



Tragwerksplanung · Bauphysik
Gutachten · Bauwerksprüfungen

Beratende Ingenieure der IK-Bau NRW
Blumentalstr. 108 | 47798 Krefeld
Zweigstelle:

Sonnborner Str. 71-73 | 42327 Wuppertal
info@fp-ing.de | www.fp-ing.de

Statische Berechnung

Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium

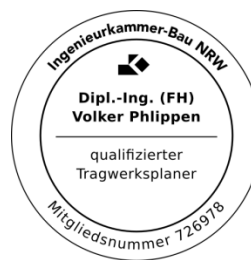
2.Nachtrag

Projektnr. FP-Ing 20240400

Bauvorhaben: Erweiterung Bertha-von-Suttner-Gymnasium
Bismarckstraße 53
46047 Oberhausen

Bauherr: SBO Servicebetriebe Oberhausen
Bahnhofstraße 66
46145 Oberhausen

Architekt: BST Architekten
Kirchstraße 10
46117 Oberhausen



Seiten: N2-1 bis N2-30

Aufgestellt in Wuppertal, den 16.04.2025

i.A. M.Sc. Yunjia Zhao

Dipl.-Ing. Volker Philippen



Funger Philippen Ingenieure
Tragwerksplanung • Bauphysik
Gutachten • Bauwerksprüfungen

Hauptsitz: Krefeld 0215162750
Standort: Wuppertal 02027671970
✉ info@fp-ing.de 🌐 www.fp-ing.de

Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen, Statische Berechnung LP4 – 2.Nachtrag

Inhaltsverzeichnis zur Statischen Berechnung – 2.Nachtrag

Inhalt	Art	Planungs- änderung	Allgemeine Änderung/ Ergänzung	Seite
Deckblatt				N2-1
Inhaltsverzeichnis				N2-2
Pos.61.4-N2	Stb.-UZ 40/94cm im EG	x		N2-3 bis N2-11
Pos.S16-N2	Stb.-Stütze ø30cm im EG	x		N2-12 bis N2-16
Pos.60.1-N2	Stb.-UZ + Stb.-Stütze + Ringbalken im EG	x		N2-17 bis N2-23
Pos.80-N2	ergänzende Detailnachweise für Durchstanzen	x		N2-24 bis N2-30

Planungsänderung: Siehe die entsprechende Position bzw. Seitennummer.

Allgemeine Änderung/ Ergänzung: Siehe die entsprechende Position bzw. Seitennummer.

gesehen



Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 2

Pos.61.4-N2 Stb.-UZ 40/94cm im EG

C25/30 XC1 b/h=40/94cm(Vorher 25/94cm)

Neue Abmessung des Stahlbeton-Unterzugs im Erdgeschoss:

Aufgrund einer Planungsänderung der Architektur wurde die Stahlbetonstütze S16-N2 in den Achsen 1a/A und 1/A um 10 cm nach innen verschoben.

Um die Lasten weiterhin auf die Stütze ableiten zu können, wurde der Stahlbeton-Unterzug 61.4-N2 im Erdgeschoss in Achse A **von 25/94 cm auf 40/94 cm** angepasst.

Die Lasten aus der Decke EG bleiben unverändert (siehe Hauptstatik Pos. 60). Der Unterzug ist dort bereits durch Infograph nachgewiesen, die erforderliche Bewehrung ist entsprechend schon berücksichtigt.

Aufgrund der Verschiebung der Rundstützen in Achse 1a/A und 1/A wirken die Unterzüge in diesen Bereichen wie kurze Konsolen (**in Achse 1a/A**) oder Kragarme (**in Achse 1/A**). Daher ist hier neue Bewehrungen erforderlich.

Der Stahlbeton-Unterzug überträgt die Lasten aus der aufgehenden Stahlbetonstütze S2 **in Achse 1a/A** und **wirkt dabei wie eine kurze Stahlbeton-Konsole** (siehe Skizze auf der folgenden Seite).

Zusätzlich trägt der Unterzug die Last aus der WAT W29 in Achse 1 und wirkt in diesem Bereich wie ein **Einfeldträger mit Kragarm**. Der statische Nachweis hierfür befindet sich auf der nachfolgenden Seite.

