left(\frac{1,69}{44,1} \right)^2 = 0,12 < 1,0$$

2.4 Satteldachträger nach Eurocode 5

Vereinfachter Nachweis ohne Berücksichtigung von Exzentrizitäten und Federsteifigkeiten

2.4.1 Bauteilbeschreibung und Anmerkungen

siehe Abschnitt 2.2.1

2.4.2 Statisches System

Der Satteldachträger wird ohne Berücksichtigung von Exzentrizitäten und Federsteifigkeiten berechnet, dies entspricht dem vereinfachten Nachweis.

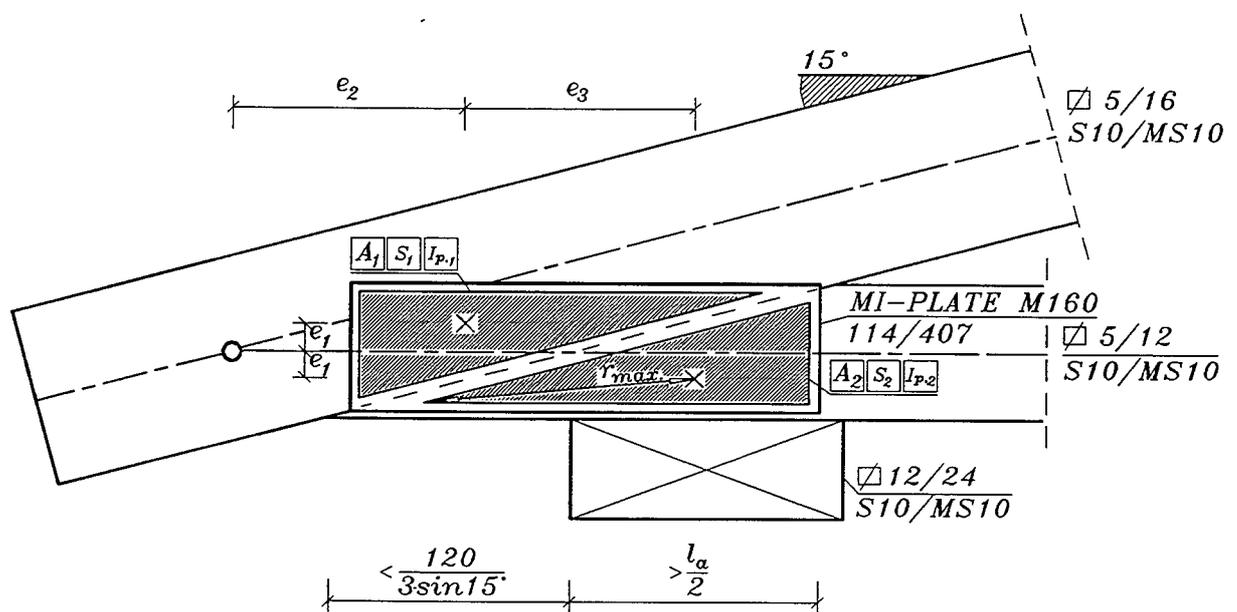
**streng genommen
nach EC 5,
5.4.1.2 P (1)
nicht zulässig**

Auf die Anwendung der Fachwerkanalogie wird verzichtet.

EC5 5.4.1.3

Im Folgenden werden die Knotenpunktgeometrien zur Ermittlung der Platten-Exzentrizitäten und Plattenflächen betrachtet.

2.4.2.1 Traufknoten (Knoten a)



EC5 D4.2

Abbildung A44 : Geometrie des Traufknotens nach EC 5 - vereinfachter Nachweis

$A = 171 \text{ cm}^2$	$e_1 = 1,6 \text{ cm}$
$I_p = 12222 \text{ cm}^4$	$e_2 = 22,5 \text{ cm}$
$r_{\max} = 23,2 \text{ cm}$	$e_3 = 16,8 \text{ cm}$
$I_E = 42,1 \text{ cm}$	

2.4.2.2 Obergurtnoten (Knoten b)

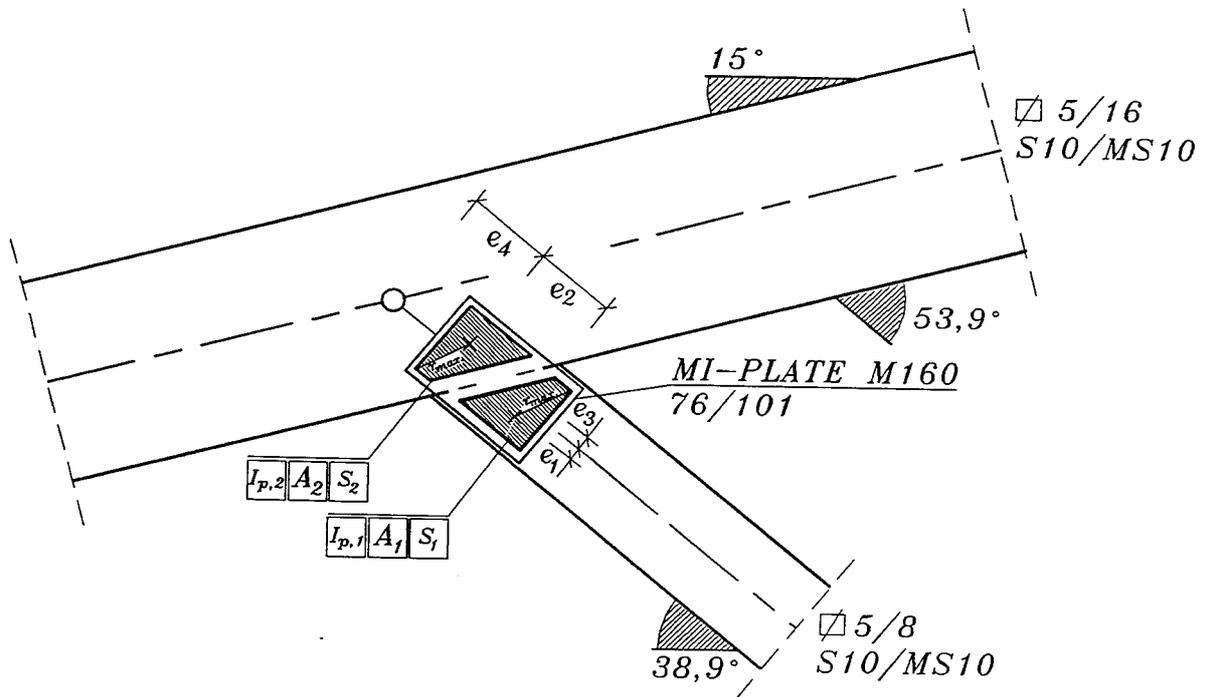


Abbildung A45 : Geometrie des Obergurtnotens nach EC 5 - vereinfachter Nachweis

$A_1 = 19,8 \text{ cm}^2$	$A_2 = 21,8 \text{ cm}^2$
$I_{p,1} = 98,3 \text{ cm}^4$	$I_{p,2} = 109 \text{ cm}^4$
$r_{\max,1} = 4,2 \text{ cm}$	$r_{\max,2} = 4,5 \text{ cm}$
$e_1 = 0,7 \text{ cm}$	$e_3 = 0,8 \text{ cm}$
$e_2 = 4,8 \text{ cm}$	$e_4 = 7,5 \text{ cm}$

