

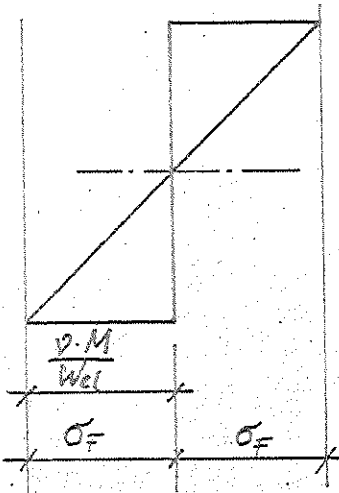
Erläuterungen und Beispiele zur TGL 13500 (04/82)

1. Teilplastische Bemessung für Biegeträger

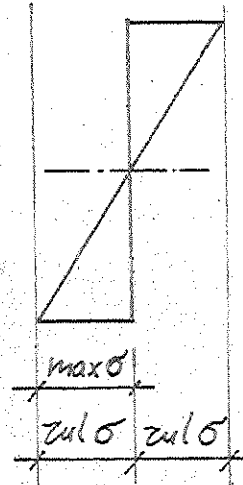
1.1. Grundlagen

bisher: Nachweis im elastischen Bereich

Spannungsverlauf
im Grenzzustand



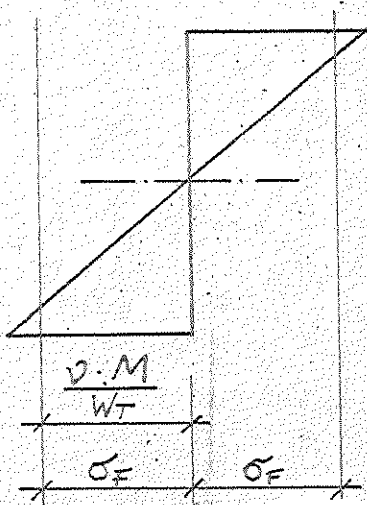
Spannungsverlauf für
den Nachweis



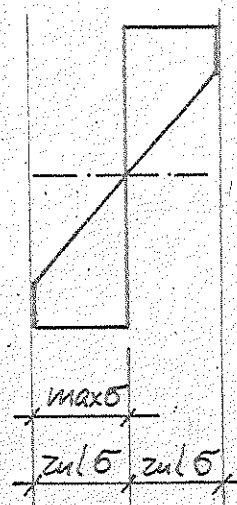
$$\max \sigma = \frac{M}{W_{el}} \leq \text{zul } \sigma \left(= \frac{\sigma_F}{\gamma} \right)$$

jetzt: Nachweis mit Teilplastizierung

Spannungsverlauf



idealisierte Spannungsver-
lauf für den Nachweis

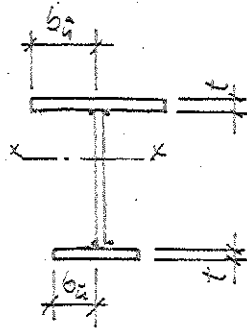


$$\left. \begin{array}{l} \max \sigma = \frac{M}{W_T} \\ \text{bzw.} = \frac{M}{W_{el}} \end{array} \right\} \leq \text{zul } \sigma \left(= \frac{\sigma_F}{\gamma} \right)$$

1.2. Vorbedingungen

- Statischer Spannungsnachweis von Biegeträgern, keine Wanderlasten
- Verfahren nach zul. Spannungen, kein Traglastverfahren nach TGL 13450/02
- Einhaltung eines geometrischen Verhältnisses nach TGL 13500/02, Tab. A in Abhängigkeit der Stahl-FK und der Eigenspannungen der Querschnitte:

$$\frac{b_a}{t} \leq \text{zul} \left(\frac{b_a}{t} \right)$$



Walzprofile nach TGL C-1025 und 29658 sowie geschweißte VW-Träger der Auswahlreihen I-L und I-S (ersetzen den MLK-S 1402) erfüllen diese Forderung!

1.3. Ermittlung der Widerstandsmomente W_T

1.3.1. Biegung um die x-Achse

- Prinzipiell:

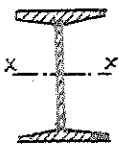
$$W_{T,x} = \frac{W_{el,x} + W_{pl,x}}{2} \leq 1,2 \cdot W_{el,x} \quad \text{und}$$

$$W_{T,x} = W_{el,x}, \quad \text{wenn } W_{pl,x} < W_{el,x}$$

$W_{el,x}$ = Widerstandsmoment bei elastischer Spannungsverteilung

$W_{pl,x}$ = Widerstandsmoment bei vollplastischer Spannungsverteilung

- Walzprofile



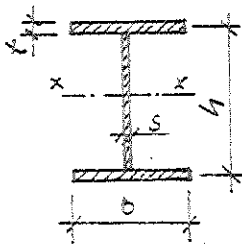
I TGL 0-1025: $W_{T,x}$ nach TGL 13500/02, Tab. 18

IPE TGL 23658: " " " "

[TGL 0-1026: " " " "

IE TGL 10369 und jedes andere doppel-symmetrische Walzprofile: $W_{T,x} = \frac{W_{el,x}}{2} + S_x$

- Geschweißte VW-Träger (doppelsymmetrisch)



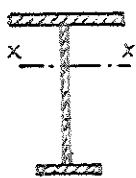
Tabellen der Auswahlreihen I-L und I-S des MLK (früher MLK-S 1402) oder

$$W_{T,x} = \frac{W_{el,x}}{2} + S_x \quad \text{oder}$$

$$W_{T,x} = h \cdot (b \cdot t + \frac{h \cdot s}{5}) \quad \text{oder}$$

$$W_{T,x} \approx 1,05 \cdot W_{el,x}$$

- Geschweißte VW-Träger (einfachsymmetrisch)



$$W_{T,x} = \frac{W_{el,x} + W_{pl,x}}{2} \quad \text{mit}$$

$$W_{pl,x} = \sum |S_x| \quad (\text{auf Flächenhalb. bezogen})$$

oder $W_{T,x}$ nach Formel (4) TGL 13500/02.

1.3.2. Biegung um die y-Achse

- Doppelsymmetrische Querschnitte

$$W_{T,y} = 1,2 \cdot W_{el,y}$$

- Einfachsymmetrische Querschnitte

$$W_{T,y} = 1,2 \cdot W_{el,y} \quad (\text{nur für stärkeren Gurt})$$

2. Ermüdungsfestigkeitsnachweis

2.1. Form des Nachweises

Einzelnachweise nach F. (5):

Grundwerkstoff

$$\sigma_z \leq \text{zul } \sigma_{Be,z}$$

$$\sigma_y \leq \text{zul } \sigma_{Be,y}$$

$$\tau \leq \text{zul } \tau_{Be}$$

Schweißnaht

$$\sigma_{\perp} \leq \text{zul } \sigma_{Be,\perp}$$

$$\sigma_{\parallel} \leq \text{zul } \sigma_{Be,\parallel}$$

$$\tau \leq \text{zul } \tau_{Be}$$

Zusammengesetzter Nachweis nach F. (7):

(Hypothese der konst. Gestaltänderungsarbeit)

Grundwerkstoff

$$\left(\frac{\sigma_z}{\text{zul } \sigma_{Be,z}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{\text{zul } \sigma_{Be,y}} \right)^2 - \frac{\sigma_z \cdot \sigma_y}{\text{zul } \sigma_{Be,z} \cdot \text{zul } \sigma_{Be,y}} + \left(\frac{\tau}{\text{zul } \tau_{Be}} \right)^2 \leq 1$$

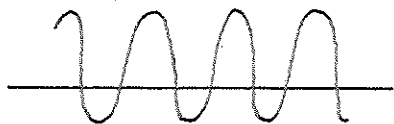
Schweißnaht

$$\left(\frac{\sigma_{\perp}}{\text{zul } \sigma_{Be,\perp}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\parallel}}{\text{zul } \sigma_{Be,\parallel}} \right)^2 - \frac{\sigma_{\perp} \cdot \sigma_{\parallel}}{\text{zul } \sigma_{Be,\perp} \cdot \text{zul } \sigma_{Be,\parallel}} + \left(\frac{\tau}{\text{zul } \tau_{Be}} \right)^2 \leq 1$$

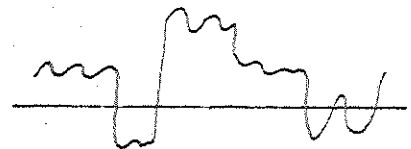
2.2. Zulässige Spannungen

Die zulässigen Spannungen berücksichtigen die am Bauteil auftretenden mehrstufigen Beanspruchungen (Spannungskollektive) und ermöglichen eine wirklichkeitsnahe Bemessung.

bisher (Einstufenbeanspruchung):



jetzt (Mehrstuufenbeanspruchung → Spannungskollektive):



Die zulässigen Spannungen sind abhängig von:

- der Festigkeitsklasse

nur wichtig bei Konstruktionen geringer Kerbschärfe
(Kerbfall 0 und 1 bei σ bzw. bei τ)

- der Konstruktionsform

38 mögliche Konstruktionsformen können 10 Kerbfällen zugeordnet werden; ist die Zuordnung einer Konstruktionsform zu einem Kerbfall nicht eindeutig möglich, muß sie durch Vergleiche mit anderen Konstruktionsformen erfolgen oder durch Versuche bestimmt werden.

- der Spannungsspreizzahl N

die Anzahl der Spannungsspiele N , die durch ein Lastspiel hervorgerufen werden, ist i. a. > 1 ; sie wird auf die Lebensdauer des Bauwerkes bezogen;

die Anzahl der Spannungsspiele ist schwierig zu ermitteln, Angaben darüber werden in den Vorschriften der Fachgebiete enthalten sein;

ist N unbekannt, kann in Anlehnung an die zur Zeit übliche Verfahrensweise als Spannungsspielbereich $6 \cdot 10^5 \leq N \leq 2 \cdot 10^6$ gewählt werden

- dem Grenzspannungsverhältnis

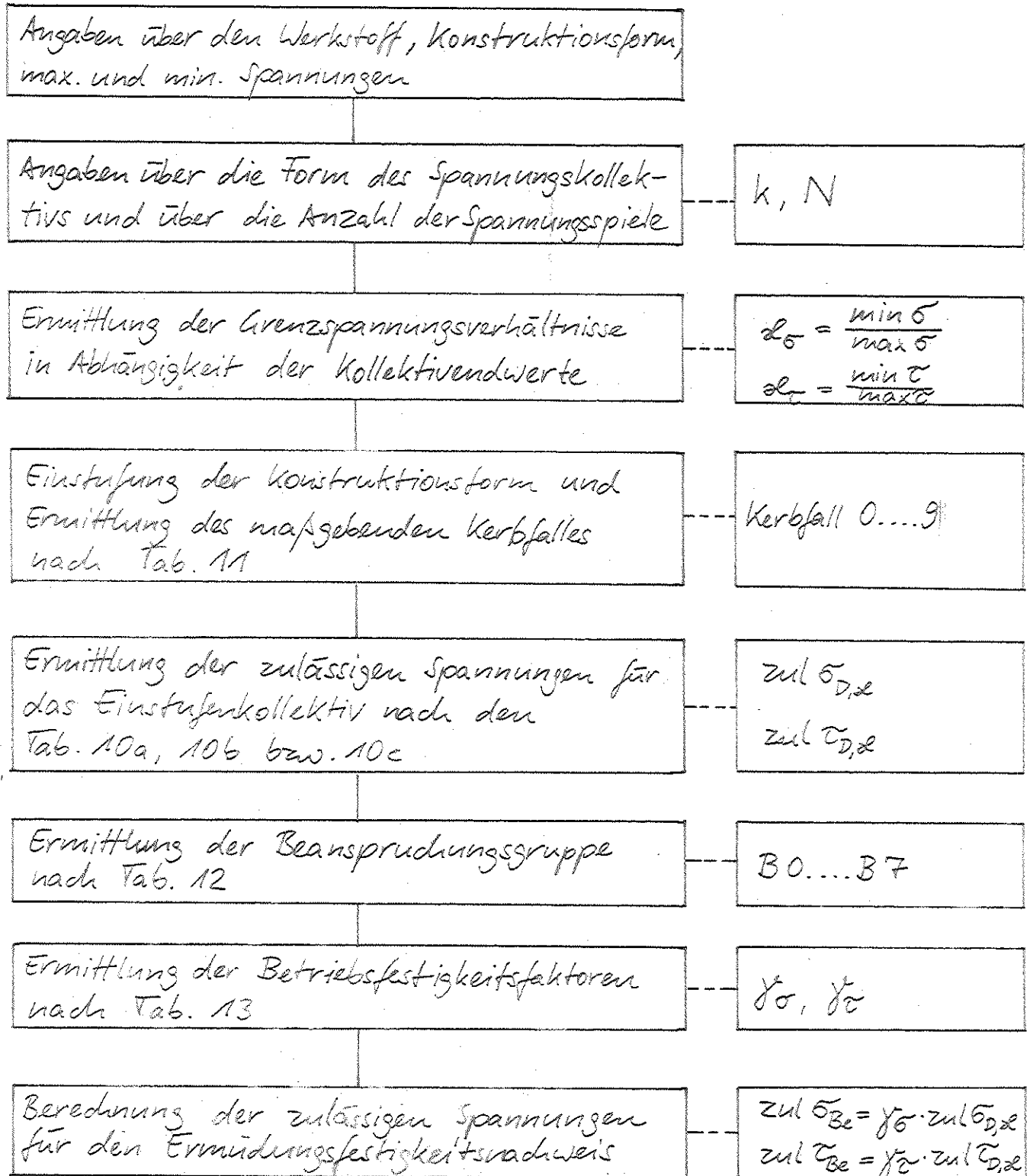
die Verhältnisse $\alpha_{\sigma} = \frac{\min \sigma}{\max \sigma}$ bzw. $\alpha_{\tau} = \frac{\min \tau}{\max \tau}$

werden auf die Kollektivendwerte (größte Spannungsmaxima bzw. -minima) bezogen;