Nachweis eines Einfeldträgers mit Kragarm (in Achse 1/A)

Zusätzlich trägt der Unterzug die Last aus der WAT W29 in Achse 1 und wirkt in diesem Bereich wie ein **Einfeldträger mit Kragarm**. Der statische Nachweis hierfür befindet sich auf der nachfolgenden Seite.

Bemessungslasten:

aus WAT W29:

Siehe Pos.W29 WAT Auflagerkräfte:

Auf der sicheren Seite wurde angenommen, dass alle Lasten aus der Wand W29 in Achse 1 auf die Ecke in Achse 1/A aufgelegt werden.

Die Belastung aus WAT in Achse 1 und auch UZ in Achse A

Gk=	732 kN
Qk=	120 kN

Der Nachweis erfolgt auf der nachfolgenden Seite mit Frilo.

erf. Bewehrung

erf. untere Biegebewehrung: 4,3cm²

erf. obere Bewehrung: 5,4cm²

erf. Bügelbewehrung: 11,7 cm²/m im Auflagerbereich in Achse 1a/A

erf. Bügelbewehrung im allgemein: 4,4cm²/m





Projekt: 20240400 LP4

Nachtrag 2 UZ Pos.61.4-N2 in
 Achse 1/A

Mehrfeldträger Stahlbeton (x64) BTM+ 01/25 (FRILO R-2025-1/P03)

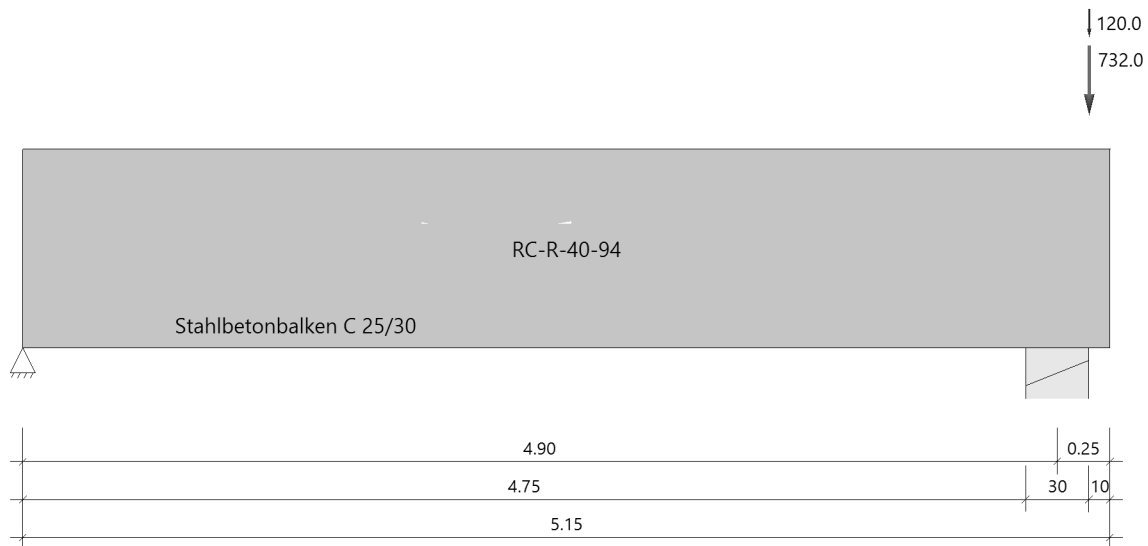
Grundparameter

Stahlbetonbalken $E = 31000 \text{ N/mm}^2$

DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

System

Systembild



Material

Materialauswahl

Beton C 25/30 $f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 31000 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl B500A $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 $k(f_t/f_y) = 1.05$ $\epsilon_{uk} = 25.0 \text{ ‰}$ (Bügel und Längsbewehrung)

Geometrie

Querschnitte

Nr	Art	b_o [cm]	h_o [cm]	b [cm]	h [cm]	b_u [cm]	h_u [cm]
1	Rechteck			40.0	94.0		
Kragarm rechts muss ggf. zusätzlich als Scheibe nachgewiesen werden.							