2.4.2.3 Stoß (Knoten e)

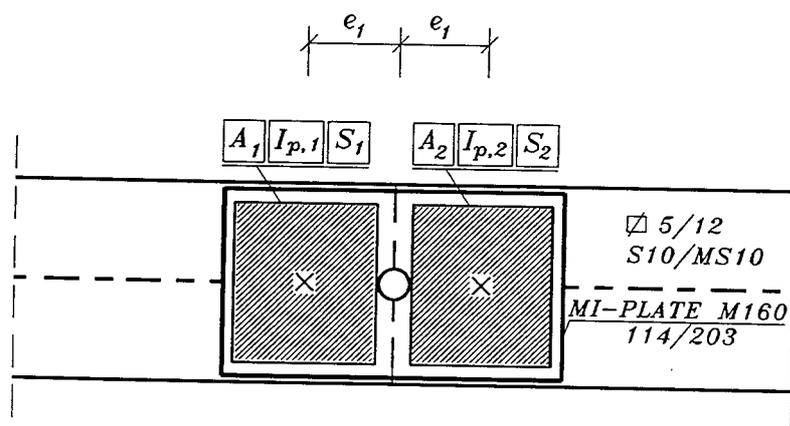
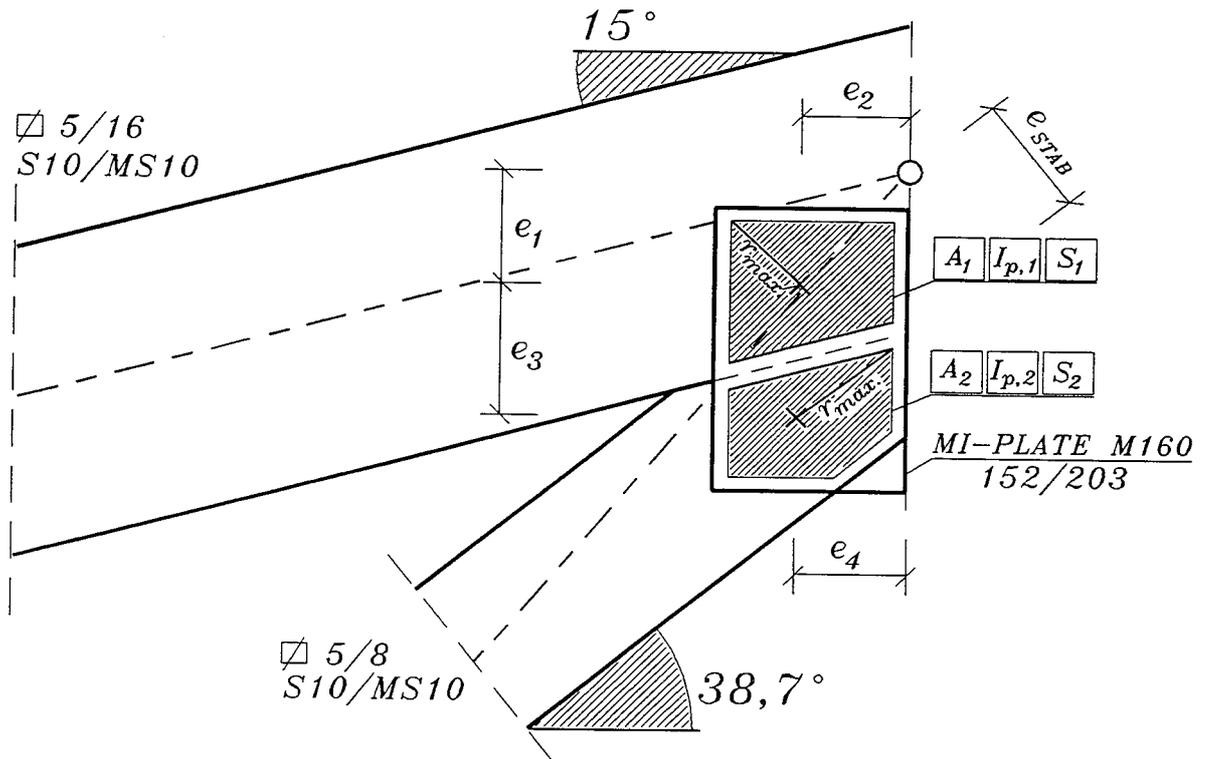


Abbildung A46 : Geometrie des Stoßes nach EC 5 - vereinfachter Nachweis

$A = 86,5 \text{ cm}^2$
$I_p = 1260 \text{ cm}^4$
$e_1 = 5,3 \text{ cm}$
$r_{\max} = 6,60 \text{ cm}$

2.4.2.4 Firstknoten (Knoten c)



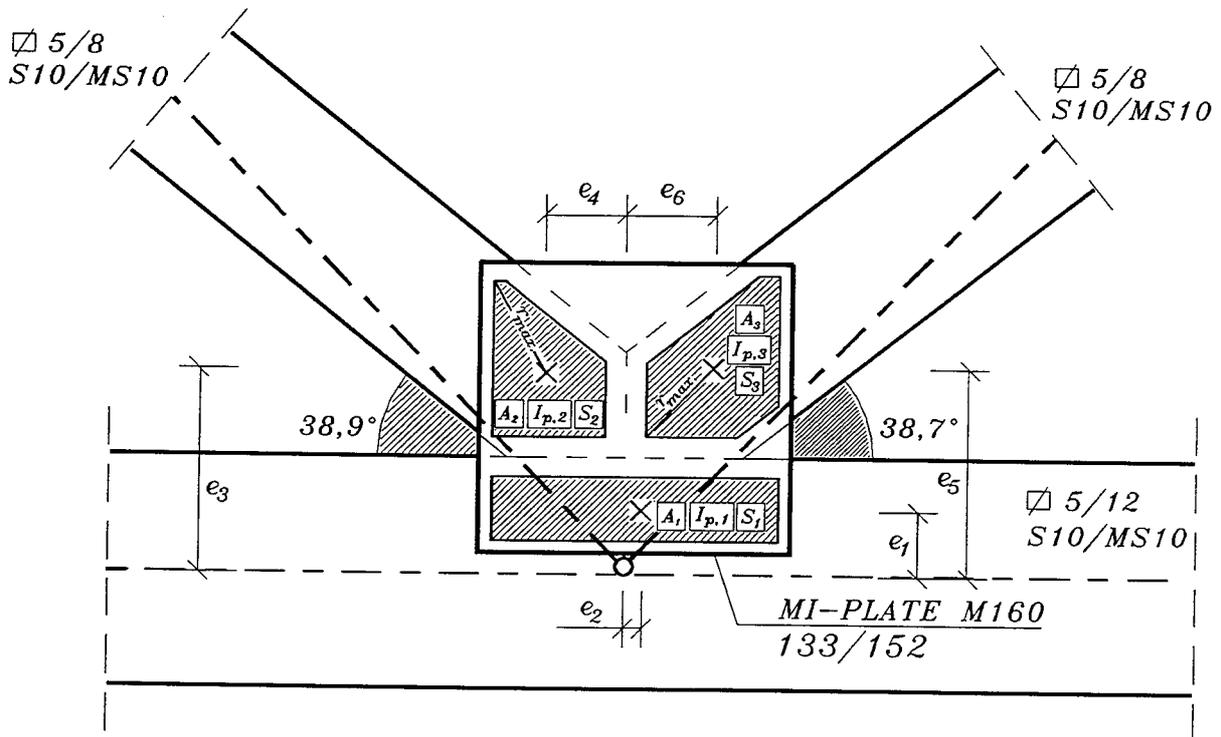
Die Exzentritäten
des Zugstabes
(Stab 7) werden
für die
Stabberechnung
vernachlässigt.

Abbildung A47 : Geometrie des Firstknotens nach EC 5 - vereinfachter Nachweis

$$\begin{aligned} A_1 &= 63,9 \text{ cm}^2 \\ I_{p,1} &= 725 \text{ cm}^4 \\ r_{\max,1} &= 6,1 \text{ cm} \\ e_1 &= 4,5 \text{ cm} \\ e_2 &= 3,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 42,6 \text{ cm}^2 \\ I_{p,2} &= 359 \text{ cm}^4 \\ r_{\max,2} &= 6,0 \text{ cm} \\ e_3 &= 8,3 \text{ cm} \\ e_4 &= 5,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

2.4.2.5 Untergurtnoten (Knoten d)



Die Exzentrizitäten des Druck- und Zugstabes werden hier bei der Stabbemessung vernachlässigt.

