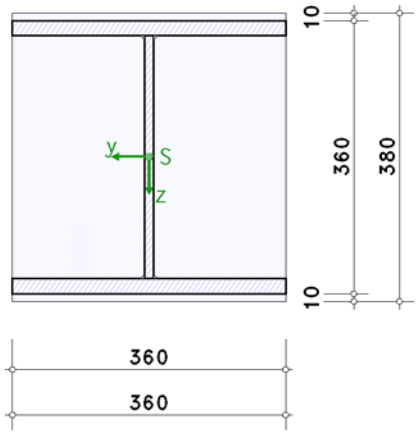
Eingespannter Stahlstützenfuß

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
Kehlnat 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.	$N_{St,d}$ kN	$M_{y,St,Ed}$ kNm	$H_{z,St,Ed}$ kN	$M_{z,St,Ed}$ kNm	$H_{y,St,Ed}$ 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.	γ_{M0}	γ_{M2}	γ_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 τ_{Rd} = 0.30 N/mm²

Die untere resultierende Druckkraft wird begrenzt auf $D_u = 0.80 \cdot V_{pl}$
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 $\sigma_{Rdu} = f_{cd} \cdot 2^{0.5}$ = 16.03 N/mm²

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 $V_{pl,z}$ = 609.68 kN

Erforderliche Einspanntiefe

LK	Verbundspannung	D_o kN	D_u kN	$D_u/V_{pl,z}$ -	f_{erf} 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_o/D_u - 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 $\sigma_{Rdu} = f_{cd} \cdot 3^{0.5} = 19.63$ N/mm²

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	$V_{pl,y}$	=	2286.31 kN

Erforderliche Einspanntiefe

LK	Verbundspannung	D_o kN	D_u kN	$D_u/V_{pl,y}$ -	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

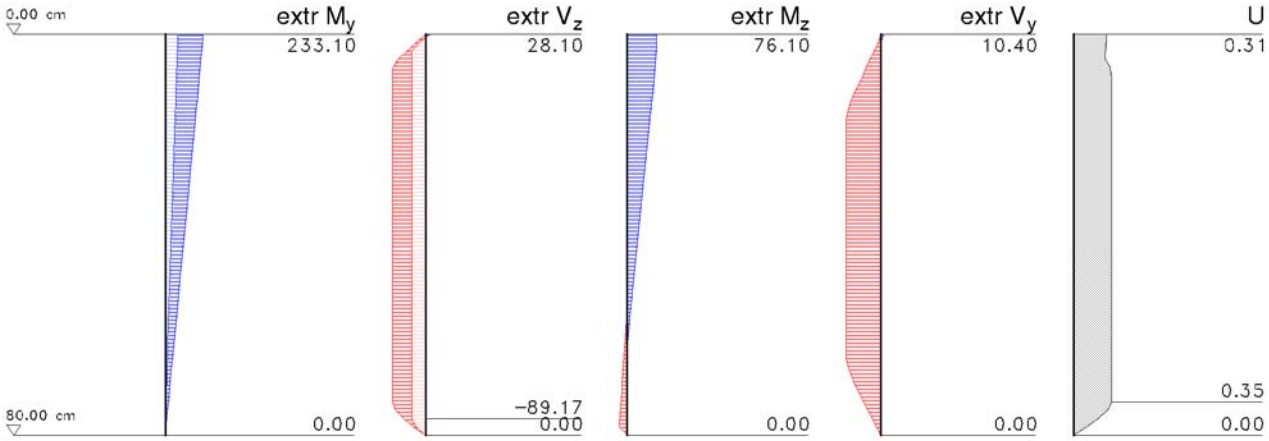
Plastischer Spannungsnachweis erfolgt nach [2], Abs. 6.2.2 bis 6.2.10.

2.3.1. Abstützkräfte

LK	M_y/V_z a_o cm	a_u cm	D_o kN	D_u kN	M_z/V_y 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	10.1	9.1	63.98	57.78
3	5.9	5.1	201.66	173.56	18.2	16.6	115.81	105.41