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	u_y [kN/m]	u_z [kN/m]	Verdrehungen *)		
				Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	4.90	-1	-1	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

durch Vergleichsrechnung
 geprüft



Funger Philippen Ingenieure
 Tragwerksplanung • Bauphysik
 Gutachten • Bauwerksprüfungen

Hauptsitz: Krefeld 0215162750
 Standort: Wuppertal 02027671970
 info@fp-ing.de www.fp-ing.de

Projekt: 20240400 LP4

Nachtrag 2 UZ Pos.61.4-N2 in
 Achse 1/A

Lasten

Einzellasten und Momente

Bezug	Nr	Art	A [m]	W []	EG	Zus	Alt
System	1	kraft	5.05	732.0 kN	ständig Kat. C		
	2	kraft	5.05	120.0 kN			

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 4841 kg mit Gamma = 25.00 kN/m³ berücksichtigt.

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig Kat. C: Versammlungsbereiche	0.70	0.70	0.60	1.00	1.35 1.50
Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> $K_{FI} = 1.0$ Tab. B3					

Ergebnisse

Bemessungsparameter

Bemessungsnorm : DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
 Basis : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
 Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik : DIN EN 1990/NA:2010-12
 Schadensfolgeklasse : CC 2
 $\psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE) : nicht angesetzt
 Kombination ständiger Lasten : alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
 Zugversteifung GZG : wird angesetzt

Betondeckung

Betondeckung unten = 3.0 cm oben = 3.0 cm
 links = 3.0 cm rechts = 3.0 cm
 Bewehrungslagen unten = 4.5 cm oben = 4.5 cm
 Abminderung der Stützmomente $\leq 15\%$

Bemessungseinstellungen

- Die Feldbewehrung ist gestaffelt.
- Die Duktilitätsbewehrung nach 9.2.1.1 ist in erf As enthalten.
- Grenze $k_x < .45$ wird eingehalten.
- Mitwirkende Plattenbreite wird bei der Bemessung berücksichtigt.
- Verankerung am Endauflager ist nur 50% von VEd an VK Endauflager.
- Verankerung am Endauflager von VEd an VK Endauflager mal $\cot(\Theta)/2$.

Auflagerbedingungen

- Lager Nr. 1 direkt Beton mit Mindeststützmoment $b = 0.0$ cm
- Lager Nr. 2 direkt Beton mit Mindeststützmoment $b = 30.0$ cm

Mindestbewehrung EN2 9.2.1.1 (9.1)

Querschnitt	min Mu [kNm]	erf Asu [cm ²]	min Mo [kNm]	erf Aso [cm ²]
40.0/94.0	151.09	3.8	-151.09	3.8
Plattenbreite wurde für die Berechnung von Wy auf $3 \cdot b_0$ begrenzt.				

durch Vergleichsrechnung
 geprüft



Funger Philippen Ingenieure
 Tragwerksplanung • Bauphysik
 Gutachten • Bauwerksprüfungen

Hauptsitz: Krefeld 0215162750
 Standort: Wuppertal 02027671970
 info@fp-ing.de www.fp-ing.de

Projekt: 20240400 LP4

Nachtrag 2 UZ Pos.61.4-N2 in
 Achse 1/A

Feldbewehrung

Feld	X _{rel} [m]	x [m]	Myd [kNm]	min Myd [kNm]	d [cm]	kx	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]		Lk
Feld 1	0.01	0.01	0.004	0.004	89.5	0.00	3.8	0.0	¹	1
	0.06	0.06	0.02	0.02	89.5	0.00	3.8	0.0	¹	1
	0.24	0.24	-1.51	-1.51	89.5	0.01	0.0	3.8	¹	4
	4.51	4.51	-150.49	-150.49	89.5	0.06	0.0	3.8		4
Kra re	0.16	5.06	-0.05	-0.05	89.5	0.00	0.0	3.8	¹	1

Am ersten Auflager sind mindestens 3.8 cm² zu verankern.
 Am letzten Auflager sind mindestens 3.8 cm² zu verankern.
 Querkraft VK-Lager ist mit $F = V_{Ed} \cdot \cot(\Theta) / 2$ berücksichtigt.

1 : Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1-9.2.1.1 (1)

Stützbewehrung

Stütze [Nr]		X _{rel} [m]	x [m]	Myd [kNm]	Mydx [kNm]	Bem. Myd [kNm]	Umlag. [%]	d [cm]	kx	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]		Lk
1	rechts	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00				4
2	links	0.15	4.75	-175.63	-165.73	-165.73		89.5	0.06		4.2		4
	rechts	0.15	5.05	-175.63	-0.06	-0.06		89.5	0.00		3.8	¹	1

Mydx : Moment an Stelle x ohne Umlagerung (für gelenkige Auflager bereits über die Stützenbreite ausgerundet).

