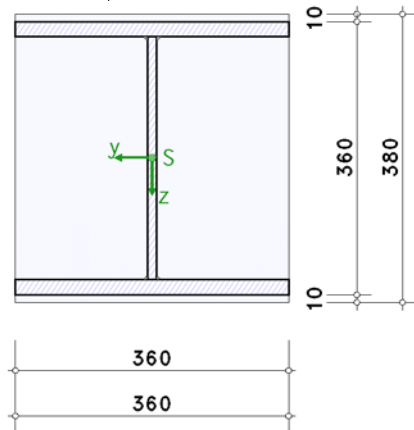


## Eingespannter Stahlstützenfuß

Stahlnachweise nach DIN EN 1993-1:2010-12 mit NA-Deutschland

Querschnitt, Maßstab 1:10



Stützenquerschnitt mit Einspanntiefe  $f = 80.0$  cm

nicht genormtes I-Profil, der Güte S275

$h = 360.0$  mm  $b = 360.0$  mm  $t_w = 12.0$  mm  $t_f = 20.0$  mm

Kehlrat  $a_w = 4.0$  mm

**Fußplatte**

$b = 360$  mm  $h = 380$  mm  $t = 12$  mm, der Güte S275

**Mörtelfuge unter Fußplatte**

$h_f = 50$  mm

**Fundament**

Betongüte C20/25

Verteilungsfläche  $A_{c1} = 2.25 \cdot A_{c0}$

Spaltzugbewehrung ist vorhanden

## 1. Belastung

### 1.1. Bemessungswerte der Stützenlast

Angriffspunkt im Schwerpunkt der Stütze

LK	Bezeichnung.	Bemessungssit.	N <sub>St,d</sub> kN	M <sub>y,St,Ed</sub> kNm	H <sub>z,St,Ed</sub> kN	M <sub>z,St,Ed</sub> kNm	H <sub>y,St,Ed</sub> kN
1	2	ständig u.v.	434.50	233.10	24.60	0.00	0.00
2	3	ständig u.v.	453.50	79.10	0.00	45.70	6.20
3	6	ständig u.v.	309.30	-153.30	-28.10	76.10	10.40

## 2. Nachweis

### 2.1. Materialsicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M2}$	$\gamma_c$
ständig	1.00	1.25	1.50

### 2.2. Einspanntiefe

Ermittlung der erforderlichen Einspanntiefe entsprechend [1]

Reibbeiwert für Sand-Zement-Mörtel  $C_{f,d} = 0.20$

Bemessungswert der Verbundtragfähigkeit  $\tau_{Rd} = 0.30$

Die untere resultierende Druckkraft wird begrenzt auf  $D_u = 0.80 \cdot V_{p1}$

Die Verbundspannungen werden in der jeweils massgebenden Richtung berücksichtigt.

#### 2.2.1. Erforderliche Einspanntiefe für Biegung um die y-Achse

Die erhöhte zul. Betonpressung wird angenommen zu  $\sigma_{Rdu} = f_{cd} \cdot 2^{0.5}$

Länge c (entspr. [1], Bild 4 und 5)  $c = 58.6$  mm

Mitwirkenden Breite  $b_m = 261.8$  mm

Resultierende Pressung  $p = 41.95$  kN/cm

zul. plastische Querkraft  $V_{p1,z} = 609.68$  kN

**Erforderliche Einspanntiefe**

LK	Verbundspannung	D <sub>o</sub> kN	D <sub>u</sub> kN	D <sub>u</sub> /V <sub>p1,z</sub> -	f <sub>erf</sub> cm
1	ja	512.35	487.75	0.80	49.2
2	nein	383.18	383.18	0.63	22.6
3	nein	515.85	487.75	0.80	36.2

D<sub>o</sub>/D<sub>u</sub> - res. Druckkraft oben/unten  $f_{erf}$  - erf. Einspanntiefe

Maximal erforderliche Einspanntiefe für Biegung um die y-Achse  $f_{erf,y} = 49.2$  cm

## 2.2.2. Erforderliche Einspanntiefe für Biegung um die z-Achse

Die erhöhte zul. Betonpressung wird angenommen zu  $\sigma_{Rdu} = f_{cd} \cdot 3^{0.5}$

Länge c (entspr. [1], Bild 4 und 5)	c	= 52.9 mm
Mitwirkenden Breite	$h_m$	= 40.0 mm
Resultierende Pressung	p	= 7.85 kN/cm
zul. plastische Querkraft	$V_{p1,y}$	= 2286.31 kN

### Erforderliche Einspanntiefe

LK	Verbundspannung	$D_o$ kN	$D_u$ kN	$D_u/V_{p1,y}$ -	$f_{erf}$ cm
1	nein	0.00	0.00	0.00	0.0
2	ja	126.84	120.64	0.05	38.9
3	ja	175.34	164.94	0.07	53.5

