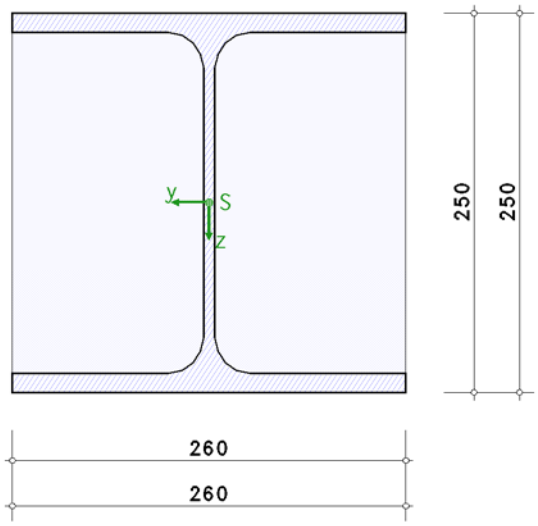
Eingespannter Stahlstützenfuß

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

Querschnitt, Maßstab 1:5



Stützenquerschnitt mit Einspanntiefe f = 60.0 cm
genormtes Profil: HE260A, der Güte S355

Fußplatte
b = 260 mm h = 250 mm t = 10 mm, der Güte S355

Mörtelfuge unter Fußplatte
h_f = 40 mm

Fundament
Betongüte C25/30
Höhe = 100.0 cm
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	neuer Bem.lastfall	ständig u.v.	98.00	164.00	63.00	0.00	0.00

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]

2.2.1. Erforderliche Einspanntiefe für Biegung um die y-Achse

Beiwert mitwirkenden Breite	α_m	= 1.23
Mitwirkenden Breite	b_m	= 241.8 mm
Resultierende Pressung	p	= 34.26 kN/cm
red. plastische Querkraft	red $V_{pl,z}$	= 518.30 kN

Erforderliche Einspanntiefe

LK	D_o kN	D_u kN	$D_u/V_{pl,z}$ -	f_{erf} cm
1	581.30	518.30	1.00	**49.2**

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. Einspanntiefe festlegen

erforderlich	f_{erf}	= 49.2 cm	(aus LK 1, Bieg. um y-Achse)
Mindestwert	f_{min} = 1.5·25.00	= 37.5 < 49.2 cm	
Höchstwert	f_{max} = 4.0·25.00	= 100.0 > 49.2 cm	
gewählt	f_{gew}	= **60.0** > 49.2 cm	

2.3. Querschnittstragfähigkeit

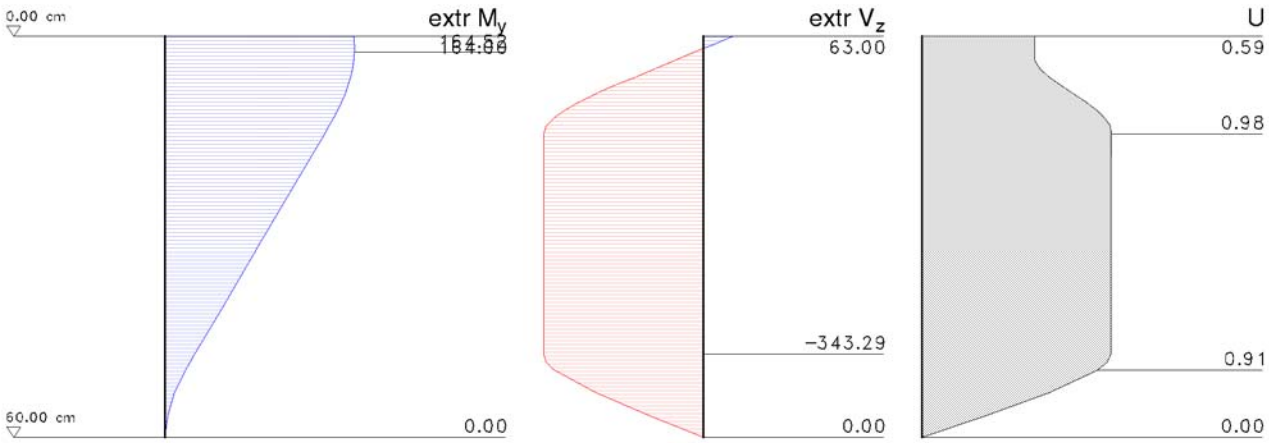
Plastischer Spannungsnachweis erfolgt nach [2], Abs. 6.2.2 bis 6.2.10.