1 : Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1-9.2.1.1 (1)

Querkraftbewehrung

Stütze [Nr]		X _{rel} [m]	x [m]	kz	V _{Ed} [kN]	θ [°]	V _{Rd,c} [kN]	V _{Rd,max} [kN]	a max [cm]	asw [cm ² /m]	Lk
1	rechts	0.00	0.00	0.92	-4.9	18.4	80.0	1054.4	V _{Rd,max} > V _{Ed}		
	rechts	0.90	0.90	0.92	-16.1	18.4	80.0	1054.4	30.0	3.28 ¹	4
	*	1.79	1.79	0.92	-27.5	18.4	80.0	1054.4	30.0	3.28 ¹	4
2	links	0.15	4.75	0.92	-65.0	18.4	80.0	1054.4	V _{Rd,max} > V _{Ed}		
	links	1.05	3.86	0.92	-53.7	18.4	80.0	1054.4	30.0	3.28 ¹	4
	*	1.94	2.96	0.92	-42.3	18.4	80.0	1054.4	30.0	3.28 ¹	4
	rechts	0.15	5.05	0.92	1169.5	33.7	80.0	1623.4	V _{Rd,max} > V _{Ed}		
	rechts	0.21	5.11	0.92	0.5	21.0	80.0	1175.9	30.0	3.28 ¹	1
	*	0.24	5.14	0.92	0.1	21.0	80.0	1175.9	30.0	3.28 ¹	1

* Flächengleicher Einschnitt der Schublinie
 Der max. Bügelabstand wird mit $\theta \geq 40^\circ$ ermittelt (Heft 525 DAfStb).

1 : Mindestbügelbewehrung

Gebrauchstauglichkeit

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Durchbiegungen Zustand I

Baugruppe	x [m]	f _{y,Ed} [cm]	f _{z,Ed} [cm]	Lfk
Feld 1	3.09	0.0	-0.02	5
Kra re	0.25	0.0	0.0	5

Durchbiegungen Zustand II

Berechnung mit effektiven Steifigkeiten und effektiver Kriechzahl: $\phi_{eff} = 2.50$ $\epsilon_{cs} = -0.43$ ‰

Kombination charakteristisch

Mit Nachweis der relativen Grenzverformung ($I_{eff} / 300$) und Kragarme ($I_{eff} / 150$)

durch Vergleichsrechnung
 geprüft

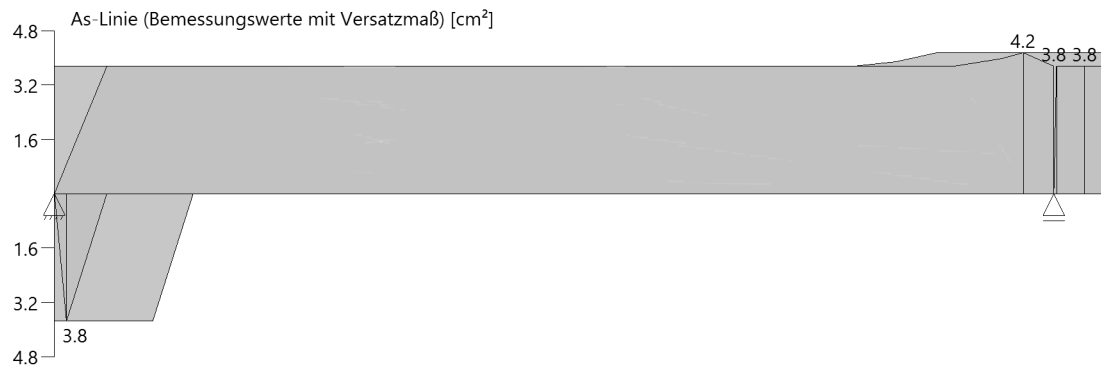


Projekt: 20240400 LP4

Nachtrag 2 UZ Pos.61.4-N2 in
 Achse 1/A

Feld	x [m]	f _{Ellz,g} [cm]	f _{Ellz,g} / l _{eff}	f _{Ellz,φε} [cm]	f _{Ellz,φε} / l _{eff}	f _{Ell,φε} [cm]	η
Feld 1	3.09	-0.01	1/42185	-0.05	1/10669	-0.05	0.03
Kra re	0.25	0.0	1/6282	0.02	1/1648	0.02	0.09