Vorzeichen wie bisher

- der Form des Spannungskollektivs
das für den zu bemessenden Querschnitt maßgebende Spannungskollektiv muß hinsichtlich der Form (Spannungsmaxima bzw. -minima in Abh. der Spannungsspiele aufgetragen) und des Umfangs (Spannungsspiele) durch Messung, Rechnung oder Abschätzung festgelegt werden; Amplituden $< 10\%$ der größten Amplitude des Kollektivs können unberücksichtigt bleiben;
- das maßgebende Spannungskollektiv muß einem Normkollektiv mit einem dazugehörigen Kollektivbeiwert k zugeordnet werden ($0 \leq k \leq 1$);
- die Normkollektive sind idealisierte Spannungskollektive mit einem Umfang von 10^6 Spannungsspielen, die Tragfähigkeitswerte der N. wurden experimentell ermittelt, sie bewirken die gleiche Schädigung des Werkstoffes wie das wirkliche Spannungskollektiv;
- die Ermittlung der Spannungskollektive sowie deren Zuordnung zu den Normkollektiven sind wegen der fehlenden Grundlagen zur Zeit noch schwierig; Unterlagen hierzu werden in die Vorschriften der Stahlbau-Fachgebiete aufgenommen; die 1. Vorschrift ist die Vo 131/83 der StBa (Ergänzung zur T4L 134/71);

Ablauf zur Ermittlung der zul. Spannungen



Anmerkungen

- γ_τ immer nach Kerbfall 0
- $zul \sigma_{Be}$ für die Kerbfälle 2 und 3 muß immer kleiner als $zul \sigma_{Be}$ für den Kerbfall 1 bei gleicher Beanspruchungsgruppe und Festigkeitsklasse sein
- Lochleibungsspannungen : $zul \sigma_{Be,l} = 2 \cdot \tau_{Be,q}$

Auszüge aus der Vorschrift 131/83 der Sta Ba
(Änderungen und Ergänzungen zur TGL 13471)

Ermittlung der Kollektivbeiwerte k

Tab. 1: Art des Kranbetriebes

Art des Kranbetriebes	Einsatztechnologie
leicht	gemischte technolog. Prozesse, Hublasten i.a. $\leq \frac{1}{3}$ der Tragfähigkeit
mittel	Hublasten $\leq \frac{1}{2}$ der Tragfähigkeit
schwer	Hublasten $> \frac{1}{2}$ der Tragfähigkeit
sehr schwer	Hublasten $\approx$ Tragfähigkeit

Tab. 2: Kollektivbeiwerte k

Katzstellung	Hublast [kN]	Kran- spannw. [m]	K Art des Kranbetriebes			
			leicht	mittel	schwer	sehr schwer
gleichver- teilt	< 250	< 21	1/2	2/3	2/3	5/6
		≥ 21	2/3		5/6	
	≥ 250	< 21	1/2	1/2	2/3	2/3
		≥ 21				
Katze arbeitet vorwiegend auf einer Seite	< 250	< 21	2/3	2/3	5/6	5/6
		≥ 21		5/6		
	≥ 250	< 21	1/2	1/2	2/3	2/3
		≥ 21		2/3		

1. Beispiel: Nachweis eines Biegeträgers

Für den im System dargestellten Träger I 240 TGL 0-1025 ergibt sich aus dem Eigengewicht und den Lasten F ein maßgebendes Moment $\max M = 60 \text{ kNm}$.

Der Träger ist gegen seitliches Ausweichen gehalten.

S 38/24; ALF H; BG C



Querschnittswerte:

I 240 TGL 0-1025 : $W_{el,x} = 354 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $W_{T,x} = 383 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

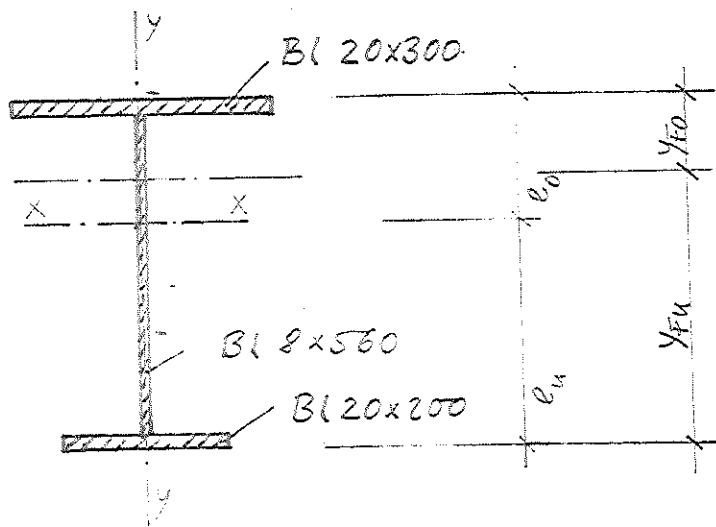
1. Nachweis nach TGL 13500 (03/72)

$$\sigma = \frac{M}{W_{el,x}} = \frac{60 \cdot 10^6}{354 \cdot 10^3} = 169 \text{ N/mm}^2 > 160 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.1)}$$

2. Nachweis nach TGL 13500 (04/82)

$$\sigma = \frac{M}{W_{T,x}} = \frac{60 \cdot 10^6}{383 \cdot 10^3} = 157 \text{ N/mm}^2 < 160 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.1)}$$

2. Beispiel: Berechnung des Widerstandsmomentes W_T
für einen einfachsymmetrischen Querschnitt



Werkstoff: S38/24

1. Ermittlung des Schwerpunktes

$$A = 20 \cdot 300 + 8 \cdot 560 + 20 \cdot 200 = 14\,480 \text{ mm}^2$$

$$e_u = \frac{20 \cdot 300 \cdot 590 + 8 \cdot 560 \cdot 300 + 20 \cdot 200 \cdot 10}{14\,480} = 340 \text{ mm}$$

$$e_o = 600 - 340 = 260 \text{ mm}$$

2. Ermittlung der Widerstandsmomente $W_{el,x}$

$$I_x = 20 \cdot 300 \cdot 250^2 + \frac{8 \cdot 560^3}{12} + 8 \cdot 560 \cdot (340 - 300)^2 + 20 \cdot 200 \cdot 330^2 = 934,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,x,o} = \frac{934,9 \cdot 10^6}{260} = 3596 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,x,u} = \frac{934,9 \cdot 10^6}{340} = 2750 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

2. Ermittlung der Flächenhalbierenden

$$20 \cdot 300 + 8 \cdot (y_{F_0} - 20) = \frac{14\,480}{2}$$

$$y_{F_0} = \frac{1400}{8} = 175 \text{ mm}$$

$$y_{F_u} = 600 - 175 = 425 \text{ mm}$$

3. Ermittlung des Widerstandsmomentes $W_{pl,x}$

$$S_{x_0} = 20 \cdot 300 \cdot 165 + 8 \cdot (175 - 20)^2 / 2 = 1086,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$S_{x_u} = 20 \cdot 200 \cdot 415 + 8 \cdot (425 - 20)^2 / 2 = 2316,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,x} = 1086,1 \cdot 10^3 + 2316,1 \cdot 10^3 = 3402,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

4. Modifiziertes Widerstandsmoment $W_{T,x}$

$$W_{T,x,0} = W_{el,x,0} = 3596 \cdot 10^3 \text{ mm}^3, \text{ denn } W_{pl,x} < W_{el,x,0}$$

$$W_{T,x,u} = \frac{2750 \cdot 10^3 + 3402,2 \cdot 10^3}{2} = 3076,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$< 1,2 \cdot W_{el,x} = 1,2 \cdot 2750 \cdot 10^3 = 3300 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Bedingung für $W_{T,x,u}$

$$b_{\bar{u}} = \frac{1}{2} (200 - 8) = 96 \text{ mm}$$

$$\frac{b_{\bar{u}}}{t} = \frac{96}{20} = 4,8 < \text{zul} \left(\frac{b_{\bar{u}}}{t} \right) = 13,5 \text{ nach TGL 13500/02, Tab. 1}$$

3. Ermüdungsfestigkeitsnachweis

Stumpfnaher Akl/IB: Konstruktionsform 12;
Kerbfall 2 nach TGL 13500/01, Tab. 11

$$\left. \begin{array}{l} \text{zul } \sigma_{D,x} = 140 \text{ N/mm}^2 \\ \text{zul } \tau_{D,x} = 55 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \text{ nach TGL 13500/01, Tab. 10a}$$

Kollektivbeiwert k nach Vo 131/83 der StaBa
(Änderungen zur TGL 13471)

$$k = \frac{2}{3} \text{ nach Tab. 2}$$

Betriebsfestigkeitsfaktoren

Beanspruchungsgruppe B4 nach TGL 13500/01, Tab. 12

$$\left. \begin{array}{l} y_{\sigma} = 1,63 \\ y_{\tau} = 1,42 \text{ (Kerbfall 0)} \end{array} \right\} \text{ nach TGL 13500/01, Tab. 13}$$

$$\text{zul } \sigma_{Be} = 1,63 \cdot 140 = 237 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{zul } \tau_{Be} = 1,42 \cdot 55 = 78 \text{ N/mm}^2$$

Vergleich mit Kerbfall 1:

$$\text{zul } \sigma_{D,x} = 176 \text{ N/mm}^2; y_{\sigma} = 1,42$$

$$\text{zul } \sigma_{Be} = 1,42 \cdot 176 = 250 \text{ N/mm}^2 \text{ (nicht maßg.)}$$

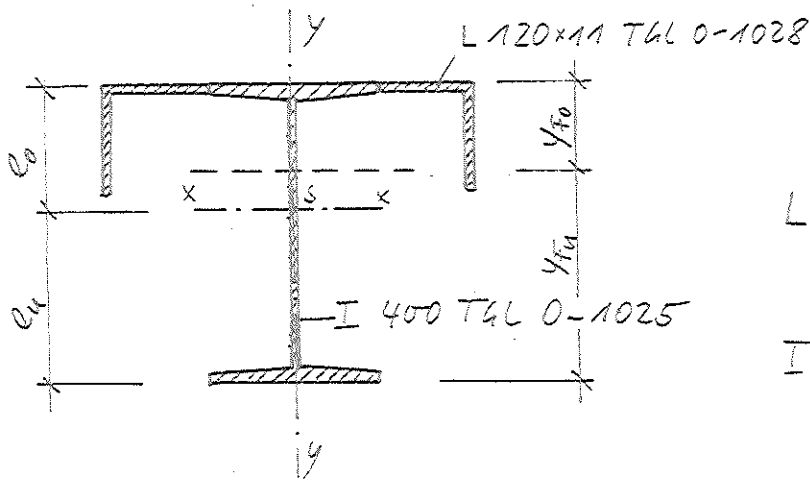
$$\sigma_{\perp} = 173 \text{ N/mm}^2 < 237 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 50 \text{ " } < 78 \text{ "}$$

Nachweis nach F. (7)

$$\left(\frac{173}{237} \right)^2 + \left(\frac{50}{78} \right)^2 = 0,53 + 0,41 = 0,94 < 1$$

3. Beispiel: Ermittlung des Widerstandsmomentes W_T für einen einfachsymmetrischen Querschnitt



$$\begin{aligned} \text{L } 120 \times 11: & A = 2540 \text{ mm}^2 \\ & I_x = 3,41 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ \text{I } 400: & A = 11800 \text{ mm}^2 \\ & I_x = 292 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

1. Ermittlung des Schwerpunktes

$$A = 2 \cdot 2540 + 11800 = 16880 \text{ mm}^2$$

$$e_u = \frac{2 \cdot 2540 \cdot (400 - 33,6) + 11800 \cdot 200}{16880} = 250 \text{ mm}$$

$$e_o = 400 - 250 = 150 \text{ mm}$$

2. Widerstandsmomente $W_{el,x}$

$$I_x = 2 \cdot 3,41 \cdot 10^6 + 2 \cdot 2540 \cdot (150 - 33,6)^2 + 292 \cdot 10^6 = 357,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,x} = \frac{357,2 \cdot 10^6}{150} = 2381333,33 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,x} = \frac{357,2 \cdot 10^6}{250} = 1428800 \text{ mm}^3$$

$$e_u = \frac{16880}{2}$$

4. Widerstandsmoment $W_{pl,x}$

$$\begin{aligned} W_{pl,x} &= \sum S_x \\ &= 155 \cdot 21,6 \cdot \left(303,1 - \frac{21,6}{2}\right) + 14,4 \cdot \frac{(303,1 - 21,6)^2}{2} \\ &\quad + 2 \cdot 11 \cdot \frac{(120 - 90,9)^2}{2} \\ &\quad + 155 \cdot 21,6 \cdot \left(90,9 - \frac{21,6}{2}\right) + 14,4 \cdot \frac{(90,9 - 21,6)^2}{2} \\ &\quad + 2 \cdot 120 \cdot 11 \cdot \left(90,9 - \frac{11}{2}\right) + 2 \cdot \frac{(90,9 - 11)^2}{2} \cdot 11 \\ &= 2185 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

5. Widerstandsmomente $W_{T,x}$

$$W_T = \frac{W_{el,x} + W_{pl,x}}{2}$$

$$\begin{aligned} W_{T,x,u} &= \frac{1589 \cdot 10^3 + 2185 \cdot 10^3}{2} = 1887 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ &< 1,2 \cdot 1589 \cdot 10^3 = 1907 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$W_{T,x,o} = W_{el,x,o} = 2648 \cdot 10^3 \text{ mm}^3, \text{ da } W_{pl,x} < W_{el,x,o}.$$

Bedingung für $W_{T,x,u}$

$$b_u = \frac{1}{2} (155 - 14,4) = 70 \text{ mm}; \quad t = 21,6 \text{ mm}$$

$$\frac{b_u}{t} = \frac{70}{21,6} = 3,2 < \text{zul.} \left(\frac{b_u}{t} \right) = 15,0 \text{ nach TGL 13500/02, Tab. 1.}$$

4. Beispiel: Nachweis eines Stegblechstoßes

Das Stegblech eines Kranbahnträgers I 500x 8-200x12 T4L 26088 wird in der Werkstatt gestoßen.