2.3.1. Abstützkräfte

LK	M_y/V_z			
	a_o	a_u	D_o	D_u
	cm	cm	kN	kN
1	14.7	12.4	407.57	344.57

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} = 98.00 / 98.00 kN

x	extr My		extr Vz		U
	Min	Max	Min	Max	
cm	kNm	kNm	kNm	kNm	
0.00	164.00	164.00	63.00	**63.00**	0.59
1.22	164.51	164.51	21.07	21.07	0.59
2.45	164.52	**164.52**	-20.86	-20.86	0.59
14.69	138.40	138.40	**-343.29**	-343.29	**0.98**
60.00	**0.00**	0.00	0.00	0.00	0.00

Achtung: Der Nachweis konnte ausschlieslich elastisch geführt werden!

Maximale Ausnutzung U = 0.98 < 1.00

Aus Lastkollektiv 1 an der Stelle x = 14.69 cm

Schnittgrößen: N = 98.00 kN, V_z/M_y = -343.29/138.40 kNm

Spannungen: σ_{max} = -176.84 N/mm² τ_{max}= 200.79 N/mm² $\sigma_{v,max}$ = = 349.24 N/mm²

Ausnutzung: U_σ = 0.98

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 Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

Mindestwert der Schweißnahtdicke a_{min} = 3 mm

LK	$a_{w,Fl}$	$a_{w,S}$	$\sigma_\perp$	$\tau_\perp$	$\tau_{||}$	$\sigma_{1,w,Ed}$	$f_{1,w,Rd}$	$\sigma_{2,w,Ed}$	$f_{2,w,Rd}$	U
	mm	mm	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	-
1	**3**	**3**	-18.00	-18.00	0.00	36.01	435.56	18.00	352.80	**0.08**

$a_{w,Fl}$ - Flanschnahtdicke $a_{w,S}$ - Stegnahtdicke $\sigma_\perp$ - Normalspannungen senkrecht zur Naht
$\tau_\perp$ - Schubspannungen senkrecht zur Naht $\tau_{||}$ - Schubspannungen parallel zur Naht U - Ausnutzung

Maximale Nahtdicke für den Flansch $a_{w,Fl,max}$ = 3 mm
Maximale Nahtdicke für den Steg $a_{w,S,max}$ = 3 mm
Maximale Ausnutzung U = 0.08 < 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 = 50.0 > 40 mm Mörtelhöhe
⇒ Die chark. Festigkeit des Mörtels sollte mindestens 20% des Fundamentbetons betragen.

2.5.2. Lastausbreitung
$c = t\cdot[f_y/3\cdot f_{jd}\cdot\gamma_{M0})]^{0.5} \le 0.5\cdot(h-2\cdot t)$
Es wird von einer ungestörten Lastausbreitung ausgegangen.

Ausbreitungsbreite	c	= 26.9 mm
Belastungsfläche	A_{c0}	= 309.75 cm²
Verteilungsfläche	A_{c1}	= 930.14 cm²

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}	= 16.37 N/mm²
Tragfähigkeit auf Druck	$F_{C,Rd}$	= 506.94 kN

2.5.4. Ausnutzung
$U = N_{Ed}/F_{C,Rd}$
Maximale Druckkraft (LK 1) N_{Ed} = 98.00 < 506.94 kN
Ausnutzung U = 0.19 < 1.00

3. Zusammenfassung
Alle geführten Nachweise und Bemessungen konnten erfolgreich durchgeführt werden.

gewählte Einspanntiefe des Stützenquerschnittes	f_{gew}	= 60.0 cm
erforderliche Einspanntiefe	f_{erf}	= 49.2 < 60.0 cm
Tragfähigkeit des Stützenquerschnittes	μ_{max}	= 0.98
Schweißnaht zwischen Stütze und Fußplatte	μ_{max}	= 0.08
Einleitung der Normalkraft	μ_{max}	= 0.19

Literatur und Normen:

[1] Kindmann, Kraus, Laumann, Vette: Verallgem. Berech.methode für in Beton eingesp. Stahlprofile, Stahlbau 92, Heft 1, Ernst & Sohn, 2023
[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