As-Deckungslinien



Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung

Nr	x [m]	Einwirkung	R _{z,min} [kN]	R _{z,max} [kN]	M _{y,min} [kNm]	M _{y,max} [kNm]
1	0.00	ständig Kat. C: Versammlungsbereiche	0.6 -3.7	0.6		
2	4.90	ständig Kat. C: Versammlungsbereiche	779.8	779.8 123.7		

durch Vergleichsrechnung
 geprüft



Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 2

Nachweis einer kurzen Stahlbetonkonsole (in Achse 1a/A) $a_c \leq 0,5h_c$

Der Stahlbeton-Unterzug überträgt die Lasten aus der aufgehenden Stahlbetonstütze S2 in Achse 1a/A und wirkt dabei wie eine kurze Stahlbeton-Konsole (siehe Skizze auf der folgenden Seite).

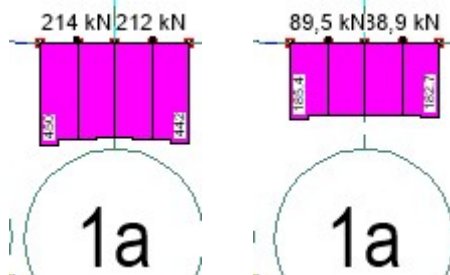
Nachweis nach DAfStb Heft 525 und EC2-1-1

Geometrie

Konsolhöhe h_c =	94,0 cm
Konsolbreite K_b =	40,0 cm
Konsoltiefe K_t =	99,0 cm
Exzentrizität a_c =	15,0 cm

Bemessungslasten:

aus aufgehender Stütze: Siehe Pos.60 Decke über 1.OG: Auflagerreaktionen R_z ; LF 20/21, LWL Gk/Qk



Gk =	214+212	=	426 kN
Qk =	90+89	=	179 kN
Konsollast F_{Ed} =	$1,35 \cdot Gk + 1,5 \cdot Qk$	=	843,6 kN

Betondeckung und Nutzhöhe

Festlegung der Expositionsklasse nach Tab. 4.1 ¹⁾ :			
Exp.klasse =	GEW("EC2_de/DBV1"; Bez;)	=	XC1
Festlegung größter Stabdurchmesser $\varnothing$ bzw. $\varnothing_n$:			
Stabdurchmesser d_s =	GEW("EC2_de/DBV1"; ds;)	=	12 mm
Nennmaß			
c_{nom} =			25 mm

geschätzte Lage des Schwerpunktes der Zuggurtkraft F_{sd}

Randabstand Zuggurkraft; a_{HR} =	5,0 cm		
$\Rightarrow d$ =	$h_G - a_{HR}$	=	89,0 cm

Material

Beton =	GEW("EC2_de/beton_ec2"; Bez;)	=	C25/30
f_{ck} =	TAB("ec2_de/beton_ec2"; fck; Bez=Beton)	=	25,00 N/mm ²
γ_C =		=	1,50
f_{cd} =	TAB("EC2_de/beton_ec2"; fcd; Bez=Beton)	=	14,17 N/mm ²
f_{ctm} =	TAB("EC2_de/beton_ec2"; fctm; Bez=Beton)	=	2,60 N/mm ²
$f_{ctk,005}$ =	TAB("ec2_de/beton_ec2"; fctk005; Bez=Beton)	=	1,80 N/mm ²
f_{ctd} =	$f_{ctk,005} / \gamma_C$	=	1,20 N/mm ²