$D_o/D_u$  - res. Druckkraft oben/unten  $f_{erf}$  - erf. Einspanntiefe

Maximal erforderliche Einspanntiefe für Biegung um die z-Achse  $f_{erf,z} = 53.5$  cm

## 2.2.3. Einspanntiefe festlegen

erforderlich  $f_{erf} = 53.5$  cm (aus LK 3, Bieg. um z-Achse)

Mindestwert  $f_{min} = 1.5 \cdot 36.00 = 54.0 > 53.5$  cm

Höchstwert  $f_{max} = 4.0 \cdot 36.00 = 144.0 > 53.5$  cm

gewählt  $f_{gew} = 80.0 > 54.0$  cm

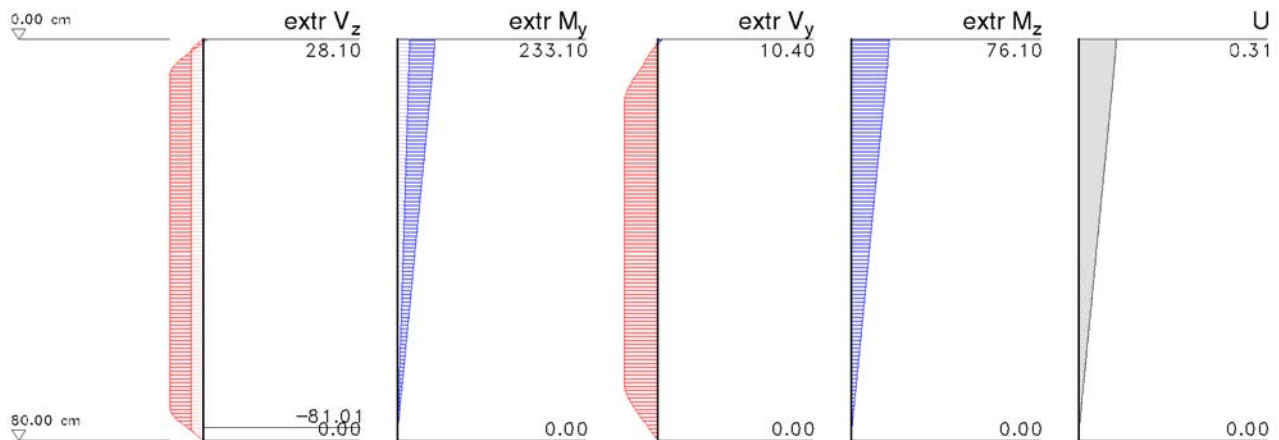
## 2.3. Querschnittstragfähigkeit

Plastischer Spannungsnachweis erfolgt nach [2], Abs. 6.2.2 bis 6.2.10.

### 2.3.1. Abstützkräfte

LK	$M_y/V_z$				$M_z/V_y$			
	$a_o$ cm	$a_u$ cm	$D_o$ kN	$D_u$ kN	$a_o$ cm	$a_u$ cm	$D_o$ kN	$D_u$ kN
1	7.0	6.3	238.27	213.67	---	---	---	---
2	2.4	2.4	81.04	81.04	5.7	4.7	36.25	30.05
3	5.9	5.1	201.66	173.56	13.0	11.3	82.57	72.17

### 2.3.2. Extremale Schnittgrößen



Extremwerte der Normalkraft:  $N_{min} / N_{max} = 309.30 / 453.50$  kN

x cm	$extr V_z$		$extr M_y$		$extr V_y$		$extr M_z$		U
	Min kNm	Max kNm	Min kNm	Max kNm	Min kNm	Max kNm	Min kNm	Max kNm	
0.00	0.00	28.10	79.10	233.10	0.00	10.40	0.00	76.10	0.31
0.50	-20.98	7.12	78.27	232.39	0.00	6.47	0.00	75.87	0.31
1.00	-41.95	-13.85	77.33	231.58	-1.65	2.55	0.00	75.62	0.31
1.50	-61.64	-34.83	76.34	230.66	-5.58	0.00	0.00	75.35	0.30
3.00	-101.26	-81.01	74.35	227.28	-17.30	0.00	0.00	74.43	0.30
7.50	-213.15	-81.01	70.12	214.99	-48.13	0.00	0.00	70.62	0.28
13.00	-213.15	-81.01	64.95	198.52	-72.08	0.00	0.00	64.84	0.26
80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Maximale Ausnutzung  $U = 0.31 < 1.00$