Abbildung A48 : Geometrie des Untergurtnotens nach EC 5 - vereinfachter Nachweis

$A_1 = 49,7 \text{ cm}^2$	$A_2 = 25,3 \text{ cm}^2$	$A_3 = 32,3 \text{ cm}^2$
$I_{p,1} = 886 \text{ cm}^4$	$I_{p,2} = 127 \text{ cm}^4$	$I_{p,3} = 192 \text{ cm}^4$
$r_{\max,1} = 7,3 \text{ cm}$	$r_{\max,2} = 3,8 \text{ cm}$	$r_{\max,3} = 4,4 \text{ cm}$
$e_1 = 3,25 \text{ cm}$	$e_3 = 8,5 \text{ cm}$	$e_5 = 9,6 \text{ cm}$
$e_2 = 1,0 \text{ cm}$	$e_4 = 3,0 \text{ cm}$	$e_6 = 4,5 \text{ cm}$

2.4.2.6 Statisches System

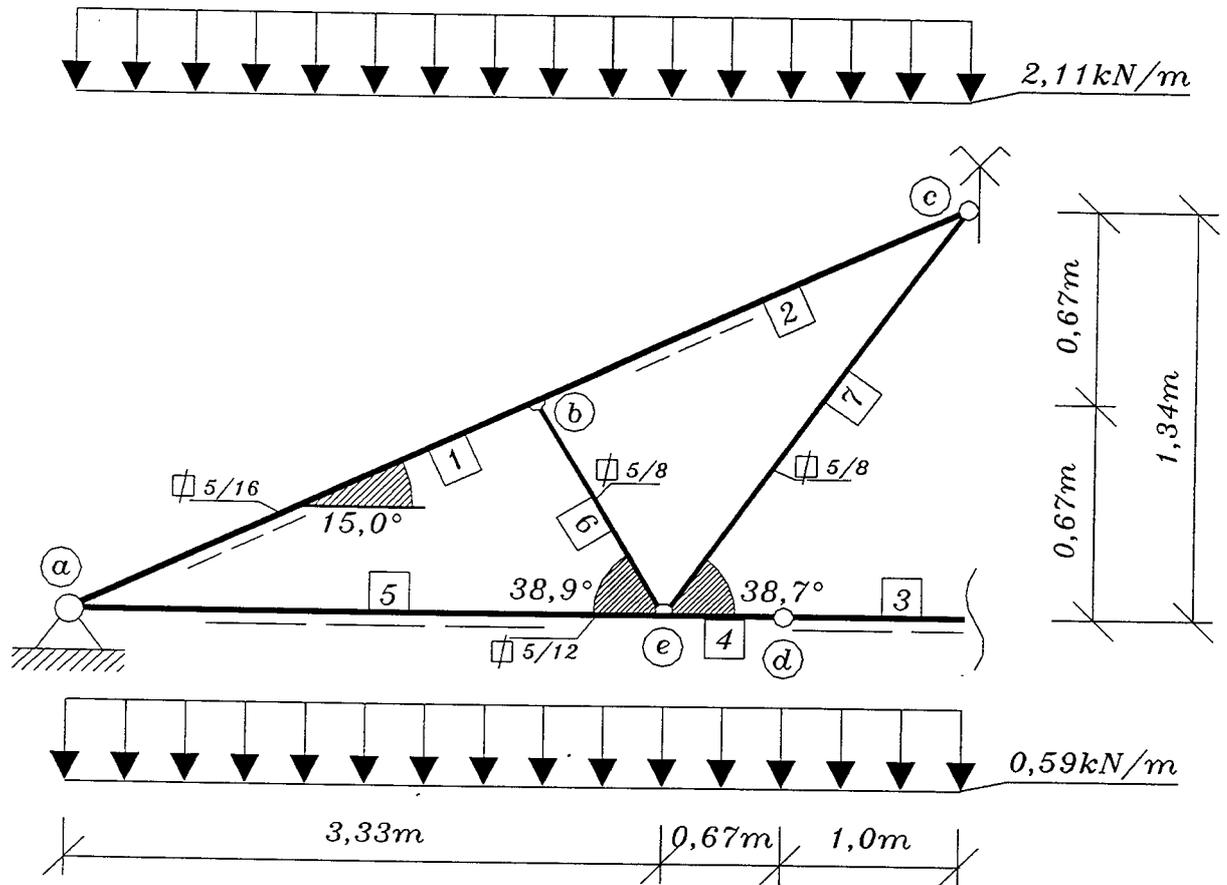


Abbildung A49 : Statisches System, Satteldachbinder nach EC 5 - vereinfachter Nachweis

2.4.3 Einwirkungen

siehe Abschnitt 2.2.3

2.4.4 Schnittgrößen

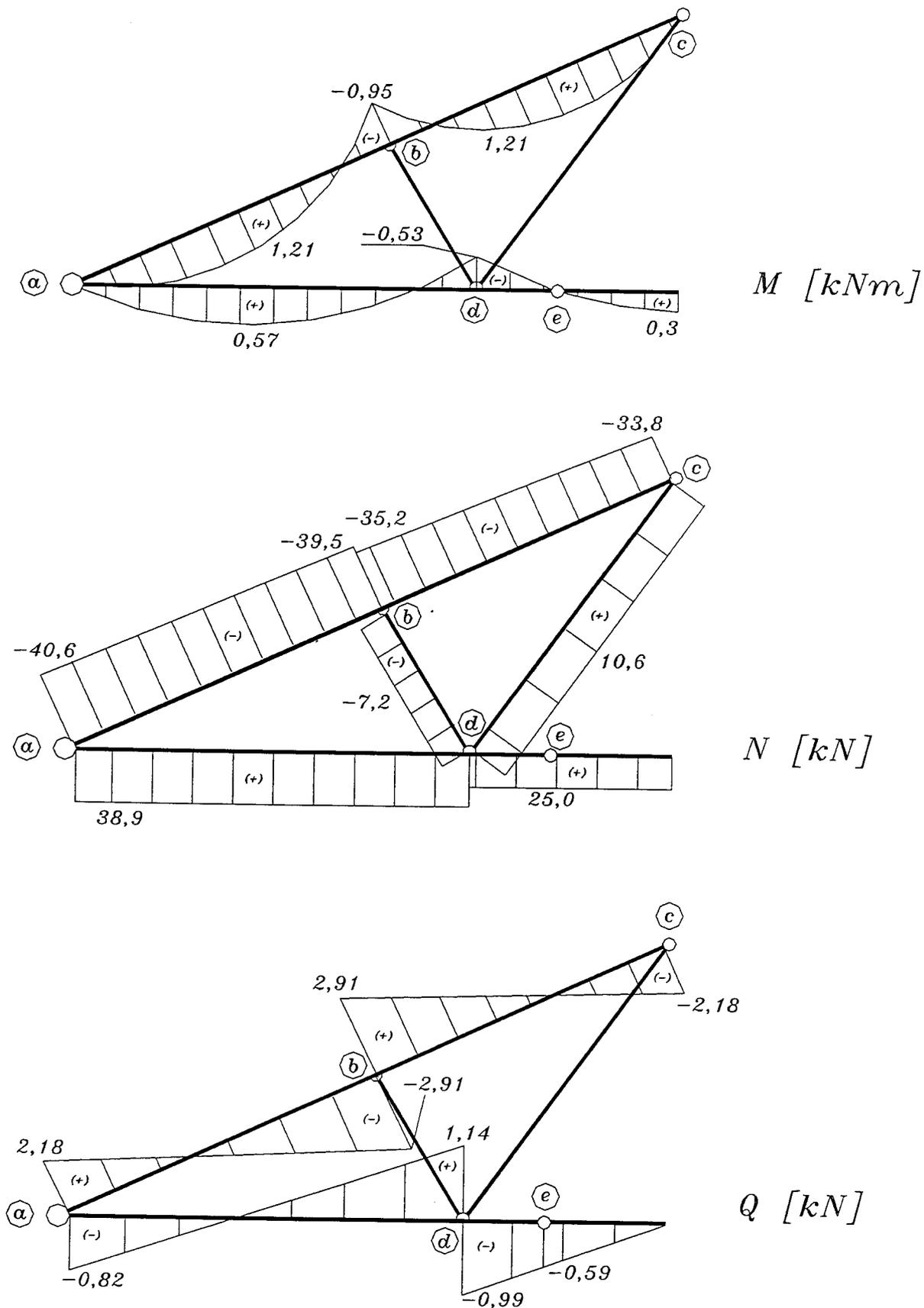


Abbildung A50 : Schnittgrößen für die Berechnung nach EC5 - vereinfachter Nachweis

2.4.5. Bemessung der Stäbe

2.4.5.1 Obergurt (Stäbe 1-2)

vorh.: 5/16 Vollholz S10/MS10

Bemessungswerte der Festigkeit

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{24 \cdot 0,9}{1,3} = 16,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_{Mu}} = \frac{21 \cdot 0,9}{1,3} = 14,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0,05} = 7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

EC5 2.2.3.2 P (1)
Tab. 2.3.3.2
Tab. 3.1.7
3.1.7 (2)
und NAD
Tab. 3.2-1

Knicksicherheitsnachweis

$$s_{k,y} = \frac{2,5 \cdot 0,80}{\cos 15^\circ} = 2,07\text{m} \Rightarrow \lambda_y = \frac{2,07 \cdot 10^2}{0,289 \cdot 16} = 45$$

$$s_{k,z} = 0,77\text{m} \Rightarrow \lambda_z = \frac{0,77 \cdot 10^2}{0,289 \cdot 5} = 53$$