Es liegt eine Mehrstufenbeanspruchung vor; genaue Kenntnisse über die Form des Spannungskollektivs sind nicht vorhanden.

Art des Kranbetriebes: mittel (Hublasten sind vorwiegend kleiner als die halbe Tragfähigkeit)

Hublast des Kranes : 125 kN

Kranspannweite : 18,5 m

Schweißnaht : Akl IB

max $M = +260 \text{ kNm}$, zug $Q = 130 \text{ kN}$

$\alpha_\sigma = +0,1$; $\alpha_\tau = -1,0$

S 52/36 ; GLFH ; BGA mit $N = 5 \cdot 10^5$

1. Querschnittswerte

$$A_{\text{steg}} = 476 \cdot 8 = 3808 \text{ mm}^2$$

$$S_x = 812 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 ; S_y = 586 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_x = 358 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

2. Statischer Spannungsnachweis

$$\sigma_\perp = \frac{260 \cdot 10^6 \cdot 238}{358 \cdot 10^6} = 173 \text{ N/mm}^2 < 240 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.5)}$$

$$\tau = \frac{130 \cdot 10^3}{3808} = 50 \text{ N/mm}^2 < 133 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.2)}$$

$$\checkmark \left(\max \tau = \frac{130 \cdot 10^3 \cdot 812 \cdot 10^3}{358 \cdot 10^6 \cdot 8} = 54 \text{ N/mm}^2 \right)$$

Nachweis n. F. (3a)

$$\left(\frac{173}{240} \right)^2 + \left(\frac{50}{130} \right)^2 = 0,52 + 0,07 = 0,59 < 1$$

5. Beispiel: Ermittlung zul. Spannungen

Am Obergurt eines Kranbahnträgers sind kleine Knotenbleche zum Anschluß des Horizontalverbandes angeschweißt; die Übergänge werden bearbeitet.

Kranbetrieb : mittel

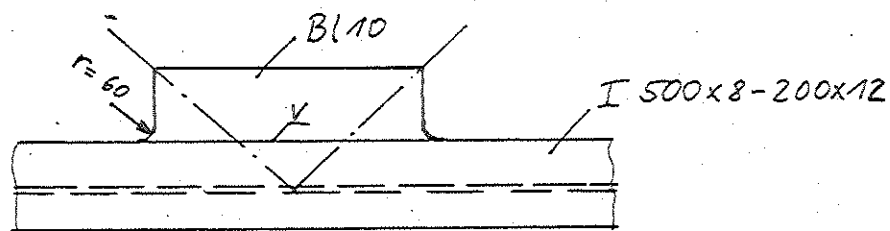
Hublast des Kranes: 125 kN

Kranspannweite : 18,5 m

Schweißnaht A kl II B

S 52/36 ; GLF H , BG A mit $N = 5 \cdot 10^5$, $\alpha = +0,1$

Mehrstußenbeanspruchung, keine Angaben über die Form des Spannungskollektivs



1. Statischer Spannungsnachweis

1.1. Grundwerkstoff

$$\text{zul } \sigma = 240 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Z.1})$$

1.2. Schweißnaht

$$\text{zul } \sigma_{\perp} = 190 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Z.10})$$

2. Ermüdungsfestigkeitsnachweis

2.1. Grundwerkstoff

Grundwerkstoff am Ende eines ausgerundeten Knotenbleches : Konstruktionsform 3 , Kerbfall 4
nach TGL 13500/01, Tab. 11

zul $\sigma_{D,2} = 111 \text{ N/mm}^2$ nach TGL 13500/01, Tab. 10b

Kollektivbeiwert k nach Vo 131/83 der StaBa
(Änderungen zur TGL 13471)

$$k = \frac{2}{3} \quad \text{n. Tab. 2}$$

Betriebsfestigkeitsfaktor

Beanspruchungsgruppe B4 nach TGL 13500/01, Tab. 12

$$\gamma_{\sigma} = 1,63 \quad \text{nach TGL 13500/01, Tab. 13}$$

$$\text{zul } \sigma_{Be} = 1,63 \cdot 111 = 188 \text{ N/mm}^2$$

2.2. Schweißnaht

Schweißnaht am Knotenblech, Akl II B:

Konstruktionsform 10, Kerbfall 5 n. TGL 13500/01, Tab. 11

$$\text{zul } \sigma_{D,2} = 77 \text{ N/mm}^2 \quad \text{nach TGL 13500/01, Tab. 10a}$$

$$\text{Kollektivbeiwert } k = \frac{2}{3} \quad (\text{siehe 2.1.})$$

$$\text{Betriebsfestigkeitsfaktor } \gamma_{\sigma} = 1,63$$

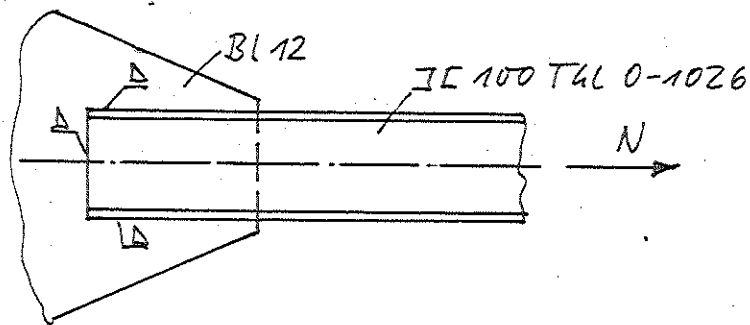
$$\text{zul } \sigma_{Be} = 1,63 \cdot 77 = 130 \text{ N/mm}^2$$

Beispiel: Nachweis eines Zugbandanschlusses

Nachweis der Schweißnähte unter Berücksichtigung des Zusammenwirkens von Stirn- und Flankenkehlnähten nach TGL 13500/01, 6.1.2.2.

$N = 350 \text{ kN}$, Kehlnähte A1 II B

S 38/24, GLF H, BG C mit $N < 1000$



Kehlnahtdicke gewählt: $a = 4 \text{ mm} > 2 \text{ mm}$
 $< 0,7 \text{ mm} = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ mm}$

$$A_s = 2 \cdot 4 \cdot 100 = 800 \text{ mm}^2$$

$$\text{zul. } \sigma_{\perp} = 160 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.16)}$$

$$N_s = 800 \cdot 160 = 128 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Restkraft der Flankenkehlnähte

$$N - N_s = 350 \cdot 10^3 - 128 \cdot 10^3 = 222 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{zul. } \tau = 135 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.17)}$$

$$\Sigma l = \frac{222 \cdot 10^3}{4 \cdot 135} = 411 \text{ mm}$$

$$l = \frac{411}{4} = 103 \text{ mm ; gew. } l = 110 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{b} = \frac{110}{100} = 1,1 < 1,5$$

Beispiel: Querschnittswerte von Profilen

Ermittlung der Querschnittswerte A , I_x und W_x eines Walzträgers I 240 T4L0-1025.

Aufstellungskategorie I (überdacht) nach T4L S200/01,
projektierte Standzeit: $a = 20$ Jahre

S 45/30 (KT)

Querschnittswerte I 240:

$$A = 4610 \text{ mm}^2, \quad I_x = 42,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^4, \quad W_x = 354 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_{\text{Flansch}} = 13,1 \text{ mm}$$

Abzug Δs nach T4L 13500/02, 2.

$$\Delta s = 100 + 10 \cdot a = 100 + 10 \cdot 20 = 300 \mu\text{m} = 0,3 \text{ mm}$$

Bei Walzprofilen dürfen A , I und W proportional zur Abrostung der Flansche abgemindert werden:

$$A = \frac{4610 \cdot (13,1 - 2 \cdot 0,3)}{13,1} = 4400 \text{ mm}^2$$

$$I_x = \frac{42,5 \cdot 10^6 \cdot (13,1 - 2 \cdot 0,3)}{13,1} = 40,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_x = \frac{354 \cdot 10^3 \cdot (13,1 - 2 \cdot 0,3)}{13,1} = 338 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Größere Profile (Stegdicke nur dünner als 16 mm bzw. 8 mm) erfordern bloß eine Abminderung der Stegfläche (Steghöhe $\cdot$ Abrostung)

6. Beispiel: Nachweis der Pfetten eines Hallendaches

Ein Hallendach mit den Abmessungen 18000×36000 mm ist mit Ekotal - Trapezprofilblech auf SLU - Pfetten eingedeckt.

Dachfläche: Satteldach, Höhe über Gelände $h = 8000$ mm

Standort: 250 m über Meeresspiegel

Pfetten: SLU - Profile nach TGL 7363

Pfettenstützweite: $l = 6000$ mm (Einfeldträger)

Pfettenabstand: $L = 3000$ mm

Werkstoff S 38/24

Hüllenelemente: Ekotaltrapezprofilblech 42/200/1,0

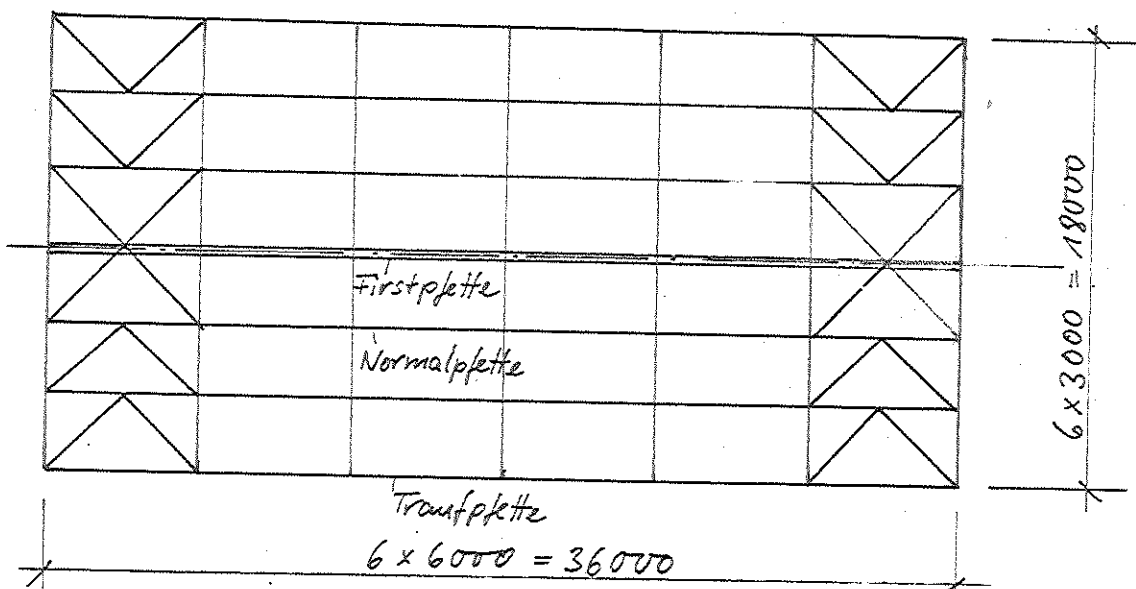
nach TGL 28371, ohne Dämmschicht

Seite B liegt auf den Pfetten

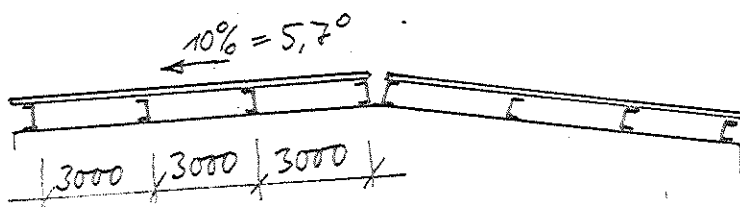
Verbindungsmittel: Gewindeschneidschrauben M6 (Pfettenbefest.)