Betonstahl =			B500
f_{yk} =			500 N/mm ²
f_{yd} =	$f_{yk} / 1,15$	=	435 N/mm ²

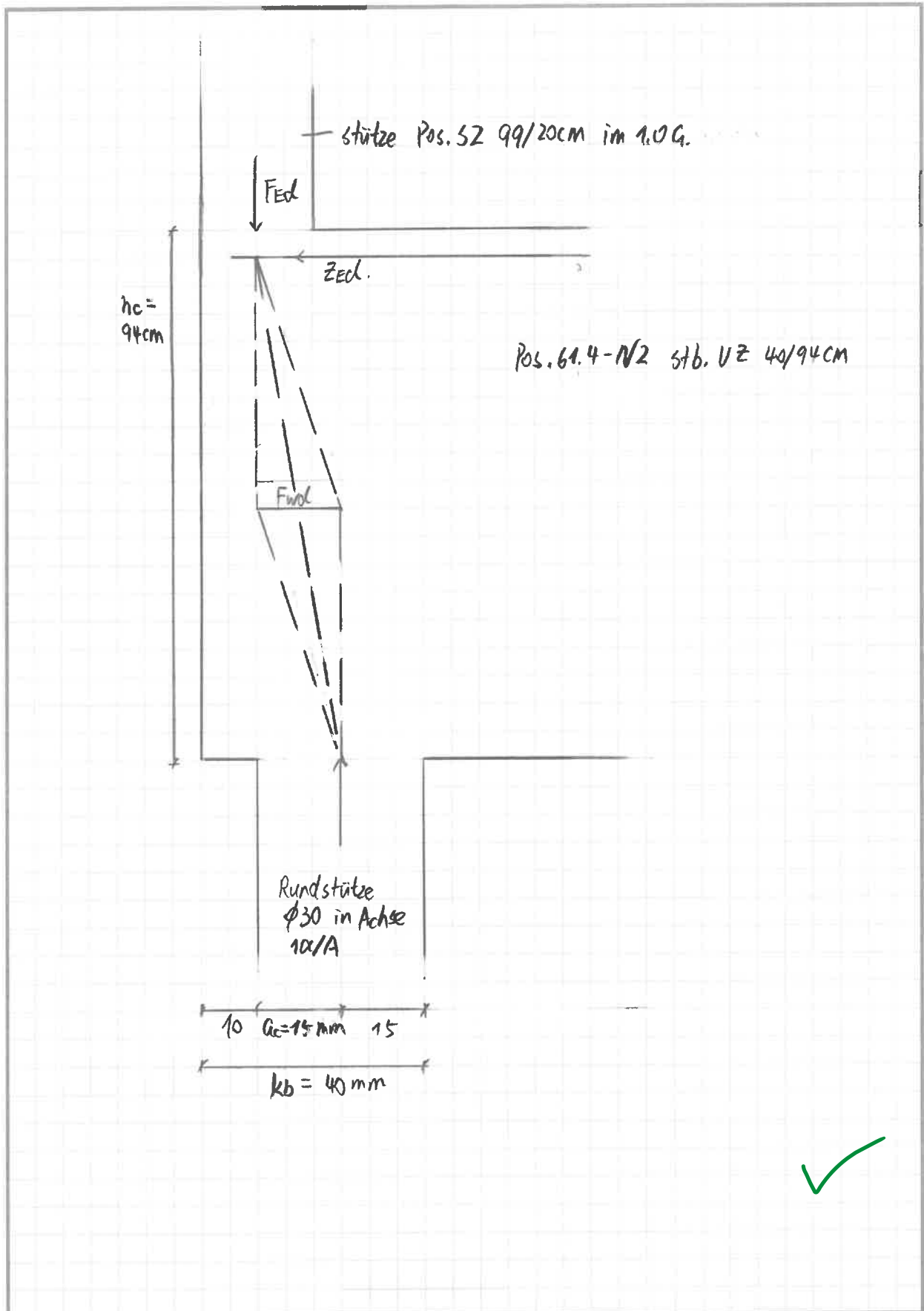




Fungler Philippen Ingenieure
 Tragwerksplanung • Bauphysik
 Gutachten • Bauwerksprüfungen

Hauptsitz: Krefeld 02151 6275-0
 Standort: Wuppertal 0202 767197-0
 ✉ info@fp-ing.de ● www.fp-ing.de

Projekt: 20240400. Pos. 61.4-N2 in Achse 10/A als kurze Konsole





Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 2

Nachweis nach DAfStb Heft 525

Nachweis der mittleren Betonspannungen in der Druckstrebe:

Die Berechnung erfolgt durch den Nachweis für Querkraft der Konsole, wobei die Druckstreben Tragfähigkeit $V_{Rd,max}$ in einer von EC2-1-1 abweichenden Form bestimmt wird. Diese Gleichung geht von einer Druckstrebenneigung $\theta = 45^\circ$ aus, der tatsächliche Neigungswinkel wird nicht erfasst:

$$\begin{aligned}
 V_{Ed} &= F_{Ed} &= 843,6 \text{ kN} \\
 v &= 0,7 - f_{ck} / 200 &= 0,575 \\
 b_w &= K_t &= 99,0 \text{ cm} \\
 z &= 0,9 \cdot d &= 80,10 \text{ cm} \\
 f_{cd}' &\text{ OHNE (!) Dauerstandsbeiwert } \alpha_{cc} \\
 f_{cd}' &= f_{ck} / \gamma_C &= 16,7 \text{ N/mm}^2 \\
 V_{Rd,max} &= 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot z \cdot f_{cd}' \cdot 10^{-1} &= 3807,3 \text{ kN} \\
 V_{Ed} / V_{Rd,max} & &= \mathbf{0,22 \leq 1}
 \end{aligned}$$

Ermittlung der Zuggurtkraft

$$\begin{aligned}
 z_0 &= d \cdot (1 - 0,4 \cdot V_{Ed} / V_{Rd,max}) &= 81,11 \text{ cm} \\
 M_{Ed} &= V_{Ed} \cdot 30 &= 25308,00 \text{ kNm} \\
 Z_{Ed} &= M_{Ed} / z_0 &= 312 \text{ kN} \\
 A_{s1,erf} &= Z_{Ed} / f_{yd} \cdot 10 &= 7,17 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

gewählte Zuggbewehrung:

$$\begin{aligned}
 \text{gew. } d_{s1} &= \text{GEW}(\text{"ec2_de/As"; } ds;) &= 12 \text{ mm} \\
 A_{s1,gew} &= \text{GEW}(\text{"ec2_de/As"; Bez; } ds=d_{s1}; As \geq A_{s1,erf} \cdot 0,5) &= 8 \text{ } \varnothing 12 \\
 A_{s1,vorh} &= \text{TAB}(\text{"ec2_de/As"; As; Bez}=A_{s1,gew}) \cdot 2 &= 18,10 \text{ cm}^2 \\
 \text{gew: } \varnothing 12 / 12,5 \text{ cm für 1m}
 \end{aligned}$$





Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 2

Anordnung von Bügeln

$$\begin{aligned}
 a_c &\leq 0,5 h_c \text{ und } V_{Ed} > 0,3 V_{Rd,max} \\
 &\text{geschlossene horizontale oder geneigte Bügel mit } A_{s,bü} \geq 0,50 A_s \\
 a_c &> 0,5 h_c \text{ und } V_{Ed} \geq V_{Rd,ct} \\
 &\text{geschlossene vertikale Bügel für eine Kraft } F_{wd} \geq 0,70 F_{Ed} \\
 a_c / h_c &= 0,16 \\
 V_{Ed} / V_{Rd,max} &= 0,22 \\
 \Rightarrow &\text{hier konstruktiv (alternativ nach [Reineck] Bügel für 20\% der vertikalen Last } F_{Ed}) \\
 \text{gew. } A_{s,Bü} &= 0,50 \cdot A_{s1,erf} = 3,58 \text{ cm}^2 \\
 \text{gew. } d_{s4} &= \text{GEW}(\text{"ec2_de/As"; ds ;}) = 8 \text{ mm} \\
 A_{s,Bü,gew} &= \text{GEW}(\text{"ec2_de/As"; Bez; ds=d_{s4}; As \geq A_{s,Bü} \cdot 0,5}) = 5 \text{ } \varnothing 8 \\
 A_{s4,vorh} &= \text{TAB}(\text{"ec2_de/As"; As; Bez=A_{s,Bü,gew}})^2 = 5,02 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Verankerung an der Lastplatte

$$\begin{aligned}
 \text{Lagerbreite } L &= 99,0 \text{ cm} \\
 \text{Lagertiefe } B &= 20,0 \text{ cm} \\
 A_{Lager} &= L \cdot B \cdot 10^{-4} = 0,1980 \text{ m}^2 \\
 \sigma_c &= F_{Ed} \cdot 10^{-3} / A_{Lager} = 4,26 \text{ MN/m}^2 \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s &= d_{s1} = 12 \text{ mm} \\
 \text{Verbundbedingung } \eta_1 &= 0,7 \\
 \text{Beiwert } \eta_2 &= \text{WENN}(d_s \leq 32; 1,0; (132 - d_s) / 100) = 1,0 \\
 \text{Grundwerte:} \\
 \text{Verbundfestigkeit } f_{bd} &= 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 1,89 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{Grundwert der Verankerungslänge } l_{b,rqd} &= (d_s / 4) \cdot (f_{yd} / f_{bd}) = 690 \text{ mm} \\
 \text{Ausnutzung } \eta &= A_{s1,erf} / A_{s1,vorh} = 0,40
 \end{aligned}$$