EC5 5.4.1.4 (1)

Annahme für die
Knicklänge:

$$s_k = 0,8 \cdot s$$

EC5 Gl.(5.2.1 a-h)

$$\sigma_{c,krit,y} = \frac{E_{0,05} \cdot \pi^2}{\lambda_y^2} = \frac{7400 \cdot \pi^2}{45^2} = 36,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{c,krit,z} = \frac{E_{0,05} \cdot \pi^2}{\lambda_z^2} = \frac{7400 \cdot \pi^2}{53^2} = 26,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,krit,y}}} = \sqrt{\frac{21}{36,1}} = 0,76 > 0,5$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,krit,z}}} = \sqrt{\frac{21}{26}} = 0,90 > 0,5$$

EC5 5.2.1 (3)

kein allgemeiner
Spannungsnachweis erforderlich

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (0,76 - 0,5) + 0,76^2) = 0,81$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (0,90 - 0,5) + 0,90^2) = 0,95$$

$\beta_c = 0,2$ für
Vollholz

$$k_{c,y} = \frac{1}{\left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}\right)} = 0,917$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{\left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}\right)} = 0,797$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{I_{ef} \cdot h} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{mean}}{E_{0,mean}}} = \frac{\pi \cdot 50^2 \cdot 7400}{770 \cdot 160} \cdot \sqrt{\frac{690}{11000}} = 118 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

EC5 Gl.(5.2.2 a-f)
NAD 5.2.1 (4)

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{f_{\text{m,k}}}{\sigma_{\text{m,crit}}}} = \sqrt{\frac{24}{118}} = 0,45 \Rightarrow k_{\text{crit}} = 1,0 \Rightarrow \text{Kippen nicht maßgebend!}$$

$$\sigma_{\text{c,0,d}} = \frac{40,0 \cdot 10^3}{50 \cdot 160} = 5,00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{m,d}} = \frac{1,21 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 160^2} = 5,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{5,0}{0,917 \cdot 14,5} + \frac{5,67}{16,6} = 0,72 < 1,0$$

$$\frac{5,0}{0,797 \cdot 14,5} + \frac{5,67}{16,6} \cdot 0,7 = 0,67 < 1,0$$

2.4.5.2 Untergurt

vorh.: 5/12 Vollholz S10/MS10

Bemessungswerte der Festigkeit

$$f_{\text{m,d}} = 16,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{\text{t,0,d}} = \frac{14 \cdot 0,9}{13} = 9,69 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{t,0,d}} = \frac{38,9 \cdot 10^3}{50 \cdot 120} = 6,48 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{m,d}} = \frac{0,57 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 120^2} = 4,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{4,75}{16,6} + \frac{6,48}{9,69} = 0,95 < 1,0$$

2.4.5.3 Druckdiagonale

vorh.: 5/8 Vollholz S10/MS10

$$s_{\text{k,y}} = 1,07\text{m} \Rightarrow \lambda_{\text{y}} = 46$$

$$s_{\text{k,z}} = 1,07\text{m} \Rightarrow \lambda_{\text{z}} = 74$$

$$\Rightarrow \sigma_{\text{c,crit,z}} = 13,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow \lambda_{\text{rel,z}} = 1,25 > 0,5$$

$$\Rightarrow k_{\text{y}} = 1,36 \Rightarrow k_{\text{c,y}} = 0,531$$

$$\sigma_{\text{c,0,d}} = \frac{7,20 \cdot 10^3}{50 \cdot 80} = 1,80 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1,80}{14,5 \cdot 0,531} = 0,23 \ll 1,0$$

U.U. kann die Knicklänge auch auf $0,8 \cdot 1,07$ begrenzt werden, wenn man eine elastische Einspannung an den Stabenden annimmt.

vgl. EC 5

5.4.1.4 (1)

5.4.1.4 (2)

2.4.5.4 Zugdiagonale

vorh.: 5/8 Vollholz S10/MS10

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{10,6 \cdot 10^3}{50 \cdot 80} = 2,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{2,65}{9,69} = 0,27 < 1,0$$

2.4.6 Bemessung der Platten

2.4.6.1 Traufplatte Untergurt

Nachweis der Nagelbelastung am Untergurt

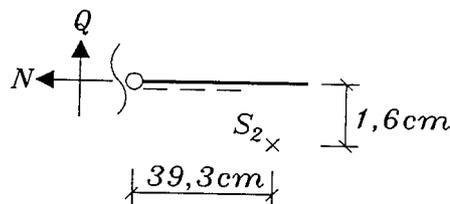


Abbildung A51 : Schnittgrößen Traufplatte Untergurt

$$N = 38,9 \text{ kN}$$

$$Q = -0,82 \text{ kN}$$

$$M_e = 38,9 \cdot 0,016 + 0,82 \cdot 0,393 = 0,94 \text{ kNm}$$

$$R = \sqrt{38,9^2 + 0,82^2} = 38,9 \text{ kN}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{N}{Q}\right) = 1,21^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{38,9 \cdot 10^3}{2 \cdot 171} = 114 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d,F} = \frac{0,94 \cdot 10^6 \cdot 23,2 \cdot 10}{12222 \cdot 10^2 \cdot 2} = 89,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,1,21,1,21,d} = \frac{199 \cdot 0,9}{1,3} = 138 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{\tau_{F,d}}{f_{a,1,21,1,21,d}} = \frac{114}{138} = 0,83 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{89,2}{2 \cdot 76,2} = 0,59 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{114 + 89,2}{1,5 \cdot 138} = 0,98 < 1,0$$

Es ist zu überlegen, ob an dieser Stelle nicht zwischen der Lage des Gelenkes im statischen System und in einem lokalen System (f.d. Berechnung der Platten) unterschieden werden sollte. Dabei könnte die Lage des „lokalen Gelenkes“ in der Fuge angenommen werden.

2.4.6.2 Traufplatte Obergurt

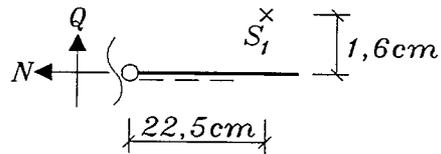


Abbildung A52 : Schnittgrößen Traufplatte Obergurt

$$N = 38,9 \text{ kN}$$

$$Q = -0,82 \text{ kN}$$

$$M_e = 38,9 \cdot 0,016 - 0,82 \cdot 0,225 = 0,44 \text{ kNm}$$

$$R = 38,9 \text{ kN}$$

$$\tau_{F,d} = 114 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,44}{0,94} \cdot 89,2 = 41,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha = 1,21^\circ \quad \beta = 16,2^\circ$$

$$f_{a,1,21,16,21,d} = \frac{183 \cdot 0,9}{13} = 127 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,1,21,16,21,d}} = \frac{114}{127} = 0,90 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{41,7}{2 \cdot 76,2} = 0,27 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{114 + 41,7}{1,5 \cdot 138} = 0,75 < 1,0$$

Plattenbemessung

$$F = 38,9 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1,21^\circ$$

$$M_e = 38,9 \cdot 0,016 + 0,82 \cdot 0,225 = 0,81 \text{ kNm}$$

$$F_M = \frac{2 \cdot M_e}{l_E} = \frac{2 \cdot 0,81}{0,421} = 3,83 \text{ kN}$$

$$\gamma = 15^\circ$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} F_x &= F \cdot \cos \alpha \pm F_M \cdot \sin \gamma \\ F_y &= F \cdot \sin \alpha \pm F_M \cdot \cos \gamma \end{aligned}$$

EC 5 D.6.5.2 (1)

$$\Rightarrow \begin{aligned} F_{x1} &= 39,9 \text{ kN} & F_{y1} &= -2,88 \text{ kN} \\ F_{x2} &= 37,9 \text{ kN} & F_{y2} &= 4,52 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tragfähigkeit nach
EC5 D 6.5.2 (2)