Bledschrauben B 4,8 (Längsstöße)

Draufsicht:



Querschnitt:



1. Lastannahmen

1.1. Eigengewicht

Trapezprofilblech 42/200/1,0 nach dem Anwendungskatalog der BA, 2.1. : $g_{Bl} = 0,11 \text{ kN/m}^2$

Pfettengewicht geschätzt: $g = 0,12 \text{ kN/m}$

$$g_{Pf} = \frac{0,12}{3,0} = 0,04 \text{ kN/m}^2$$

1.2. Schnee nach TGL 32274/05

$$s_0 = 0,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (Tab. 2)}$$

$$k_s : \frac{s_0}{g_{Bl}} = \frac{0,5}{0,11} = 4,5 > 3,0 \text{ bzw.}$$

$$\frac{s_0}{g_{Bl} + g_{Pf}} = \frac{0,5}{0,11 + 0,04} = 3,3 > 3,0.$$

$$k_s = 1,5 \text{ (Tab. 1)}$$

$$\alpha = 5,7^\circ < 25^\circ : c_1 = 1,0 \text{ (Tab. 3, Bild 1)}$$

$$s = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

1.3. Wind nach TGL 32274/07

$$q_0 = 0,55 \text{ kN/m}^2 \text{ (Tab. 1)}$$

$$\text{Dachfläche : } c_1 = -0,6 \text{ (Tab. 4, Bild 5)}$$

$$\text{Traufbereich : } c_s = -1,4, a = 0,1 \cdot 18,0 = 1,8 \text{ m}$$

$$w_s = -0,60 \cdot 0,55 = -0,33 \text{ kN/m}^2 \text{ bzw.}$$

$$w_s = (-0,60 - 1,40) \cdot 0,55 = -1,10 \text{ kN/m}^2$$

$$w_D = 0$$

2. Nachweis der Trapezprofilbleche

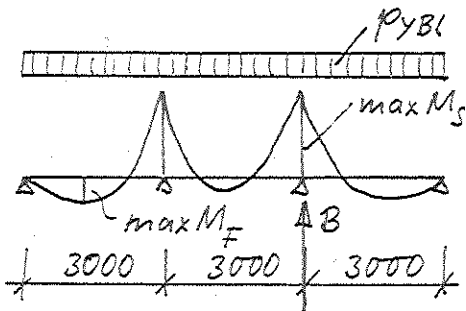
2.1. Flächenlasten und Schnittkräfte

(Lastfall Eigengewicht + Schnee)

$$p_{xBl} = (0,11 + 0,75) \cdot \sin 5,7^\circ = 0,09 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{yBl} = (0,11 + 0,75) \cdot \cos 5,7^\circ = 0,86 \text{ kN/m}^2$$

maximale Schnittkräfte (Dreifeldträger)



$$\max M_F = 0,080 p_{yBl} \cdot L^2$$

$$\max M_S = 0,100 p_{yBl} \cdot L^2$$

$$\max B = 1,1 \cdot p_{yBl} \cdot L$$

Zul. Schnittkräfte nach
Vo 10/76, Anlage 3

2.2. Nachweis (Biegebeanspruchung)

$$\max M_F = 0,080 \cdot 0,86 \cdot 3,0^2 = 0,62 \text{ kNm/m}$$

$$< \text{zul } M_F = 2,0 \text{ kNm/m}$$

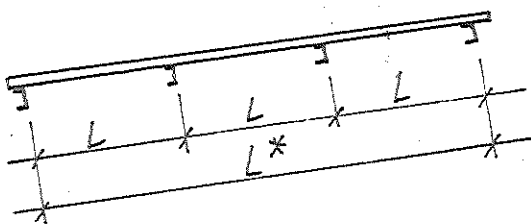
$$\max B = 1,1 \cdot 0,86 \cdot 3,0 = 2,84 \text{ kN/m}$$

$$< \text{zul } B = 7,6 \text{ kN/m}$$

$$\max M_S = 0,100 \cdot 0,86 \cdot 3,0^2 = 0,77 \text{ kNm/m}$$

$$\text{zul } M_S = \max M_S = 1,78 \text{ kNm/m, da } \max B < B^*$$

2.3. Nachweis (Schubbeanspruchung)



$$L = 3000 \text{ mm (Pfeitenabstand)}$$

$$L^* = 3 \times 3000 = 9000 \text{ mm}$$

(Schubfeldlänge)

Schreibenbelastung:

$$p_x = 0,03 \cdot 9,0 = 0,81 \text{ kN/m}$$

Schreibenguerkraft:

$$Q = \frac{0,81 \cdot 6,0}{2} = 2,43 \text{ kN}$$

Schubspannung:

$$\tau = \frac{2,43 \cdot 10^3}{5000 \cdot 1,0} = 0,27 \text{ N/mm}^2$$

$L_{Gr}^* = 520 \text{ cm}$ nach Vo 10/76, Anlage 7;

da $L_{Gr}^* < L^* = 900 \text{ cm}$; ist zul $\tau = 50 \text{ kp/cm}^2$

$$\tau = 0,27 \text{ N/mm}^2 < \text{zul } \tau = 5 \text{ N/mm}^2.$$

3. Nachweis der Pfetten

gew. SLU 180 x 80 x 5 TGL 7363

3.1. Querschnittswerte

$$g = 12,7 \text{ kg/m} \cong 0,04 \text{ kN/m}^2$$

$$h = 180 \text{ mm}, \quad b = 80 \text{ mm}$$

$$s_2 = 5 \text{ mm}, \quad x_M = 48,1 \text{ mm}$$

$$e = 21,1 \text{ mm}, \quad A = 1610 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 7,88 \cdot 10^6 \text{ mm}^4, \quad I_y = 0,993 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_x = 87,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3, \quad I_D = 13,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$C_M = 5,11 \cdot 10^3 \text{ mm}^6,$$

$$C^x = C_M + I_y \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^2 = 5,11 \cdot 10^3 + 0,993 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{180}{2}\right)^2 \\ = 13,15 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$a_{gy>0} = 48,1 - 21,1 + 5,0 = 32,0 \text{ mm}$$

$$a_{gy<0} = \frac{80}{2} + 48,1 - 21,1 = 67,0 \text{ mm}.$$

3.2. Linienlasten für die Pfetten
 Lastkombination $q_y > 0$ (aus g_{Bl} , g_{Pf} u. s)
 Normalpfette:

$$q_y = 1,1 \cdot (0,11 + 0,04 + 0,75) \cdot \cos 5,7^\circ \cdot 3,0$$

$$= 2,95 \text{ kN/m}$$

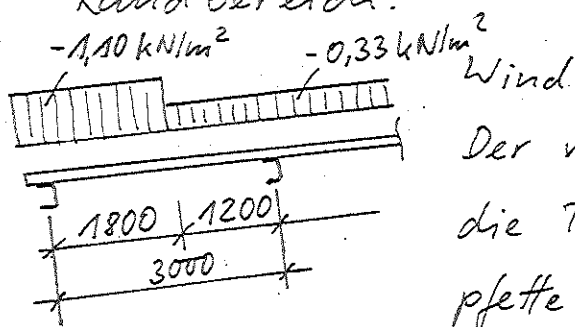
Randpfette:

$$q_y = 0,4 \cdot (0,11 + 0,04 + 0,75) \cdot \cos 5,7^\circ \cdot 3,0$$

$$= 1,07 \text{ kN/m}$$

Lastkombination $q_y < 0$ (aus g_{Bl} , g_{Pf} u. w_s)

Randbereich:



Der verstärkte Windsog wird auf die Traufpfette und die 1. Normalpfette verteilt.

Normalpfette:

$$q_y = 1,1 \cdot (0,11 + 0,04) \cdot \cos 5,7^\circ \cdot 3,0$$

$$- 1,1 \cdot 0,33 \cdot 3,0 - (1,10 - 0,33) \cdot \frac{1,8 \cdot 0,9}{3,0} = -0,86 \text{ kN/m}$$

Traufpfette:

$$q_y = 0,4 \cdot (0,11 + 0,04) \cdot \cos 5,7^\circ \cdot 3,0$$

$$- 0,4 \cdot 0,33 \cdot 3,0 - (1,10 - 0,33) \cdot \frac{1,8 \cdot 2,1}{3,0} = -0,78 \text{ kN/m}$$

3.3. Spannungsnachweis nach TGL 13450/03, 2.3. ($q_y > 0$)

Normalpfetten:

$$M_x = \frac{2,95 \cdot 6,0^2}{8} = 13,3 \text{ kNm}$$

$$\sigma = \frac{13,3 \cdot 10^6}{87,5 \cdot 10^3} = 152 \text{ N/mm}^2 < 160 \text{ N/mm}^2 \text{ (GLF H)}$$

Randpfette:

Scheibenbiegemoment

$$M_{xs} = \frac{0,81 \cdot 6,0^2}{8} = 3,65 \text{ kNm}$$

Normalkraft in den Randpfetten

$$N = \frac{3,65}{9,0} = 0,41 \text{ kN} = 410 \text{ N}$$

Moment aus der exzent. wirkenden Normalkraft N

$$M_{x1} = 410 \cdot \frac{180}{2} = 37,0 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

$$M_{x2} = \frac{1,07 \cdot 6,0^2}{8} = 4,8 \text{ kNm}$$

$$\sigma = \frac{410}{1610} + \frac{37,0 \cdot 10^3 + 4,8 \cdot 10^6}{87,5 \cdot 10^3} = 0,3 + 55,3$$

$$= 56 \text{ N/mm}^2 < 160 \text{ N/mm}^2 \text{ (GLF H)}$$

3.4. Spannungsnachweis ($q_y < 0$)

Die Lasten sind kleiner als bei $q_y > 0$; die Nachweise für Normal- und Randpfetten sind offensichtlich erfüllt.

3.5. Nachweis der Verdrehung n.TGL 13450/03, 2.3.
Torsionsbettungsziffer k_φ nach TGL 13450/03, Tab. 3



$$b_{B1} = 70 \text{ mm}$$

Befestigung der Trapezprofilbleche im 1., 3., 4. und 6. Wellental: $e = \frac{1000}{3} = 333 \text{ mm}$.

$$k_y = 400 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,0 \cdot 80^2}{333 \cdot 70^2} = 1563 \text{ Nmm/mm}$$

Verdrehung $\tan \varphi$ nach TGL 13450/03, Gl. (29)

$k_o = 1,0$ (Einfeldträger)

$k_N = 1,0$ (keine Längskraft in der Pfette)

Lastkombination $q_y > 0$

$$\tan \varphi = 1,0 \cdot \frac{2,95 \cdot 32,0 \cdot 6000^2}{8 \cdot \left[\frac{\pi^2}{6000^2} \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 13,15 \cdot 10^3 \right]}$$

$$+ 1081 \cdot 10^3 \cdot 13,4 \cdot 10^3 + 0,056 \cdot 180 \cdot 2,95 \cdot 6000^2$$

$$+ \frac{1}{8} \cdot 1563 \cdot 6000^2 = 0,043$$

$$\tan \varphi = 0,043 < \text{zul } \tan \varphi = 0,176$$

Lastkombination $q_y < 0$

$$\tan \varphi = 1,0 \cdot \frac{(-0,86) \cdot 67 \cdot 6000^2}{8 \cdot \left[\frac{\pi^2}{6000^2} \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 13,15 \cdot 10^3 \right]}$$

$$+ 1081 \cdot 10^3 \cdot 13,4 \cdot 10^3 + 0,056 \cdot 180 \cdot (-0,86) \cdot 6000^2$$

$$+ \frac{1}{8} \cdot 1563 \cdot 6000^2 = -0,030$$

$$\tan \varphi = |-0,030| < \text{zul } \tan \varphi = 0,176$$

4. Nachweis der Schrauben

4.1. Schubbeanspruchung

4.1.1. Befestigung auf den Pfetten

gew. Gewindeschneidschrauben M6x20,

Stahlunterlegscheibe u. Plastunterlegscheibe

Die Befestigung erfolgt im 1., 3., 4. und 6. Wellental,

$e = 333 \text{ mm}$ (siehe 3.5.)