a_o/a_u - Druckbereich oben/unten D_o/D_u - res. Druckkraft oben/unten

2.3.2. Extremale Schnittgrößen



Extremwerte der Normalkraft: N_{Min} / N_{Max} = 309.30 / 453.50 kN

x cm	extr My Min kNm	extr My Max kNm	extr Vz Min kNm	extr Vz Max kNm	extr Mz Min kNm	extr Mz Max kNm	extr Vy Min kNm	extr Vy Max kNm	U
0.00	79.10	**233.10**	0.00	**28.10**	0.00	**76.10**	0.00	**10.40**	0.31
1.66	76.27	230.36	-61.95	-41.35	0.00	75.27	-6.80	0.00	0.30
3.31	73.88	226.47	-114.10	-89.17	0.00	74.22	-19.80	0.00	0.30
4.97	72.18	221.79	-175.03	-89.17	0.00	72.96	-32.71	0.00	0.29
8.28	68.80	213.37	**-214.28**	-89.17	0.00	69.79	-54.58	0.00	**0.35**
18.21	58.66	183.50	-214.28	-89.17	0.00	56.85	**-105.01**	0.00	0.35
63.43	12.48	47.54	-214.28	-89.17	-6.76	0.00	-105.01	0.00	0.35
75.03	0.63	13.34	-193.49	-89.17	-16.93	0.00	-39.08	0.00	0.32
76.69	-1.06	8.52	-140.08	-89.17	-18.37	0.00	-26.07	0.00	0.23
78.34	**-3.45**	4.24	-75.72	-61.96	**-19.59**	0.00	-13.05	0.00	0.12
80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Maximale Ausnutzung U = 0.35 < 1.00

Aus Lastkollektiv 1 an der Stelle x = 8.28 cm

Schnittgrößen: N = 434.50 kN, V_z/M_y = -214.28/213.37 kNm, V_y/M_z = 0.00/0.00 kNm
Ausnutzung: U_σ = 0.35

2.4. Schweißnaht zwischen Stütze und Fußplatte

Bemessung nach dem richtungsbezogenen Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.2

$\sigma_{1,w,Ed} = (\sigma_\perp^2+3\cdot\tau_\perp^2+3\cdot\tau_{||}^2)^{0.5}$
$\sigma_{2,w,Ed} = \sigma_\perp$
$f_{1,w,Rd} = f_u/(\beta_w\cdot\gamma_{M2})$
$f_{2,w,Rd} = 0.9\cdot f_u/\gamma_{M2}$
$U = \max\{ \sigma_{1,w,Ed}/f_{1,w,Rd},\ \sigma_{2,w,Ed}/f_{2,w,Rd} \}$

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 $a_{w,Fl,min}$ = 4.0 = 4.0 mm
Mindestwert der Stegnahtdicke $a_{w,S,min}$ = 3.0 < 4.0 mm

LK	$\sigma_\perp$ N/mm²	$\tau_\perp$ N/mm²	$\tau_{||}$ N/mm²	$\sigma_{1,w,Ed}$ N/mm²	$f_{1,w,Rd}$ N/mm²	$\sigma_{2,w,Ed}$ N/mm²	$f_{2,w,Rd}$ N/mm²	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	**0.20**
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 $\tau_{||}$ - 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

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

Ausbreitungsbreite	c	= 34.1 mm
Belastungsfläche	A_{c0}	= 663.76 cm²
Verteilungsfläche wird angenommen zu	A_{c1}	= 2.25·A_{c0}

2.5.3. Tragfähigkeit

$F_{C,Rdr} = f_{jd}\cdot A_{c0}$
$f_{jd} = \beta_j\cdot F_{Rdu}/A_{c0}$
$F_{Rdu} = A_{c0}\cdot f_{cd}\cdot(A_{c1}/A_{c0})^{0.5} \le 3.0\cdot f_{cd}\cdot A_{c0}$

Anschlussbeiwert	β_j	= 2/3
Bemessungswert der Mörtelfestigkeit	f_{jd}	= 11.33 N/mm²
Tragfähigkeit auf Druck	$F_{C,Rd}$	= 752.26 kN

2.5.4. Ausnutzung

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

Maximale Druckkraft (LK 2) N_{Ed} = 453.50 < 752.26 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 cm**
erforderliche Einspanntiefe	**f_{erf} = 53.5 < 80.0 cm**
Tragfähigkeit des Stützenquerschnittes	**μ_{max} = 0.35**
Schweißnaht zwischen Stütze und Fußplatte	**μ_{max} = 0.20**
Einleitung der Normalkraft	**μ_{max} = 0.60**

Literatur und Normen:

[1] R. Kindmann, J. Laumann: Erf. Einspanntiefen von Stahlstuetzen in Betonfundamenten, Stahlbau 74, Heft 8, Ernst & Sohn, 2005
[2] DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bem. und Konstr. von Stahlbauten - Teil 1-1: Allg. Bem.regeln u. 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 1993-1-8: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen, Dez. 2010