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{2724}{1,1} \cdot 42,1 \cdot \sin 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 54,0 \text{ kN} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1080}{1,1} \cdot 42,1 \cdot \cos 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{79,9 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1596}{1,1} \cdot 42,1 \cdot \cos 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{118 \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{1368}{1,1} \cdot 42,1 \cdot \sin 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 27,1 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{F_{x,i}}{R_{x,d}} \right)^2 + \left(\frac{F_{y,i}}{R_{y,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\Rightarrow 0,25 < 1,0$$

$$\Rightarrow 0,23 < 1,0$$

2.4.6.3 Obergurtnoten

Nachweis der Nagelbelastung am Obergurt

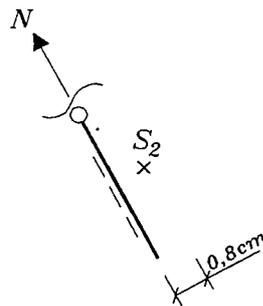


Abbildung A53 : Schnittgrößen am Obergurtnoten

$$N = -7,20 \text{ kN}$$

$$Q = 0$$

$$M_e = 7,20 \cdot 0,008 = 0,058 \text{ kNm}$$

$$\tau_{F,d} = \frac{7,20 \cdot 10^3}{2 \cdot 218} = 165 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,058 \cdot 10^6 \cdot 4,5 \cdot 10}{2 \cdot 109 \cdot 10^2} = 121 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = 0^\circ \quad \beta = 53,9^\circ$$

$$\Rightarrow f_{a,0,53,9,d} = \frac{146 \cdot 0,9}{1,3} = 101 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,0,53,9,d}} = \frac{165}{101} = 1,64 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{121}{2 \cdot 76,2} = 0,79 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d} + \tau_{F,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{165 + 121}{1,5 \cdot 138} = 1,39 > 1,0$$

Nachweis der Nagelbelastung für die Druckdiagonale

$$N = -7,20 \text{ kN}$$

$$M_e = -7,20 \cdot 0,007 = 0,051 \text{ kNm}$$

$$\tau_{F,d} = \frac{7,20 \cdot 10^3}{2 \cdot 19,8} = 182 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,051 \cdot 10^6 \cdot 4,2 \cdot 10}{2 \cdot 98,3 \cdot 10^2} = 108 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\alpha = \beta = 0 \Rightarrow f_{a,0,0,d} = 138 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,0,0,d}} = \frac{182}{138} = 1,31 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{108}{2 \cdot 78,2} = 0,69 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{182 + 108}{1,5 \cdot 138} = 1,40 > 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{c,0,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{1816}{1,1} \cdot 9,41 \cdot \sin 36,1^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{18,3 \text{ kN}} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1080}{1,1} \cdot 9,41 \cdot \cos 36,1^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 14,9 \text{ kN} \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{c,90,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1064}{1,1} \cdot 9,41 \cdot \cos 36,1^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{14,7 \text{ kN}} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{1368}{1,1} \cdot 9,41 \cdot \sin 36,1^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 13,8 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{7,84}{18,3} \right)^2 + \left(\frac{0,87}{14,7} \right)^2 = 0,19 < 1,0$$

2.4.6.4 Firstknoten

Nachweis der Nagelbelastung am Obergurt

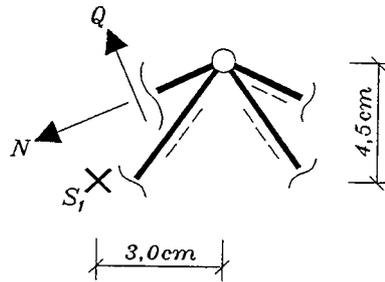


Abbildung A54 : Schnittgrößen am Firstknoten oben

$$N = -33,8 \text{ kN}$$

$$Q = -2,18 \text{ kN}$$

$$F_H = -33,8 \cdot \cos 15^\circ - 2,18 \cdot \sin 15^\circ = -33,2 \text{ kN}$$

$$F_V = -33,8 \cdot \sin 15^\circ + 2,18 \cdot \cos 15^\circ = -6,64 \text{ kN}$$

$$R_{\text{ges}} = \sqrt{\left(\frac{33,2}{2}\right)^2 + 6,64^2} = 17,9 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{F_V}{F_H/2}\right) = 21,8^\circ \quad \beta = \alpha - 15^\circ = 6,8^\circ$$

$$M_e = -\frac{33,2}{2} \cdot 0,045 - 6,64 \cdot 0,03 = 0,95 \text{ kNm}$$

$$\tau_{F,d} = \frac{17,9 \cdot 10^3}{2 \cdot 63,9} = 140 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,95 \cdot 10^6 \cdot 6,1 \cdot 10}{2 \cdot 725 \cdot 10^2} = 400 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,21,8,6,8,d} = 193 \cdot \frac{0,9}{13} = 133 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,21,8,6,8,d}} = \frac{140}{133} = 1,05 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{400}{2 \cdot 76,2} = 2,62 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{140 + 400}{1,5 \cdot 138} = 2,61 > 1,0$$

Angesichts der großen Momentenanteile ist zu überlegen, ob nicht zwischen der Lage des Gelenkes im statischen System und in einem lokalen System (f.d. Berechnung der Platten) unterschieden werden sollte. Wo dieses „lokale Gelenk“ anzunehmen wäre, ist zumindestens für den Firstknoten nicht eindeutig erkennbar.

Zugdiagonale

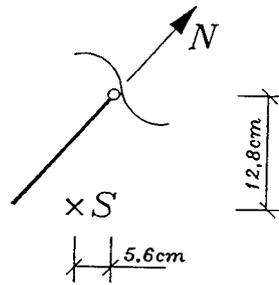


Abbildung A55 : Schnittgrößen am Firstknoten, unten

$$N = 10,6 \text{ kN}$$

$$M_e = 10,6 \cdot \cos 38,7^\circ \cdot 0,128 - 10,6 \cdot \sin 38,7^\circ \cdot 0,056 = 0,688 \text{ kNm}$$

$$\beta = 0 \quad \alpha = 38,7^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{10,6 \cdot 10^3}{2 \cdot 42,6} = 124 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,688 \cdot 10^6 \cdot 6 \cdot 10}{2 \cdot 359 \cdot 10^2} = 574 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,38,7,0,d} = 200 \cdot \frac{0,9}{1,3} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,7,0,d}} = \frac{124}{139} = 0,90 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{574}{2 \cdot 76,2} = 3,77 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{124 + 574}{1,5 \cdot 138} = 3,38 > 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_x = 0$$

$$F_y = 2 \cdot 10,6 \cdot \sin 38,7^\circ = 13,3 \text{ kN}$$

$$\gamma = 0^\circ$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1596}{1,1} \cdot 21 \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{60,9 \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{13,3}{60,9} \right)^2 = 0,05 \ll 1,0$$

2.4.6.5 Stoß

Nachweis der Nageltragfähigkeit

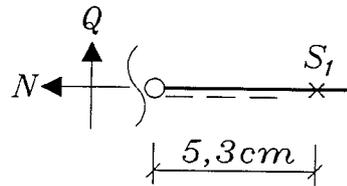


Abbildung A56 : Schnittkräfte am Untergurtstoß

$$N = 25,0 \text{ kN}$$

$$Q = -0,59 \text{ kN}$$

$$M_e = 0,59 \cdot 0,053 = 0,031 \text{ kNm}$$

$$R = \sqrt{25,0^2 + 0,59^2} = 25,0 \text{ kN}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{Q}{N}\right) = 1,35^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{25,0 \cdot 10^3}{2 \cdot 86,5} = 145 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,031 \cdot 10^6 \cdot 6,6 \cdot 10}{2 \cdot 1260 \cdot 10^2} = 8,12 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,1,35,1,35,d} = \frac{199 \cdot 0,9}{1,3} = 138 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,1,66,1,66,d}} = \frac{145}{138} = 1,05 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{8,12}{2 \cdot 76,2} = 0,05 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{145 + 8,12}{1,5 \cdot 138} = 0,74 < 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_x = 25,0 \text{ kN}$$

$$F_y = 0,59 \text{ kN}$$

$$\gamma = 90^\circ$$

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin 90^\circ \cdot 2 = \frac{2724}{1,1} \cdot 10 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{49,5 \text{ kN}} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos 90^\circ \cdot 2 = 0 \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos 90^\circ \cdot 2 = 0 \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin 90^\circ \cdot 2 = \frac{1368}{1,1} \cdot 10 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{24,9 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{25,0}{49,5}\right)^2 + \left(\frac{0,59}{24,9}\right)^2 = 0,26 < 1,0$$