$n_T = 4$ (2 Randpfetten, 2 Normalpfetten)

Schubkräfte in den Schrauben

$$A_x = \frac{Q}{n_T} = \frac{2,43}{4} = 0,61 \text{ kN}$$

Die beiden Auflagerkräfte A_x können auf 3 Verbindungen gleichmäßig verteilt werden

$$P_{x,4} = \frac{2 \cdot 0,61}{3} = 0,40 \text{ kN} = 400 \text{ N}$$

$$P_{z,4} = \frac{Q \cdot e_4}{L^*} = \frac{2,43 \cdot 333}{3000} = 0,090 \text{ kN} = 90 \text{ N}$$

Resultierende Schraubenkraft:

$$P_R = \sqrt{400^2 + 90^2} = 410 \text{ N}$$

Zul. Schraubenbelastung nach Vo 18/78, 1.4.2.

$$\text{zul } P_s = 2500 \cdot (1,0^2 + 0,22) = 3050 \text{ N} > 2700 \text{ N}$$

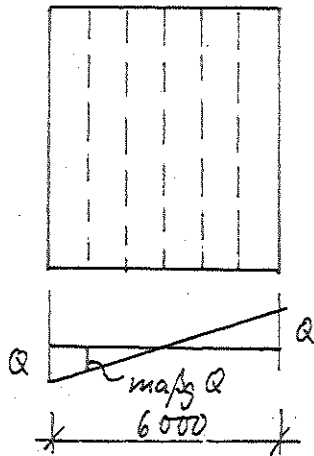
$$P_R = 410 \text{ N} < \text{zul } P_s = 2700 \text{ N}$$

4.1.2. Längsstöße im Wellental

gew. Blechschrauben B 4,8 x 16 mit

Unterlegscheiben aus Stahl u. Plaste

Abstand: 600 mm



$$m_{a,lg} \cdot Q = \frac{2,43 \cdot 2000}{3000} = 1,62 \text{ kN}$$

Anzahl der Verbindungen:

$$n_3 = \frac{9000}{600} + 1 = 16$$

$$P_{x,3} = \frac{1620}{16} = 101 \text{ N}$$

Zul. Schraubenkraft nach Vo 18/78, 1.4.4.

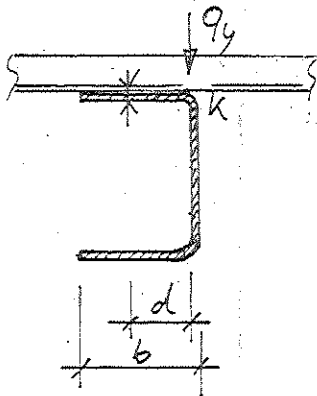
$$\text{zul } P_s = 1150(1,0^2 + 0,22) = 1403 \text{ N} < 2600 \text{ N}$$

$$P_{x,3} = 101 \text{ N} < \text{zul } P_s = 1403 \text{ N}$$

4.2. Zugbeanspruchung bzw. Ausknöpfen n. TGL 13450/03 2.2.2.

Lastkombination $q_y > 0$

$$m_v = k_\varphi \cdot \tan \varphi = 1563 \cdot 0,043 = 67,5 \text{ Nmm/mm.}$$



$$d = \frac{80}{2} - 5 = 35 \text{ mm}$$

$$P_z = \frac{m_v}{d} \cdot e = \frac{67,5 \cdot 333}{35} = 640 \text{ N}$$

Zul. Zugkräfte nach Vo 18/78, 1.3.1. bzw. 1.3.4.

$$\text{zul } P_z = 75 \cdot 6 \cdot 5,0 - 400 = 1850 \text{ N}$$

$$s_2 = 5,0 \text{ mm} > 2,0 \text{ mm}$$

$$\text{zul } P_z = 1400 \cdot 1,0^2 (3 - 1,0) = 2800 \text{ N}$$

$$P_z = 640 \text{ N} < \text{zul } P_z = 1850 \text{ N.}$$

Kombinierter Nachweis nach Vo 18/78, Gl. (8) kann entfallen.

Lastkombination $q_y < 0$

Linienlasten für die Pfetten vereinfacht nach 3.2.

Ungünstigste Normalpfette:

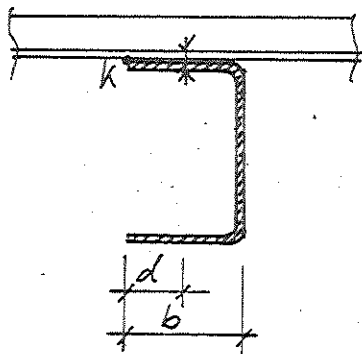
$$q_y = -0,86 \text{ kN/m}$$

Tranfpfette:

$$q_y = -0,78 \text{ kN/m}$$

Untersuchung für Normalpfette

$$m_v = k_\varphi \cdot \tan \varphi = 1563 \cdot (-0,030) = -47,1 \text{ Nmm/mm.}$$



$$d = \frac{80}{2} = 40 \text{ mm}$$

$$P_z = [|q_y| - \frac{m_v}{d}] \cdot e$$

$$= [|-0,86| - \frac{-47,1}{40}] \cdot 333 = 678 \text{ N}$$

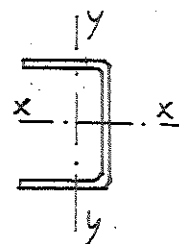
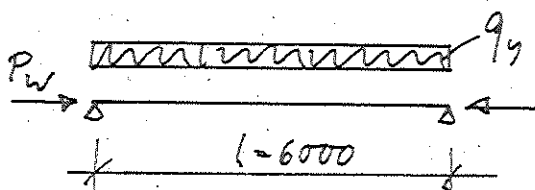
Zul. Zugkräfte nach V0 18/79,
1.3.1. bzw. 1.3.4. (siehe $q_y > 0$)

$$P_z = 678 \text{ N} < \text{zul}(P_z = 1850 \text{ N} \cdot 1,13 \\ = 2091 \text{ N (GLFH)})$$

5. Pfetten im Verbandsfeld

Längskräfte in den Pfetten durch die Auflagerkräfte der Windstiele des Giebels.

5.1. Nachweise der Pfetten



- Knicken in der Stegebene (um die x-Achse):
Nachweis nach TGL 13503/01, 9.1.

$$\sigma_c \cdot (1 + \mu_N \cdot f_N) + \sigma_{bc} \cdot f_m \leq \text{zul } \sigma$$

- Nachweis der Verdrehung abhängig von der Längskraft P_w

5.2. Nachweise der Verbindungsmittel
keine Änderung

7. Beispiel: Nachweis der Pfetten eines Hallendaches

Ein Hallendach mit den Abmessungen 18800×36000 mm ist mit Asbestzement-Welltafeln auf I-Pfetten eingedeckt.

Dachfläche: Satteldach, Höhe über Gelände: $h = 10000$ mm

Standort der Halle: 250 m über Meeresspiegel

Pfetten: I-Profile nach TGL 0-1025

Pfettenstützweite: $l = 6000$ mm (Einfeldträger)

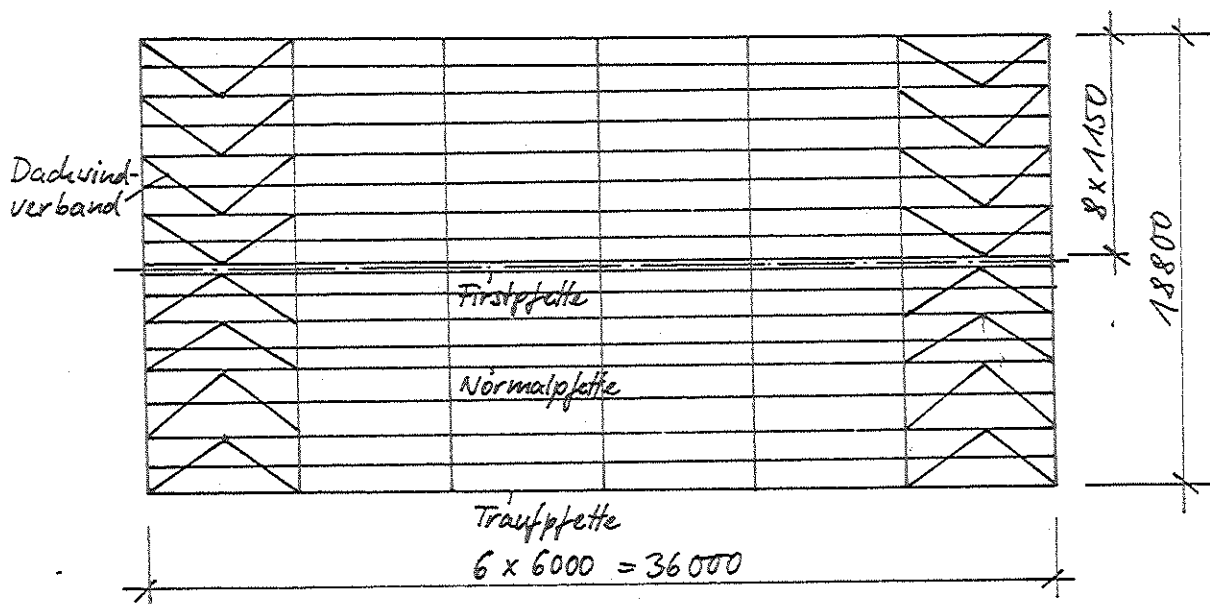
Pfettenabstand: $L = 1150$ mm

Werkstoff: S38/24

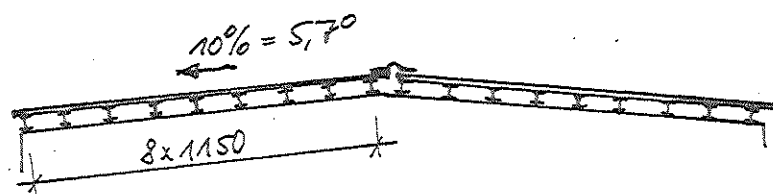
Hüllelemente: Asbestzement-Welltafeln S-2500 TGL 22896

Verbindungsmittel: Hakenschrauben M8

Draufsicht:



Querschnitt:



1. Lastannahmen

1.1. Eigengewicht

Welltafeln einschl. Befestigungsmittel

nach T4L 22856/07, 3.1.

$$g_{WT} = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

Pfettengewicht (geschätzt)

$$g = 0,15 \text{ kN/m}$$
$$g_{Pf} = \frac{0,15}{1,15} = 0,13 \text{ kN/m}^2$$

1.2. Schnee nach T4L 32274/05

$$s_0 = 0,5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Tab. 2})$$

$$\alpha = 5,7^\circ < 25^\circ; \quad c_n = 1,0 \quad (\text{Tab. 3, Bild 1})$$

$$k_s: \quad WT: \quad \frac{s_0}{g_{WT}} = \frac{0,5}{0,2} = 2,5 < 3,0$$

$$k_s = 0,9 + 0,2 \cdot \frac{0,5}{0,2} = 1,4$$

$$\text{Pfette: } \frac{s_0}{g_{WT} + g_{Pf}} = \frac{0,5}{0,2 + 0,13} = 1,5 < 3,0$$

$$k_s = 0,9 + 0,2 \cdot \frac{0,5}{0,2 + 0,13} = 1,2$$

$$s_{WT} = 1,4 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 0,70 \text{ kN/m}^2 \quad \text{bzw.}$$

$$s_{Pf} = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 0,60 \quad "$$

1.3. Wind nach T4L 32274/07

$$q_0 = 0,55 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Tab. 1})$$

$$\text{Dachfläche: } c_n = -0,5 \quad (\text{Tab. 4, Bild 5})$$

$$\text{Traufbereich: } c_s = -1,5, \quad a = 1300 \text{ mm}$$

$$w_s = -0,5 \cdot 0,55 = -0,28 \text{ kN/m}^2 \quad \text{bzw.}$$

$$w_s = (-0,5 - 1,5) \cdot 0,55 = -1,10 \text{ kN/m}^2$$

$$w_0 = 0$$

2. Nachweis der Asbestzement-Welltafeln

Nachweise nach TGL 22896/07

$$s + w_D = 0,7 \text{ kN/m}^2 < \text{zul } q_D$$

$$\text{zul } q_D = 2,4 \cdot \frac{1,2}{1,15} = 2,5 \text{ kN/m}^2 \text{ nach Tab. 1.}$$

$$w_S = |-0,28| \text{ kN/m}^2 \text{ bzw. } |-1,10| \text{ kN/m}^2 < \text{zul } q_S$$

$$\text{zul } q_S = 1,8 \cdot \frac{1,2}{1,15} = 1,88 \text{ kN/m}^2 \text{ nach Tab. 1.}$$

3. Nachweis der Pfetten

gew. I 120 TGL 0-1025

3.1. Querschnittswerte

$$h = 120 \text{ mm}, \quad b = 58 \text{ mm}$$

$$I_x = 3,28 \cdot 10^6 \text{ mm}^4, \quad I_y = 0,215 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_x = 54,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3, \quad W_y = 7,41 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

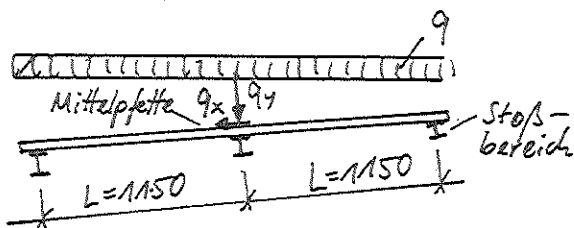
$$I_D = 0,0271 \cdot 10^6 \text{ mm}^4, \quad C_M = 0,685 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$g = 11,1 \text{ kg/m} \approx 0,10 \text{ kN/m}^2.$$

3.2. Linienlasten für die Pfetten

Lastkombination $q_y > 0$ (aus g_{WT} , g_{Pf} u. s)

Für die Mittelpfetten ist die Durchlaufpfette der Welltafeln zu berücksichtigen.



$$q_x = 1,25 \cdot q \cdot \sin 5,7^\circ \cdot L$$

$$q_y = 1,25 \cdot q \cdot \cos 5,7^\circ \cdot L$$

Mittelpfetten:

$$\begin{aligned} q_x &= 1,25 \cdot (0,20 + 0,10 + 0,60) \cdot \sin 5,7^\circ \cdot 1,15 \\ &= 0,134 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$q_y = 1,25 \cdot (0,20 + 0,10 + 0,60) \cdot \cos 5,7^\circ \cdot 1,15$$

$$= 1,33 \text{ kN/m}$$

Lastkombination $q_y < 0$ (aus g_{WT} , g_{Pf} u. w_s)

Die Welltafeln sind i.a. nicht auf den Mittelpfetten befestigt, so daß keine Durchlaufwirkung auftritt.