Aus Lastkollektiv 1 an der Stelle  $x = 0.00$  cm

Schnittgrößen:  $N = 434.50$  kN,  $V_z/M_y = 24.60/233.10$  kNm,  $V_y/M_z = 0.00/0.00$  kNm

Ausnutzung:  $U_\sigma = 0.31$

## 2.4. Schweißnaht zwischen Stütze und Fußplatte

Bemessung nach dem richtungsbezogenen Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.2

$$\sigma_{1,w,Ed} = (\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = \sigma_{\perp}$$

$$f_{1,w,Rd} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$f_{2,w,Rd} = 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

$$U = \max\{ \sigma_{1,w,Ed} / f_{1,w,Rd}, \sigma_{2,w,Ed} / f_{2,w,Rd} \}$$

Die Verbindung wird mit einer **Doppelkehlnaht voll ausgeführt** (keine Endkrater).

Die Schweißnahtdicke beträgt am Flansch **4 mm** und am Steg **4 mm**.

Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

Mindestwert der Flanschnahtdicke  $a_{w,F1,min} = 4.0 = 4.0 \text{ mm}$

Mindestwert der Steгнаhtdicke  $a_{w,S,min} = 3.0 < 4.0 \text{ mm}$

LK	$\sigma_{\perp}$ N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{\perp}$ N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{\parallel}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{1,w,Ed}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{1,w,Rd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{2,w,Ed}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{2,w,Rd}$ N/mm <sup>2</sup>	U
1	-38.20	-38.20	0.00	76.40	404.71	38.20	309.60	0.19
2	-39.87	-39.87	0.00	79.74	404.71	39.87	309.60	<b>0.20</b>
3	-27.19	-27.19	0.00	54.38	404.71	27.19	309.60	0.13

$\sigma_{\perp}$  - Normalspannungen senkrecht zur Naht     $\tau_{\perp}$  - Schubspannungen senkrecht zur Naht     $\tau_{\parallel}$  - Schubspannungen parallel zur Naht

U - Ausnutzung

Maximale Ausnutzung  $U = 0.20 < 1.00$

## 2.5. Einleitung der Normalkraft in das Fundament

Nachweis nach [4], Abschn. 6.2.5 und Tragfähigkeit der Teilflächen nach [3], Abschn.6.7

### 2.5.1. Anforderung an den Mörtel unter der Fußplatte

0.2fache der kleinsten Plattenabmessung = 72.0 > 50 mm Mörtelhöhe

⇒ Die chark. Festigkeit des Mörtels sollte mindestens 20% des Fundamentbetons betragen.

### 2.5.2. Lastausbreitung

$$c = t \cdot [f_y / (3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0})]^{0.5} \leq 0.5 \cdot (h - 2 \cdot t)$$

Ausbreitungsbreite  $c = 34.1 \text{ mm}$

Belastungsfläche  $A_{c0} = 663.76 \text{ cm}^2$

Verteilungsfläche wird angenommen zu  $A_{c1} = 2.25 \cdot A_{c0}$

### 2.5.3. Tragfähigkeit

$$F_{C,Rd} = f_{jd} \cdot A_{c0}$$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot F_{Rdu} / A_{c0}$$

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot (A_{c1} / A_{c0})^{0.5} \leq 3.0 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

Anschlussbeiwert  $\beta_j = 2/3$

Bemessungswert der Mörtelfestigkeit  $f_{jd} = 11.33 \text{ N/mm}^2$

Tragfähigkeit auf Druck  $F_{C,Rd} = 752.26 \text{ kN}$

### 2.5.4. Ausnutzung

$$U = N_{Ed} / F_{C,Rd}$$

Maximale Druckkraft (LK 2)  $N_{Ed} = 453.50 < 752.26 \text{ kN}$

Ausnutzung  $U = 0.60 < 1.00$

## 3. Zusammenfassung

Alle geführten Nachweise und Bemessungen konnten erfolgreich durchgeführt werden.

gewählte Einspanntiefe des Stützenquerschnittes	$f_{gew} = 80.0 \text{ cm}$
erforderliche Einspanntiefe	$f_{erf} = 53.5 < 80.0 \text{ cm}$
Tragfähigkeit des Stützenquerschnittes	$\mu_{max} = 0.31$
Schweißnaht zwischen Stütze und Fußplatte	$\mu_{max} = 0.20$
Einleitung der Normalkraft	$\mu_{max} = 0.60$

Literatur und Normen:

[1] R. Kindmann, J. Laumann: Erf. Einspanntiefen von Stahlstützen in Betonfundamenten, Stahlbau 74, Heft 8, Ernst & Sohn, 2005

[2] DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Dez. 2010

[3] DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1, Januar 2011

[4] DIN EN 1995-1-8: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen, Dez. 2010