2.4.6.6 Untergurtnoten

Nachweis der Nageltragfähigkeit am Untergurt

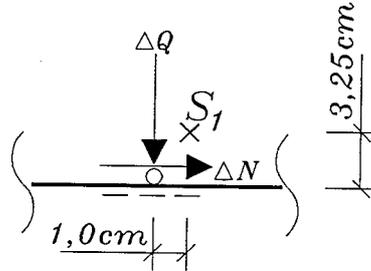


Abbildung A57 : Schnittgrößen am Untergurtnoten

$$\Delta N = -13,9 \text{ kN}$$

$$\Delta Q = -2,13 \text{ kN}$$

$$M_e = -13,9 \cdot 0,0325 - 2,13 \cdot 0,01 = 0,473 \text{ kNm}$$

$$R = \sqrt{2,13^2 + 13,9^2} = 14,1 \text{ kN}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{\Delta Q}{\Delta N}\right) = 8,7^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{14,1 \cdot 10^3}{2 \cdot 49,7} = 142 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,473 \cdot 10^6 \cdot 7,3 \cdot 10}{2 \cdot 886 \cdot 10^2} = 195 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,8,71,8,71,d} = \frac{191 \cdot 0,9}{1,3} = 132 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,8,71,8,71,d}} = \frac{142}{132} = 1,07 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{195}{2 \cdot 76,2} = 1,28 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{142 + 195}{1,5 \cdot 138} = 1,63 > 1,0$$

Angehts der großen Momentenanteile ist zu überlegen, ob nicht zwischen der Lage des Gelenkes im statischen System und in einem lokalem System (f.d. Berechnung der Platten) unterschieden werden sollte. Beim Untergurtnoten könnte dieses „lokale Gelenk“ im Schnittpunkt der Systemlinien der Diagonalstäbe angenommen werden.

Nachweis der Nageltragfähigkeit für die Druckdiagonale

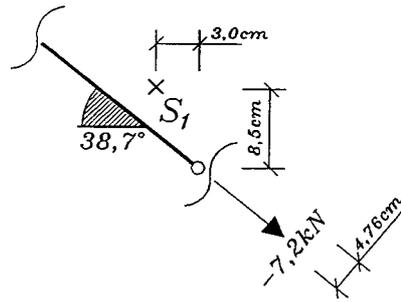


Abbildung A58 : Schnittgrößen für die Druckdiagonale am Untergurtknoten

$$N = -7,20 \text{ kN}$$

$$M_e = 7,20 \cdot \cos 38,7^\circ \cdot 0,085 - 7,20 \cdot \sin 38,7^\circ \cdot 0,03 = 0,343 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 38,7^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{7,20 \cdot 10^3}{2 \cdot 25,3} = 142 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,343 \cdot 10^6 \cdot 3,8 \cdot 10}{2 \cdot 127 \cdot 10^2} = 515 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,38,7,0,d} = \frac{200 \cdot 5 \cdot 0,9}{13} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,7,0,d}} = \frac{142}{139} = 1,03 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{542}{2 \cdot 76,2} = 3,56 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{142 + 515}{1,5 \cdot 138} = 3,17 > 1,0$$

Nachweis der Nageltragfähigkeit für die Zugdiagonale

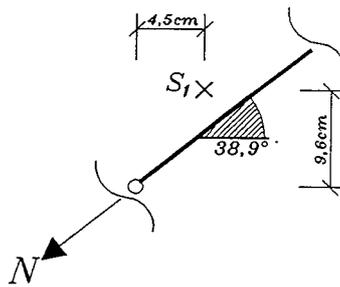


Abbildung A59 : Schnittgrößen für die Zugdiagonale am Untergurtnoten

$$N = 10,2 \text{ kN}$$

$$M_e = 10,2 \cdot \cos 38,9^\circ \cdot 0,096 + 10,2 \cdot \sin 38,9^\circ \cdot 0,045 = 1,05 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 38,9^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{10,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 32,3} = 158 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{1,05 \cdot 10^6 \cdot 4,4 \cdot 10}{2 \cdot 192 \cdot 10^2} = 1206 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,38,9,0,d} = \frac{200 \cdot 0,9}{1,3} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,9,0,d}} = \frac{158}{139} = 1,14 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{1206}{2 \cdot 76,2} = 7,91 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{158 + 1206}{1,5 \cdot 138} = 6,59 > 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_V = 2,13 \text{ kN} \quad F_H = 13,9 \text{ kN}$$

$$M = 13,9 \cdot 0,06 - 2,13 \cdot 0,01 = 0,813 \text{ kNm}$$

$$F_{x,1} = 13,9 \text{ kN} \quad F_{y,1} = 2,13 + \frac{0,813}{2 \cdot 0,152} = 4,80 \text{ kN}$$

$$\gamma = 0^\circ$$

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin 0^\circ \cdot 2 = 0 \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 = \frac{1080}{1,1} \cdot 15,2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = \underline{29,8 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 = \frac{1596}{1,1} \cdot 15,2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{44,1 \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin 0^\circ \cdot 2 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{13,9}{29,8} \right)^2 + \left(\frac{4,80}{44,1} \right)^2 = 0,23 < 1,0$$

Es wird die horizontale Fuge nachgewiesen.

2.4.7 Alternativbemessung der Nagelplatten

Bezieht man die Exzentrizitäten der Plattenanschlußflächen auf die Gelenke im statischen System, so ergeben sich z.T. unrealistisch große Versatzmomente (s. Abschnitt 2.4.6).

Im folgenden werden „lokale Gelenke“ i.d. Fugen der verbundenen Stäbe angenommen.

2.4.7.1 Traufplatte Untergurt

Nachweis der Nagelbelastung am Untergurt

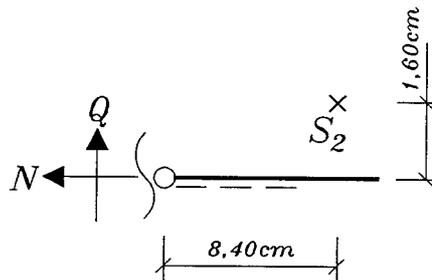


Abbildung A60 : Schnittgrößen Traufplatte Untergurt

$$N = 38,9 \text{ kN}$$

$$Q = -0,82 \text{ kN}$$

$$M_e = 38,9 \cdot 0,016 + 0,82 \cdot 0,084 = 0,69 \text{ kNm}$$

$$R = \sqrt{38,9^2 + 0,82^2} = 38,9 \text{ kN}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{N}{Q}\right) = 1,21^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{38,9 \cdot 10^3}{2 \cdot 171} = 114 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,69 \cdot 10^6 \cdot 23,2 \cdot 10}{12222 \cdot 10^2 \cdot 2} = 65,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,1,21,1,21,d} = \frac{199 \cdot 0,9}{1,3} = 138 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,1,21,1,21,d}} = \frac{114}{138} = 0,83 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{65,5}{2 \cdot 76,2} = 0,43 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{114 + 65,5}{1,5 \cdot 138} = 0,87 < 1,0$$

2.4.7.2 Traufplatte Obergurt

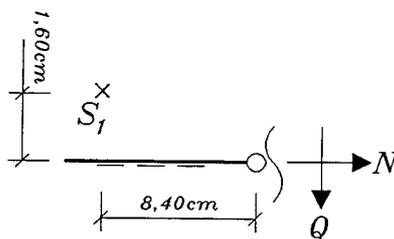


Abbildung A61 : Schnittgrößen Traufplatte Obergurt

$$N = 38,9 \text{ kN}$$

$$Q = -0,82 \text{ kN}$$

$$M_e = 38,9 \cdot 0,016 - 0,82 \cdot 0,084 = 0,55 \text{ kNm}$$

$$R = 38,9 \text{ kN}$$

$$\tau_{F,d} = 114 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,55}{0,69} \cdot 65,5 = 52,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha = 1,21^\circ \quad \beta = 16,21^\circ$$

$$f_{a,1,21,16,21,d} = \frac{183 \cdot 0,9}{1,3} = 127 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,1,21,16,21,d}} = \frac{114}{127} = 0,90 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{52,2}{2 \cdot 76,2} = 0,34 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{114 + 52,2}{1,5 \cdot 138} = 0,80 < 1,0$$

Plattenbemessung

$$F = 38,9 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1,21^\circ$$

$$\gamma = 15^\circ$$

$$\Rightarrow F_x = F \cdot \cos \alpha$$

$$\Rightarrow F_y = F \cdot \sin \alpha$$

$$\Rightarrow F_x = 38,9 \text{ kN} \quad F_y = 0,82 \text{ kN}$$

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{2724}{11} \cdot 42,1 \cdot \sin 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 54,0 \text{ kN} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1080}{11} \cdot 42,1 \cdot \cos 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{79,9 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1596}{11} \cdot 42,1 \cdot \cos 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{118 \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{1368}{11} \cdot 42,1 \cdot \sin 15^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 27,1 \text{ kN} \end{cases}$$

EC 5 D.6.5.2 (1)
Tragfähigkeit nach
EC5 D 6.5.2 (2)

$$\Rightarrow \left(\frac{F_{x,i}}{R_{x,d}} \right)^2 + \left(\frac{F_{y,i}}{R_{y,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\Rightarrow 0,24 < 1,0$$

2.4.7.3 Obergurtnoten

Die Berechnung der Nagelbelastungen entspricht derjenigen des Abschnitts 2.4.6.3.