Pfetten im Stoßbereich:

$$q_x = (0,20 + 0,10) \cdot \sin 5,7^\circ \cdot 1,15$$

$$= 0,04 \text{ kN/m}$$

$$q_y = (0,20 + 0,10) \cdot \cos 5,7^\circ \cdot 1,15 - 0,28 \cdot 2,3$$

$$= -0,266 \text{ kN/m}$$

3.3. Verschiebungsbegrenzung n.TGL 13450/03,2.1.1. ($q_y > 0$)

Zugstreben zunächst nicht vorhanden.

Verschiebung infolge q_x :

$$u = \frac{5 \cdot 0,134 \cdot 6000^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 0,215 \cdot 10^6} = 50,1 \text{ mm}$$

$v_{kr} = 1,50$ nach TGL 13503/01, 2. und 11.

$$\text{zul } u = 0,6 \cdot \left(k_k \cdot b - \frac{q_x}{q_y} \cdot L \right); \quad k_k = 1,0 \text{ (AZW)}$$

$$= 0,6 \cdot \left(1,0 \cdot 58 - \frac{0,134}{1,33} \cdot 120 \right) = 27,6 \text{ mm}$$

$$v_{kr} \cdot u = 1,5 \cdot 50,1 = 75,2 \text{ mm} > \text{zul } u = 27,6 \text{ mm}$$

Pfette kippt, deshalb werden Zugstreben angeordnet.

Anzahl der Zugstreben nach

Riedenburg: Hinweise zur Berechnung von Dachpfetten...

MLK-Inf. 17 (1978) 1 S. 17 ff.

$$\tan \gamma = \frac{q_x}{q_y} = \frac{0,134}{1,33} = 0,10$$

$$l_{gr}^0 = 3,0 \text{ m} < \text{vorh } l = 6,0 \text{ m}$$

$$l_{gr}^1 = 11,4 \text{ m} > \text{vorh } l = 6,0 \text{ m}$$

Es ist eine Zugstrebe in $\frac{l}{2}$ notwendig.

Verschiebung unter Berücksichtigung der Zugstrebe

$$l_x = \frac{l}{2} = 3,0 \text{ m}$$

$$u = \frac{5 \cdot 0,134 \cdot 3000^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 0,215 \cdot 10^6} = 3,1 \text{ mm}$$

$$v_{kr} \cdot u = 1,5 \cdot 3,1 = 4,7 \text{ mm} < \text{zul } u = 27,6 \text{ mm}$$

Damit ist ein Kippen für $q_y > 0$ ausgeschlossen.
Nachweis als zweiachsig beanspr. Biegeträger (TL 13450/03, 2.1.1.)

3.4. Schnittkräfte und Spannungsnachweis
für Lastkombination $q_y > 0$

$$M_x = \frac{1,33 \cdot 6000^2}{8} = 5985 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

$$M_y = \frac{0,134 \cdot 3000^2}{8} = 151 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = \frac{5985 \cdot 10^3}{54,7 \cdot 10^3} + \frac{151 \cdot 10^3}{7,41 \cdot 10^3} =$$

$$109 + 20 = 129 \text{ N/mm}^2 < 160 \text{ N/mm}^2$$

(GLF H).

3.5. Schnittkräfte und Spannungsnachweis
für Lastkombination $q_y < 0$

$$M_x = \frac{0,266 \cdot 6000^2}{8} = 1197 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

$$M_y = \frac{0,04 \cdot 3000^2}{8} = 45 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

Spannungsnachweis ist offensichtlich erfüllt.

3.6. Kippsicherheitsnachweis für die Lastkombination $q_y < 0$ (TGL 13450/03, 2.1.2.)

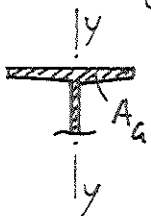
Nachweis nach TGL 13503/01, 11.

$\alpha = 1,0$ (Lastangriff am Druckgurt)

$l_k = 6000 \text{ mm}$

$\lambda_s = 33$ nach TGL 13503/01, 4.

i_{yk} : $I_{yk} = \frac{0,215 \cdot 10^6}{2} = 0,108 \cdot 10^6$



$$A_k = 7,7 \cdot 58 + \frac{1}{5} \cdot 5,1 \cdot (120 - 2 \cdot 7,7) = 553 \text{ mm}^2$$

$$i_{yk} = \sqrt{\frac{0,108 \cdot 10^6}{553}} = 14,0 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_M = \frac{1,0 \cdot 6000}{33 \cdot 14,0} = 4,6 > 0,6; \text{weiterer Nachweis notwendig!}$$

Nachweis nach TGL 13503/02, 11.3.

(hier nicht geführt).

3.7. Durchbiegungsnachweis

$$f = \frac{5 \cdot 1,33 \cdot 6000^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,28 \cdot 10^6} = 32,5 \text{ mm} \approx$$

$$\frac{l}{200} = \frac{6000}{200} = 30 \text{ mm (TGL 22896/07, 5.2.)}$$

4. Nachweis der Zugstreben

gew. $\varnothing 12$ mit $A_s = 84,3 \text{ mm}^2$

(TGL 13500/02, Tab. 19)

max. Kraft in den Zugstreben (8 Felder)

$$Z = 0,75 \cdot q_x \cdot l \cdot 8 \text{ nach T4L 13450/03, Gl. (22)} \\ = 0,75 \cdot 0,134 \cdot 6000 \cdot 8 = 4824 \text{ N}$$

$$\text{zul } Z = 84,3 \cdot 130 = 10960 \text{ N}$$

$$\text{zul } \sigma = 130 \text{ N/mm}^2 \text{ nach T4L 13500/01, Tab. 8.}$$

5. Nachweis der Hakenschrauben

5.1. Normale Dachfläche

Vorh. 2 Hakenschrauben M8 / 538/24 an den Pfetten im Stoßbereich (4 Befestigungen / Welltafel) Befestigung im Scheitel des 2. und 5. Wellenberg.

$$e = \frac{530 + 354}{2} = 440 \text{ mm (durchschn. Abstand)}$$

max Zugkraft in den Hakenschrauben (aus g_{wt} u. w_s)

$$P_2 = |(0,2 \cdot \cos 5,7^\circ \cdot 2,30 - 0,28 \cdot 2,30) \cdot 0,44| = 0,08 \text{ kN}$$

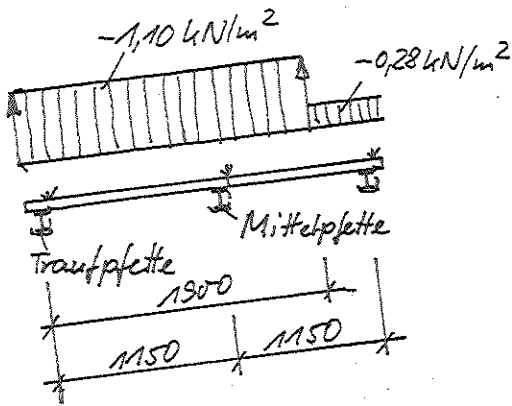
$$\text{zul } P_2 = 1,0 \text{ kN nach T4L 22856/07, Tab. 2}$$

$$P_2 = 0,08 \text{ kN} < \text{zul } P_2 = 1,0 \text{ kN.}$$

5.2. Traufbereich

Nach T4L 22856/07, 3.3. ist in den Bereichen erhöhter Soßwirkung eine zusätzliche Befestigung auf den Mittelpfetten vorzusehen.

Windbelastung:



Linienlasten aus g_{WT} und w_s

Traufpfette:

$$p_T \approx 0,4 \cdot (0,2 \cdot \cos 5,7^\circ - 0,28) \cdot 1,15 \\ - (1,10 - 0,28) \cdot 1,15/2 \\ = -0,51 \text{ kN/m}$$

Mittelpfette:

$$p_M \approx 1,25 \cdot (0,2 \cdot \cos 5,7^\circ - 0,28) \cdot 1,15 \\ - (1,10 - 0,28) \cdot (1,30 - 1,15/2) \\ = -1,21 \text{ kN/m}$$

Zugkräfte in den Hakenschrauben

Traufpfette:

$$P_Z = |-0,51| \cdot 0,44 = 0,22 \text{ kN} < \text{zul } P_Z = 1,0 \text{ kN}$$

Mittelpfette:

$$P_Z = |-1,21| \cdot 0,44 = 0,53 \text{ kN} < \text{zul } P_Z = 1,0 \text{ kN}$$

6. Pfetten im Verbandsfeld

Längskräfte in den Pfetten ergeben sich z.B. aus den Auflagerkräften der Windstiele des Giebels.

Lastkombination $q_y > 0$

Nachweis nach TGL 13503/01, 9.1. (Druck mit Biegung)

Lastkombination $q_y < 0$

Nachweis nach TGL 13503/01, 9.1. (Druck mit Biegung),

Nachweis nach TGL 13503/01, 12. (Kippen mit Längskraft).

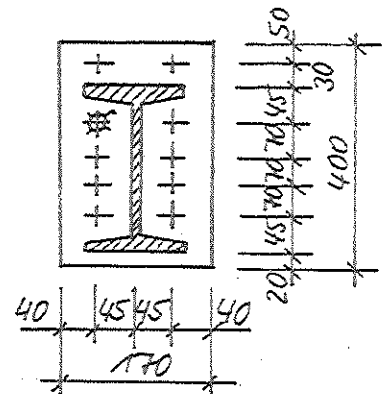
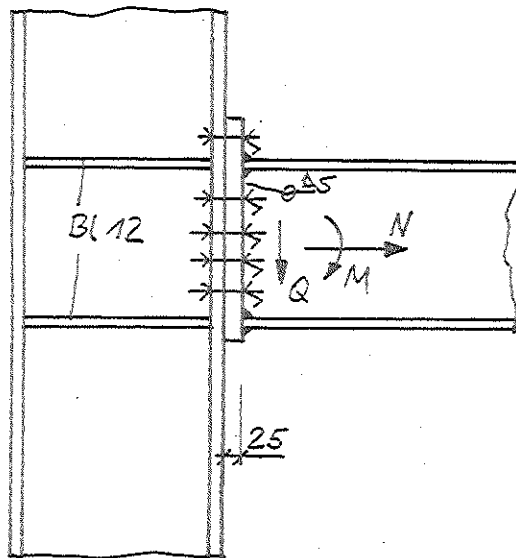
8. Beispiel: Nachweis einer Rahmenecke

Der Riegel eines Stahlskelettbauwerkes I 300 TGL 0-1025 ist mit rohen normalfesten Schrauben an eine Stütze I 450 x 12-300 x 20 TGL 26088 mit Hilfe einer Stirnplatte angeschlossen.

$M = 30 \text{ kNm}$; $Q = 70 \text{ kN}$; $N = 20 \text{ kN}$

rohe Schrauben M 20/4.6; Schweißnaht: A41 II B

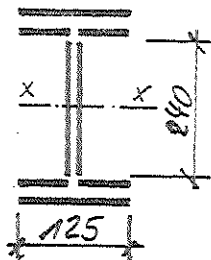
S 38/24; GLF H; BGC mit $N < 1000$



1. Nachweis der Schweißnähte

vorh. umlaufende Kehlnaht $a = 5 \text{ mm}$

1.1. Querschnittswerte



$$l_{\text{stegen}} = 240 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{2}(125 - 10,8) = 57,1 \text{ mm}$$

$$A_{\text{stegen}} = 2 \cdot 5 \cdot 240 = 2400 \text{ mm}^2$$

$$I_{\text{schw}} = 2 \cdot 125 \cdot 5 \cdot (150 + 2,5)^2 + 4 \cdot 57,1 \cdot 5 \cdot (150 - 16,2 - 2,5)^2 + 2 \cdot \frac{5 \cdot 240^3}{12} = 58,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

1.2. Nachweise

$$\sigma_{\perp} = \frac{30 \cdot 10^6 \cdot 155}{58,6 \cdot 10^6} + \frac{N}{A} = 79 \text{ N/mm}^2 < 160 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.16)}$$

$$\tau = \frac{70 \cdot 10^3}{2400} = 29 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.17)}$$

Nachweis nach Gl. (3a) offensichtlich erfüllt.

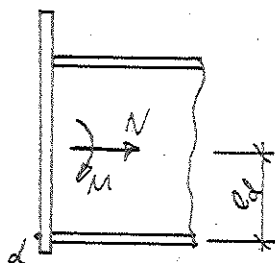
2. Nachweis der Schrauben

Nachweis nach MLK-RiGS, 3. bzw. nach
Schneis: Berechnung geschraubter Rahmenecken,
Bauingenieur 44 (1969) 12, S. 439 ff.