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_x = 7,20 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$F_M = 0$$

$$\gamma = 53,9^\circ$$

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{c,0,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \cdot 2 = \frac{1816}{1,1} \cdot 9,41 \cdot \sin 53,9^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 25,1 \text{ kN} \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot 2 = \frac{1080}{1,1} \cdot 9,41 \cdot \cos 53,9^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 10,9 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{7,20}{25,1} \right)^2 = 0,08$$

2.4.7.4 Firstknoten

Solange nur ein „lokales Gelenk“ eingeführt wird, entspricht die Berechnung derjenigen des Abschnitts 2.4.6.4.

2.4.7.5 Stoß

Die Berechnung entspricht derjenigen des Abschnitts 2.4.6.5.

2.4.7.6 Untergurtnoten

Nachweis der Nageltragfähigkeit am Untergurt

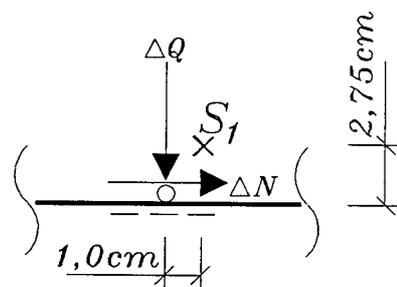


Abbildung A62 : Schnittgrößen am Untergurtnoten

$$\Delta N = -13,9 \text{ kN}$$

$$\Delta Q = -2,13 \text{ kN}$$

$$M_e = -13,9 \cdot 0,0275 - 2,13 \cdot 0,01 = 0,405 \text{ kNm}$$

$$R = \sqrt{2,13^2 + 13,9^2} = 14,1 \text{ kN}$$

$$\alpha = \beta = \arctan\left(\frac{\Delta Q}{\Delta N}\right) = 8,7^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{14,1 \cdot 10^3}{2 \cdot 49,7} = 142 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,405 \cdot 10^6 \cdot 7,3 \cdot 10}{2 \cdot 886 \cdot 10^2} = 165 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,8,71,8,71,d} = \frac{191 \cdot 0,9}{13} = 132 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,8,71,8,71,d}} = \frac{142}{132} = 1,08 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{165}{2 \cdot 76,2} = 1,08 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{142 + 165}{1,5 \cdot 138} = 1,48 > 1,0$$

Nachweis der Nageltragfähigkeit für die Druckdiagonale

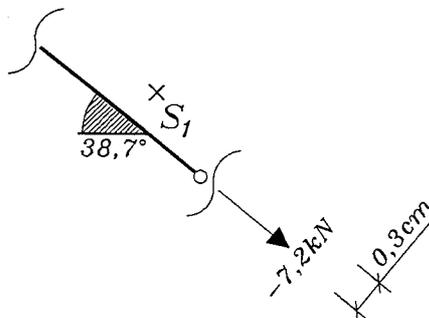


Abbildung A63 : Schnittgrößen für die Druckdiagonale am Untergurtnoten

$$N = -7,20 \text{ kN}$$

$$M_e = 7,20 \cdot 0,003 = 0,0216 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 38,7^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{7,20 \cdot 10^3}{2 \cdot 25,3} = 142 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,0216 \cdot 10^6 \cdot 3,8 \cdot 10}{2 \cdot 127 \cdot 10^2} = 32,4 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,38,7,0,d} = \frac{200 \cdot 0,9}{13} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,9,38,9,d}} = \frac{142}{139} = 1,03 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{32,4}{2 \cdot 76,2} = 0,21 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{142 + 32,4}{1,5 \cdot 138} = 0,85 < 1,0$$

Nachweis der Nageltragfähigkeit für die Zugdiagonale

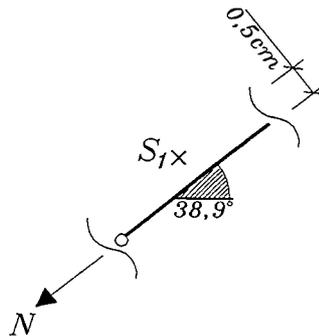


Abbildung A64 : Schnittgrößen für die Zugdiagonale am Untergurtnoten

$$N = 10,2 \text{ kN}$$

$$M_e = 10,2 \cdot 0,005 = 0,051 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 38,9^\circ \quad \beta = 0^\circ$$

$$\tau_{F,d} = \frac{10,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 32,3} = 158 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{M,d} = \frac{0,051 \cdot 10^6 \cdot 4,4 \cdot 10}{2 \cdot 192 \cdot 10^2} = 58,6 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{a,38,9,0,d} = \frac{200 \cdot 0,9}{13} = 139 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_{F,d}}{f_{a,38,9,0,d}} = \frac{158}{139} = 1,14 > 1,0$$

$$\frac{\tau_{M,d}}{2 \cdot f_{a,90,90,d}} = \frac{58,6}{2 \cdot 76,2} = 0,38 < 1,0$$

$$\frac{\tau_{F,d} + \tau_{M,d}}{1,5 \cdot f_{a,0,0,d}} = \frac{158 + 58,6}{1,5 \cdot 138} = 1,05 > 1,0$$

Nachweis der Plattentragfähigkeit

$$F_V = 2,13 \text{ kN} \quad F_H = 13,9 \text{ kN}$$

$$M = 13,9 \cdot 0,0275 = 0,382 \text{ kNm}$$

$$F_x = 13,9 \text{ kN} \quad F_y = 2,13 + \frac{0,382}{2 \cdot 0,152} = 3,39 \text{ kN}$$

Es wird die horizontale Fuge betrachtet.

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{t,0,d} \cdot l \cdot \sin 0^\circ \cdot 2 = 0 \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 = \frac{1080}{1,1} \cdot 15,2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = \underline{29,8 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{t,90,d} \cdot l \cdot \cos 0^\circ \cdot 2 = \frac{1596}{1,1} \cdot 15,2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{44,1 \text{ kN}} \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin 0^\circ \cdot 2 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{13,9}{29,8} \right)^2 + \left(\frac{3,39}{44,1} \right)^2 = 0,22 < 1,0$$

3 Vergleich und Zusammenfassung

3.1 Stabbemessung

Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt die Ausnutzungsgrade bei der Stabbemessung für die verschiedenen betrachteten Varianten.

Nr.	Berechnung nach	KSNW Obergurt	Allg. Sp. Untergurt	KSNW Druckdiag.	Allg. Sp. Zugdiag.
1.	DIN 1052	1,03	1,00 *	0,29	0,27 *
2.	EC5 mit Berücksichtigung von Exzentrizitäten und Federsteifigkeiten Traufpunktvariante 1:	1,35	1,16	-	-
	Traufpunktvariante 2:	0,95	1,25	0,13	0,18
3.	EC5 mit Berücksichtigung von Exzentrizitäten allein Traufpunktvariante 2:	0,99	1,27	0,15	0,20
4.	EC5 ohne Berücksichtigung von Exzentrizitäten und Federsteifigkeiten Traufpunktvariante 2 (vereinfachter Nachweis):	0,72	0,95	0,23	0,27

* zul $\sigma_{z,II} = 7 \text{ N/mm}^2$ s. DIN 1052 T.1 A1 !

Tabelle 1: Vergleich der Ausnutzungsgrade der Stabbemessungen !

Obergurte

Bei der Bemessung der Obergurte wirken sich verschiedene, z.T. gegenläufige Effekte auf den Vergleich zwischen DIN 1052 und EC5 aus:

Bei Berechnungen nach EC5, in denen Exzentrizitäten angesetzt werden, treten erhebliche Stabendmomente an den Knoten auf (s. Berechnungen 2 und 3). Die Größe der Stabendmomente hängt wesentlich von der Wahl der Traufpunktidealisierung ab. Diese führt bei den in der Berechnung 2 betrachteten Varianten zu Abweichungen von bis zu 40 % !

Bei größeren Stabendmomenten ist der Knicksicherheitsnachweis (KSNW) an der Traufe zu führen. Die anzusetzende Knicklänge für querbelastete Stäbe ist kleiner als bei einem KSNW im Feld ($s_k = 0,6 \cdot s$ statt $s_k = 0,8 \cdot s$).

EC5 5.4.1.4

Außerdem sind die Biege- und Druckfestigkeiten nach dem NAD etwa 15 - 20 % günstiger als nach DIN 1052.

Die unterschiedlichen Ausnutzungsgrade der Berechnungen 1 und 4 lassen sich z.T. durch die größeren Biege- und Druckfestigkeiten des NAD erklären.

Außerdem wurde die Knicklänge des Obergurtes in der Berechnung nach DIN 1052 zu $s_k = 1,0 \cdot s$ in der Berechnung nach EC5 zu $s_k = 0,8 \cdot s$ angesetzt.

DIN 1052 T.1 9.12
EC5 5.4.1.4 (3)

Untergurte

Die Berechnungen 2 und 3 sind mit eingerückten Auflagern durchgeführt worden, d.h. es treten größere Stützmomente über den Auflagern auf. Dies führt zu dem gegenüber der Berechnung nach DIN 1052 ungünstigeren Ausnutzungsgrad.

Ansonsten sind die Normalkräfte in den Berechnungen 2 und 3 deutlich kleiner als in Berechnung 4. Berechnungen 1 und 4 führen daher zu annähernd gleichen Ausnutzungsgraden.

Diagonalen

Durch die Stabendmomente der Obergurte an den Traufen werden die Füllstäbe in den Berechnungen 2 und 3 entlastet.

Die Berücksichtigung von Federsteifigkeiten führt zu einer nur sehr geringfügigen Entlastung der Füllstäbe.

3.2 Nageltragfähigkeit

Die nachfolgende **Tabelle 2** zeigt die Ausnutzungsgrade bei den Plattenbemessungen

Nr.	Berechnung nach	Taufknoten				Obergurtknoten				Firsiknoten				Stoß				Untergurt			
		Nägels		Platte		Nägels		Platte		Nägels		Platte		Nägels		Platte		Nägels		Platte	
		UG	OG	UG	OG	Diag	OG	Diag	OG	Diag	OG	Diag	OG	Diag	Z-Diag	D-Diag	UG	Diag	Z-Diag	D-Diag	UG
1.	DIN 1052	0,97	0,89	0,69	0,86	0,77	0,14	0,92	0,98	0,12	0,96	0,47	0,83	0,78	0,43	0,59					
2.	EC5 mit Berücksichtigung von Exz. und Federn	0,87	0,87	0,13	0,75	0,87	0,05	0,57	1,14	0,02	0,86	0,17	0,76	0,55	0,87	0,08					
3.	EC5 mit Berücksichtigung von Exzentritäten allein	0,90	0,90	0,14	0,89	1,05	0,06	0,64	1,20	0,02	0,86	0,17	0,85	0,66	0,99	0,12					
4.	EC5 ohne Berücksichtigung von Exz. und Federn. Plattenberechnung mit globalen Gelenken	0,98	0,90	0,25	1,40	1,64	0,19	3,77	2,62	0,05	1,05	0,26	7,91	3,56	1,63	0,23					
5.	EC5 ohne Berücksichtigung von Exz. und Federn. Plattenberechnung ohne globale Gelenke	0,87	0,90	0,24	1,40	1,64	0,08	3,77	2,62	0,05	1,05	0,26	1,14	1,03	1,48	0,22					

a) τ_F ist allein maßgebend

b) τ_M ist allein maßgebend

c) $\tau_F + \tau_M$ ist maßgebend

Tabelle 2: Vergleich der Ausnutzungsgrade der Platten (nur Traufpunktvariante 2)

Traufknoten

Der Einfluß von Versatzmomenten am Traufknoten wird in beiden Normen berücksichtigt. Die Verfahren erweisen sich bei dem vorliegenden System als etwa gleichwertig. Die Berechnung Nr. 4 führt zu unsymmetrischen Auslastungen der Nagelplatte, da hier das Gelenk im Schnittpunkt der Systemlinien der Gurte und nicht in der Fuge angenommen wurde.

Obergurtknoten

Die Annahme von fiktiven Balkenelementen an den Obergurten führt zu einer rechnerischen Entlastung der Diagonalen in den Berechnungen 2 und 3. Das Verhältnis Brutto-/Nettoplattenfläche ist für kleine Platten im EC5 wegen des abzuziehenden umlaufenden Randstreifens deutlich ungünstiger als nach DIN 1052. Auf den Ansatz von Druckkontakt wurde bei den Berechnungen nach EC5 verzichtet, da die dann auftretende Scherkomponente parallel zur Fuge sehr große Hebelarme zu den Schwerpunkten der Nagelplattenanschlußflächen hat.

Die relativ kleinen Exzentrizitäten zwischen den Schwerpunkten der Anschlußfläche und der Stabachse der Druckdiagonalen führen wegen des noch kleineren polaren Trägheitsmomentes zu signifikanten Anteilen von Versatzmomenten an der Nagelauslastung.

Firstknoten

Die Annahme fiktiver Balkenelemente an den Obergurten entlastet auch hier rechnerisch die Diagonalen bei den Berechnungen 2 und 3. Die Exzentrizitäten - besonders im OG - führen aber zu deutlich höheren rechnerischen Beanspruchungen als nach DIN 1052. Die DIN 1052 sieht keine Berücksichtigung von Exzentrizitäten im First vor. Firstknotenidealisationen mit einem Gelenk, wie in Berechnung 4 und 5, führen wegen der dann sehr großen Exzentrizitäten zu unrealistischen Ergebnissen.

Stoß

Die kleineren Normalkräfte im UG in den Berechnungen 2 und 3 führen zu günstigeren Ausnutzungsgraden als nach DIN 1052. Das Verhältnis Brutto-/Nettoplattenfläche ist für kleine Platten im EC5 wegen des abzuziehenden umlaufenden Randstreifens deutlich ungünstiger als nach DIN 1052.

Untergurtnoten

Die Annahme fiktiver Balkenelemente an den Obergurten entlastet auch hier rechnerisch die Diagonalen bei den Berechnungen 2 und 3. Die Exzentrizitäten - besonders im OG - führen aber zu deutlich höheren rechnerischen Beanspruchungen als nach DIN 1052.

Wird das Gelenk, wie in Berechnung 4, als auf der Symmetrieachse des UG liegend angenommen, dann ergeben sich infolge der großen Exzentrizitäten unrealistisch große Versatzmomente.

Die Annahme eines lokalen Gelenkes in der Fuge bei ansonsten gleich großen Schnittkräften führt dagegen zu realistischeren Ausnutzungsgraden.

3.3 Plattentragfähigkeit

Wenn das Gelenk in der Fuge zwischen den Stäben angenommen wird (Berechnungen 1,2,3 und 5), ergeben sich infolge der höheren Plattenfestigkeiten und des geänderten Bemessungsverfahrens durchwegs geringere Ausnutzungsgrade bei der Berechnung nach EC5.

Die Berücksichtigung von Exzentrizitäten führt zu kleineren Normalkräften in den Füllstäben und damit zu niedrigeren Ausnutzungsgraden (vergleiche Berechnung 2 und 3 mit Berechnung 5).

Anhang

Fiktive Nageltragfähigkeiten $f_{a,\alpha,\beta,k}$ in N/cm^2 .

$\beta \backslash \alpha$	$f_{a,\alpha,\beta,k}$ in N/cm^2						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	200	200	200	200	190	150	120
15°	184	184	184	184	176	144	118
30°	170	170	170	170	164	136	116
45°	154	154	154	154	150	130	108
60°	140	140	140	140	136	124	114
75°	124	124	124	124	124	116	112
90°	110	110	110	110	110	110	110

Fiktive charakteristische Plattentragfähigkeiten $f_{t,\alpha,k}$, $f_{c,\alpha,k}$ und $f_{v,\alpha,k}$ in N/cm

α	$f_{t,\alpha,k}$	$f_{c,\alpha,k}$	$f_{v,\alpha,k}$
	[N/cm]	[N/cm]	[N/cm]
0°	2724	1816	1080
15°	2412	1608	948
30°	2136	1424	1284
45°	1908	1272	1596
60°	1740	1160	1728
75°	1632	1088	1428
90°	1596	1064	1368
105°	1632	1088	756
120°	1740	1160	864
135°	1908	1272	960
150°	2136	1424	960
165°	2412	1608	960
180°	2724	1816	1080