2.1. Annahmen

- Stirnplatte starr und eben
- Schraubenzugkräfte linear veränderlich, proportional zum Abstand y_i vom Druckpunkt
- Schraubenzugkräfte in der unteren Hälfte des Anschlusses bleiben unberücksichtigt
- Druckpunkt im Druckflanschschwerpunkt

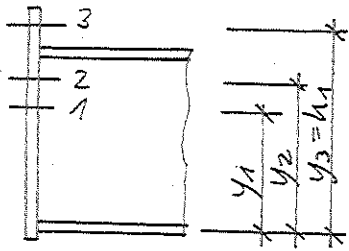
Maßgebendes Moment



$$e_d = 150 - \frac{16,2}{2} = 141,9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_d &= M + N \cdot e_d \\ &= 30 \cdot 10^6 + 20 \cdot 10^3 \cdot 141,9 \\ &= 32,8 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

2.2. Abstände der Schrauben und Beiwerte



$$y_1 = 45 + 70 + 70 - \frac{16,2}{2} = 176,9 \text{ mm}$$

$$y_2 = 176,9 + 70 = 246,9 \text{ mm}$$

$$y_3 = h_1 = 246,9 + 75 = 321,9 \text{ mm}$$

$$\sum_{i=1}^3 y_i = 176,9 + 246,9 + 321,9 = 745,7 \text{ mm}$$

$$\sum_{i=1}^3 y_i^2 = 176,9^2 + 246,9^2 + 321,9^2 = 195870 \text{ mm}^2$$

$m = 2$ (2 senkrechte Schraubenreihen)

$$f_z = \frac{h_1^2}{m \cdot \sum y_i^2} = \frac{321,9^2}{2 \cdot 195870} = 0,265$$

$$f_0 = \frac{h_1 \cdot \sum y_i}{\sum y_i^2} = \frac{321,9 \cdot 745,7}{195870} = 1,226$$

2.3. Zugbeanspruchung

max. Kraft in der Schraube 3

$$\max Z_s = \frac{M_d \cdot f_z}{h_1} = \frac{32,8 \cdot 10^6 \cdot 0,265}{321,9} = 27,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_z = \frac{27,0 \cdot 10^3}{245} = 110 \text{ N/mm}^2 < 130 \text{ N/mm}^2$$

2.4. Schubbeanspruchung

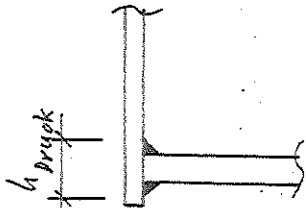
$$\tau_a = \frac{70 \cdot 10^3}{10 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 20^2} = 22 \text{ N/mm}^2 < 140 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_l = \frac{70 \cdot 10^3}{10 \cdot 20 \cdot 20} = 18 \text{ N/mm}^2 < 240 \text{ N/mm}^2$$

3. Nachweis des Druckbereiches

$$D = \frac{M_d \cdot f_D}{h_1} - N = \frac{32,8 \cdot 10^6 \cdot 1,226}{321,9} - 20 \cdot 10^3 \\ = 104,9 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$A_{\text{Druck}} = 125 \cdot (16,2 + 2 \cdot 5) = 3270 \text{ mm}^2$$



$$\sigma = \frac{104,9 \cdot 10^3}{3270} = 32 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.N.)}$$

Pressung zwischen Stirnplatte und Stützengurt.

4. Stirnplattendicke

Festlegung nach MLK-Ri 45, Tab. 4 : $s_p = 25 \text{ mm}$

bzw. nach Hohaus/Beyer : Geschraubte Stirnplattenanschlüsse (8. Inf.-tagung Metallbau 1973)

$$s_p \geq 1,25 \cdot d = 1,25 \cdot 20 = 25 \text{ mm.}$$

9. Beispiel: Nachweis einer Rahmenecke

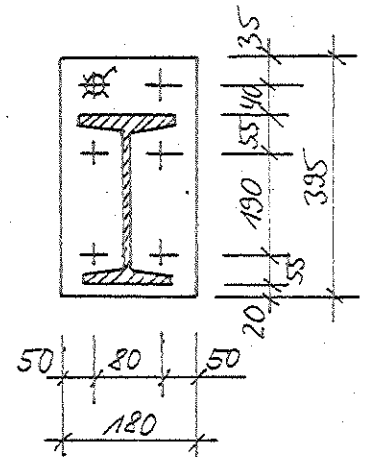
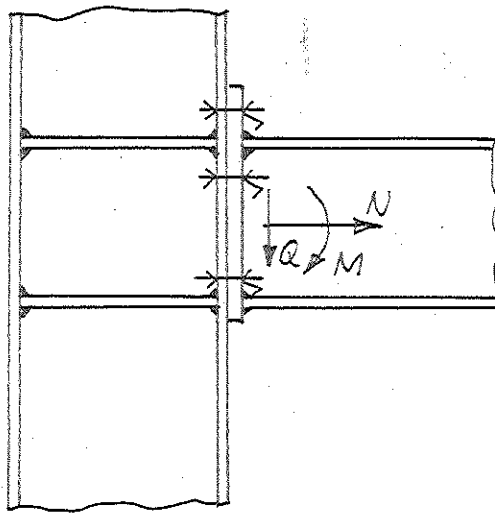
Ein Riegel I 300 TGL 0-1025 ist an eine Stütze I 450x12-300x20 TGL 26088 in der dargestellten Art angeschlossen.

$M = 95 \text{ kNm}$; $Q = 110 \text{ kN}$; $N = 40 \text{ kN}$

hochfeste Schrauben M20/10.9 (HVV);

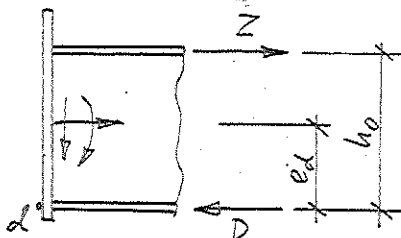
Schweißnaht: Akl II B

S 38/24; GLF H; BG C mit $N < 1000$



Nachweise nach MLK-Ri G5, 4.

1. Schnittkräfte



$$e_d = 150 - \frac{16,2}{2} = 142 \text{ mm}$$

$$h_0 = 300 - 2 \cdot \frac{16,2}{2} = 284 \text{ mm}$$

Auf den Druckpunkt bezogene Schnittkräfte

$$\begin{aligned} M_d &= M + N \cdot e_d = 95 \cdot 10^6 + 40 \cdot 10^3 \cdot 142 \\ &= 100,7 \cdot 10^6 \text{ Nmm.} \end{aligned}$$

$$Z = \frac{M_d}{h_0} = \frac{100,7 \cdot 10^6}{284} = 354 \cdot 10^3 \text{ N}$$

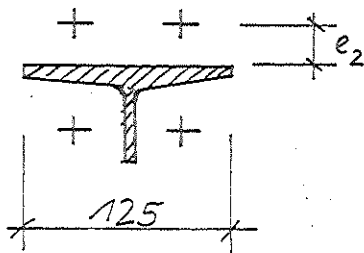
$$D = Z - N = 354 \cdot 10^3 - 40 \cdot 10^3 = 314 \cdot 10^3 \text{ N}$$

2. Nachweis der Schweißnähte

2.1. Gurtnähte

vorb. Kehlnähte $a = 10 \text{ mm}$

Obergurt:



$$e_2 = 40 \text{ mm}$$

$$\Sigma l = 125 + 125 - 10,8 = 239 \text{ mm}$$

Bedingung:

Schweißnahtlänge $< 3 \cdot e_2$ (je Schraube)

$$125 \text{ mm} < 2 \cdot 3 \cdot e_2 = 2 \cdot 3 \cdot 40 = 240 \text{ mm}$$

$$A_{\text{schw}} = 239 \cdot 10 = 2390 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{354 \cdot 10^3}{2390} = 148 \text{ N/mm}^2 < 160 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.16)}$$

Untergurt:

Fläche wie bei Obergurt: $A_{\text{schw}} = 2390 \text{ mm}^2$

$$\sigma_{\perp} = \frac{314 \cdot 10^3}{2390} = 131 \text{ N/mm}^2 < 160 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.19)}$$

2.2. Stegnähte

vorb. Kehlnähte $a = 6 \text{ mm}$

$$l = l_i = 240 \text{ mm}$$

$$A_{\text{schw}} = 2 \cdot 6 \cdot 240 = 2880 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{110 \cdot 10^3}{2880} = 38 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.17)}$$

Nachweis nach F. (3a) für Stegkehlnahtansatz

$$\left(\frac{148}{160} \right)^2 + \left(\frac{38}{160} \right)^2 = 0,86 + 0,06 = 0,92 < 1$$

Z.20

Z.20

3. Nachweis der Schrauben

3.1. Zugbeanspruchung

Zul. Kraft der Schrauben im Zugbereich

$$\text{zul } Z = 4 \cdot \text{zul } \sigma \cdot A_s$$

$$\text{zul } \sigma = 400 \text{ N/mm}^2 \text{ nach TGL 13502, Tab. 4}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2 \text{ nach TGL 13500/02, Tab. 19}$$

$$\text{zul } Z = 4 \cdot 400 \cdot 245 = 392 \cdot 10^3 \text{ N}$$

(siehe auch G5, Tab. 7)

$$Z = 354 \cdot 10^3 \text{ N} < \text{zul } Z = 392 \cdot 10^3 \text{ N}$$

3.2. Schubbeanspruchung

$$\tau_a = \frac{110 \cdot 10^3}{6 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 20^2} = 58 \text{ N/mm}^2 < 240 \text{ N/mm}^2$$

zul τ_a nach TGL 13502, Tab. 4

$$\sigma_l = \frac{110 \cdot 10^3}{6 \cdot 20 \cdot 20} = 46 \text{ N/mm}^2 < \text{zul } \sigma_{la}$$

zul σ_{la} nach TGL 13502, Tab. 3:

$$P_v = 153 \text{ kN}$$

$$Z = \frac{354}{4} = 88,5 \text{ kN} > 0,5 \cdot P_v = 76,5 \text{ kN}$$

$$\text{zul } \sigma_l = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{zul } \sigma_{la} = (1,33 - 0,67 \cdot \frac{88,5}{153}) \cdot 360 = 339 \text{ N/mm}^2$$

4. Stirnplattendicke

vorb. $s_p = 25 \text{ mm} = \text{erf } s_p$ nach MLK-Ri G5,
Tab. 8.

Nachweis der Zuglasche

$$A_{L,m} = 20 \cdot 250 - 2 \cdot 20 \cdot 21 = 4160 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_L = \frac{533 \cdot 10^3}{4160} = 128 \text{ N/mm}^2 < 180 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.2)}$$

Nachweis der Schrauben

vorh. 12 M 20/4.6, einschnittig

$$\tau_a = \frac{533 \cdot 10^3}{12 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 20^2} = 141 \text{ N/mm}^2 < 158 \text{ N/mm}^2$$

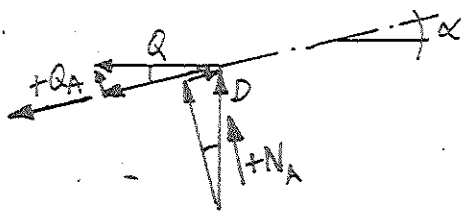
$$\sigma_1 = \frac{533 \cdot 10^3}{12 \cdot 20 \cdot 20} = 111 \text{ N/mm}^2 < 270 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis der Stegnähte der Kopfplatte

$$A_{\text{schw}} = 2 \cdot 5 \cdot (460 - 2 \cdot 5) = 4500 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{533 \cdot 10^3}{4500} = 118 \text{ N/mm} < 152 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.17)}$$

3. Maßgebende Schnittkräfte für den Schnitt A-A



Dachneigung: $10\% \hat{=} \alpha = 5,7^\circ$

$$\begin{aligned} N_A &= Q \cdot \sin \alpha + D \cdot \cos \alpha \\ &= 180 \cdot 10^3 \cdot \sin 5,7^\circ + 633 \cdot 10^3 \cdot \cos 5,7^\circ \\ &= 648 \cdot 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_A &= Q \cdot \cos \alpha - D \cdot \sin \alpha \\ &= 180 \cdot 10^3 \cdot \cos 5,7^\circ - 633 \cdot 10^3 \cdot \sin 5,7^\circ \\ &= 116 \cdot 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

4. Nachweis des Stegbereiches mit Q_A

Nachweis der Schrauben

vorh. 8 M 20/4.6, einschnittig

$$\tau_a = \frac{116 \cdot 10^3}{8 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 20^2} = 46 \text{ N/mm}^2 < 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_l = \frac{116 \cdot 10^3}{8 \cdot 20 \cdot 20} = 36 \text{ N/mm}^2 < 270 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis der Stegnähte der Kopfplatte

$$A_{\text{schw.}} = 4500 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{116 \cdot 10^3}{4500} = 26 \text{ N/mm}^2 < 152 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.17)}$$

5. Nachweis des Druckbereiches mit N_A
Druckgurt mit Kehlnähten $a = 8 \text{ mm}$ an die Kopfplatte angeschweißt.

$$A_{\text{schw.}} = (250 + 250 - 10 - 2 \cdot 8) \cdot 8 = 3732 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{648 \cdot 10^3}{3732} = 171 \text{ N/mm}^2 < 180 \text{ N/mm}^2 \text{ (Z.19)}$$

6. Bogenachweis für den Eckbereich des Stegbleches
Nachweis nach T4L B503/01, 16.

Beanspruchung durch M (σ -Spannungen) und
 Z (τ -Spannungen)

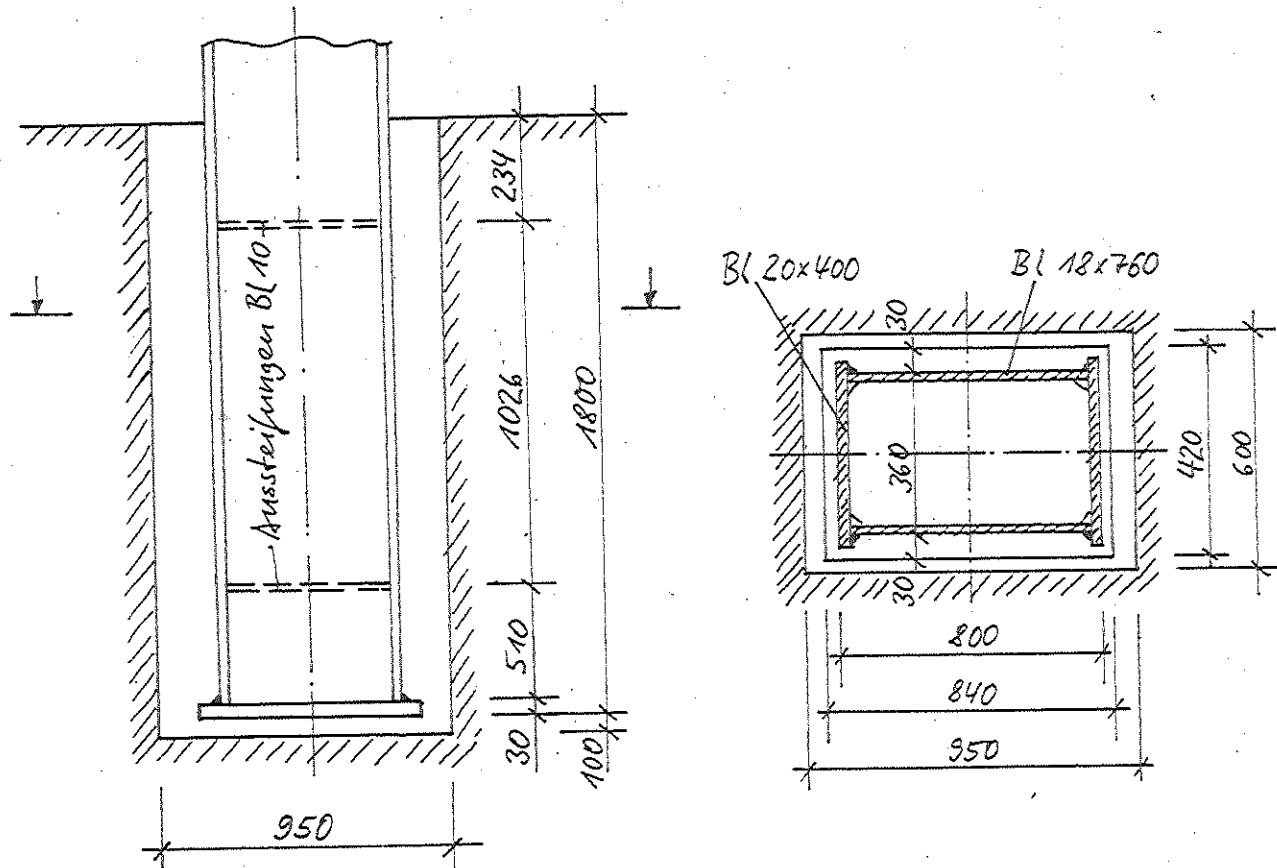
Nachweis hier nicht geführt!

11. Beispiel: Stahlstütze im Hülsenfundament

Eine Kastenstütze mit den angegebenen Abmessungen und einer Stützhöhe von 12,30 m ist in ein Hülsenfundament (Bk 20) eingespannt.

$M = 375 \text{ kNm}$; $N = 400 \text{ kN}$; $H = 65 \text{ kN}$

S 52/36; GLF H; BGC



1. Konstruktive Forderungen nach der Ri

Profilhöhe: $d_1 = 800 \text{ mm} < 900 \text{ mm}$

Einspannlänge: $h_1 = 1800 \text{ mm}$

$$> 1,8 \cdot d_1 = 1,8 \cdot 800 = 1440 \text{ mm}$$

$$> 0,1 \cdot h_s = 0,1 \cdot 12300 = 1230 \text{ mm}$$

$$> 600 \text{ mm}$$

2. Nachweis der Kantenpressung am Verfüllbeton
Hilfswerte nach Ri, Tab. 2

$$\frac{h_1}{d_1} = \frac{1800}{800} = 2,25; \quad m = 0,75$$

$$u = 0,32$$

Obere Druckkraft D_1

$$D_1 = \frac{M + 0,65 \cdot H \cdot h_1 - 0,12 \cdot N \cdot h_1}{m \cdot h_1}$$

$$= \frac{375 \cdot 10^6 + 0,65 \cdot 65 \cdot 10^3 \cdot 1800 - 0,12 \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot 1800}{0,75 \cdot 1800}$$

$$= 270 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Zulässige Spannung des Betons

Beton auf Druck beansprucht: TGL 33405/01, 2.4.2.

$$F_u \cdot u \leq F_f = k_{d2} \cdot R_b \cdot A_f$$

$$k_{d2} = 1,0 \text{ nach TGL 33405/01, Tab. 3 (Lastverteilung)}$$

$$R_b = R_{b0} \cdot m_{b1} \cdot m_{b5} \cdot m_{b7} \cdot m_{b8} \cdot m_{b9} \cdot m_{b10} \cdot m_{b11} \cdot m_{b12} \cdot m_{b13} \cdot m_{b14} \cdot m_{b15} \cdot m_{b16} \cdot m_{b17} \cdot m_{b18} \cdot m_{b19} \cdot m_{b20} \cdot m_{b21} \cdot m_{b22} \cdot m_{b23} \cdot m_{b24} \cdot m_{b25} \cdot m_{b26} \cdot m_{b27} \cdot m_{b28} \cdot m_{b29} \cdot m_{b30} \cdot m_{b31} \cdot m_{b32} \cdot m_{b33} \cdot m_{b34} \cdot m_{b35} \cdot m_{b36} \cdot m_{b37} \cdot m_{b38} \cdot m_{b39} \cdot m_{b40} \cdot m_{b41} \cdot m_{b42} \cdot m_{b43} \cdot m_{b44} \cdot m_{b45} \cdot m_{b46} \cdot m_{b47} \cdot m_{b48} \cdot m_{b49} \cdot m_{b50} \cdot m_{b51} \cdot m_{b52} \cdot m_{b53} \cdot m_{b54} \cdot m_{b55} \cdot m_{b56} \cdot m_{b57} \cdot m_{b58} \cdot m_{b59} \cdot m_{b60} \cdot m_{b61} \cdot m_{b62} \cdot m_{b63} \cdot m_{b64} \cdot m_{b65} \cdot m_{b66} \cdot m_{b67} \cdot m_{b68} \cdot m_{b69} \cdot m_{b70} \cdot m_{b71} \cdot m_{b72} \cdot m_{b73} \cdot m_{b74} \cdot m_{b75} \cdot m_{b76} \cdot m_{b77} \cdot m_{b78} \cdot m_{b79} \cdot m_{b80} \cdot m_{b81} \cdot m_{b82} \cdot m_{b83} \cdot m_{b84} \cdot m_{b85} \cdot m_{b86} \cdot m_{b87} \cdot m_{b88} \cdot m_{b89} \cdot m_{b90} \cdot m_{b91} \cdot m_{b92} \cdot m_{b93} \cdot m_{b94} \cdot m_{b95} \cdot m_{b96} \cdot m_{b97} \cdot m_{b98} \cdot m_{b99} \cdot m_{b100}$$

$$R_{b0} = 11,2 \text{ N/mm}^2 \text{ nach TGL 33403, Tab. 4}$$

$$m_{b3} = 1,0 \text{ - bewehrt}$$

$$m_{b5} = 0,9 \text{ - langzeitige Druckbelastung}$$

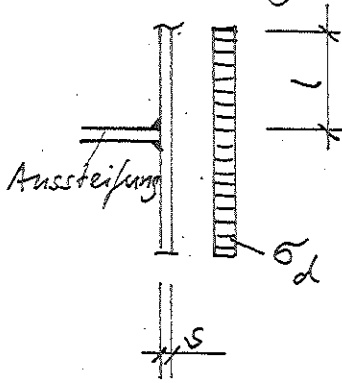
$$R_b = 11,2 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 10,1 \text{ N/mm}^2$$

$$A_f = \text{Auflstandsfläche}$$

$$u = \text{Lastfaktor nach TGL 32274/02 bzw. 03; i.M. } u = 1,15$$

$$\sigma = \frac{F_u}{A_f} \leq \sigma_d = \frac{k_{d2} \cdot R_b}{u} = \frac{1,0 \cdot 10,1}{1,15} = 8,8 \text{ N/mm}^2$$

Ermittlung des ausgesteiften Stützenbereiches



$$M = \frac{\sigma_d \cdot l^2}{2}$$

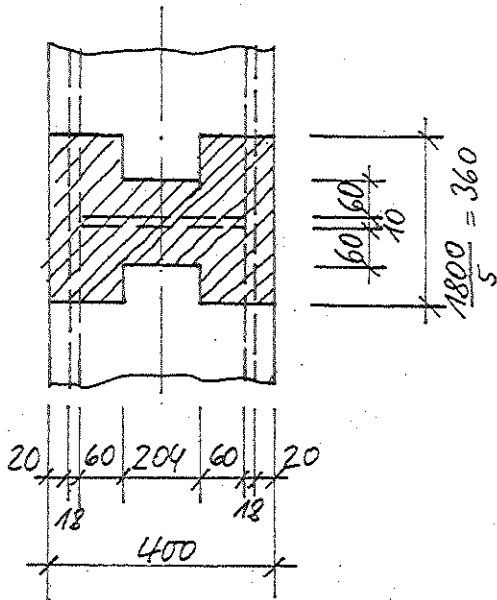
$$W = \frac{s^2}{6}$$

$$\left. \begin{array}{l} M = \frac{\sigma_d \cdot l^2}{2} \\ W = \frac{s^2}{6} \end{array} \right\} \text{ 1 cm breiter Streifen}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{\sigma_d \cdot l^2 \cdot 6}{2 \cdot s^2} \leq \text{zul } \sigma; \text{ daraus}$$

$$l \leq \sqrt{\frac{\text{zul } \sigma \cdot s^2}{\sigma_d \cdot 3}} = \sqrt{\frac{240 \cdot 20^2}{8,8 \cdot 3}} = 60 \text{ mm}$$

Ausgesteifte Fläche



$$A_D = 2 \cdot (20 + 18 + 60) \cdot 360 + (60 + 60 + 10) \cdot 204 = 97080 \text{ mm}^2$$

$$\max \sigma_D = \frac{270 \cdot 10^3}{97080} = 2,8 \text{ N/mm}^2 < 8,8 \text{ N/mm}^2$$

3. Kantenpressung in der Aufstandsfläche

Druckkraft in der Aufstandsfläche infolge Verdrehung:

$$D_N = n \cdot D_1 = 0,32 \cdot 270 \cdot 10^3 = 86,4 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Bedingung: } N = 400 \cdot 10^3 \text{ N} > D_N = 86,4 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\max \sigma_N = \frac{N}{\sum A_i} + \frac{4 \cdot D_N}{A_1} \leq \sigma_d$$

$$\sum A_i = 840 \cdot 420 = 352800 \text{ mm}^2$$

(ausgesteifte Flächen der Fußplatte + Dübel)

$$A_1 = 352.800 \text{ mm}^2 \text{ (ausgest. Fläche der Fußplatte)}$$

$$\begin{aligned} \max \sigma_N &= \frac{400 \cdot 10^3}{352.800} + \frac{4 \cdot 86,4 \cdot 10^3}{352.800} = 1,1 + 1,0 \\ &= 2,1 \text{ N/mm}^2 < 8,8 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Nachweis der Steifigkeit der Fußplatte:

$$l \leq \sqrt{\frac{zul \sigma \cdot s^2}{\sigma_N \cdot 3}} = \sqrt{\frac{240 \cdot 30^2}{2,1 \cdot 3}} = 185 \text{ mm}$$

$$l_R = 20 \text{ mm} < l = 185 \text{ mm}$$

$$l_F = 180 - 18 = 162 \text{ mm} < 185 \text{ mm}$$

Fußplatte ausreichend ausgesteift.

4. Einleitung der Längskraft vom Verfüllbeton
in das Hülsenfundament

N ist eine Druckkraft: $N_2 = 0$ (Normalkraft infolge
Reibung bzw. Haftung) - kein Nachweis erforderlich.