Betondeckung rechtwinklig zur Krümmungsebene (seitliche Betondeckung):

$$\begin{aligned}
 c_d &= 50 \text{ mm} \\
 \text{Verankerungsart der Stäbe unter Annahme ausreichender Betondeckung (siehe EC2-1-1, Bild (8.1))} \\
 \alpha_1 &= \text{WENN}(c_d \leq 3 \cdot d_s; 1,0; 0,7) = 0,7 \\
 \alpha_2 &= 1,0 \\
 &\text{bei direkter Lagerung} \\
 &\text{mittlerer Querdruck im GZT innerhalb Verankerungsbereich } l_{bd} \\
 \text{Querdruck } p = \sigma_c &= 4,26 \text{ N/mm}^2 \\
 \alpha_{5,1} &= \text{MAX}(1 - 0,04 \cdot p; 0,7) = 0,83 \\
 &\text{für alle Verankerungsarten} \\
 \alpha_5 &= \text{MIN}(\alpha_{5,1}; 1,0) = 0,83
 \end{aligned}$$

Mindestverankerungslänge, wenn keine andere Begrenzung gilt:

$$\begin{aligned}
 l_{b,min} &= \text{MAX}(0,3 \cdot \alpha_1 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot d_s) = 145 \text{ mm} \\
 &\text{Bemessungswert der Verankerungslänge:} \\
 l_{bd} &= \text{MAX}(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \cdot \eta; l_{b,min}) = 160 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

vorhandene Verankerungslänge ab Innenkante aufgehender Stütze:

$$l_{bd,vorh} = B \cdot 10 - c_{nom} = 175 \text{ mm}$$

$$l_{bd} / l_{bd,vorh} = 0,91 \leq 1$$





Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 2

Pos.S16-N2 - Stahlbetonstütze im EG

C25/30 XC1 ø30 cm (Vorher 25/35cm)

Neue Abmessung der Stahlbeton-Stütze im Erdgeschoss:

Aufgrund einer Planungsänderung der Architektur wurde die Stahlbetonstütze S16-N2 in den Achsen 1a/A und 1/A von den Abmessungen 25/35 cm auf Ø30 cm geändert.

System

L = 3,7 m

F90 feuerbeständig

Belastung

Auflagerkraft in Achse 1a/A (maßgebend)

Die abhebenden Einwirkungen des Kragarms verringern die Auflagerkraft. Konservativ wurde sie vernachlässigt.

Auflagerkraft gemäß FE-Deckenstatik (Siehe Hauptstatik):

aus EDV Pos.60 Auflagerreaktionen Rz; LF 23/24, LWL Gk/Qk aus EG mit Aufstockung

$$G_k = 713,0 \text{ kN}$$

$$Q_k = 229,0 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k = 1306,0 \text{ kN}$$

aus WAT Pos.W29

$$G_k = 732,0 \text{ kN}$$

$$Q_k = 120,0 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k = 1168,2 \text{ kN}$$

Bemessung

Die Bemessung erfolgt nachfolgend mit dem Bemessungsprogramm Frilo

Für die Stb.-Stütze S16-N2 im EG wird $A_{s,vorh} = 8 \cdot \phi 16$ entspricht $16,1 \text{ cm}^2$ gewählt.




Funger Philippen Ingenieure

Tragwerksplanung • Bauphysik

Gutachten • Bauwerksprüfungen

Hauptsitz: Krefeld

0215162750

Standort: Wuppertal

02027671970

✉ info@fp-ing.de



www.fp-ing.de

Projekt: 20240400 LP4

 Nachtrag 2 Rundstütze
Pos.N16-N2

Stahlbetonstütze (x64) B5+ 01/25 (FRILO R-2025-1/P03)

Grundparameter

Berechnungsgrundlagen

- Pendelstütze in y- und z-Richtung, Kreis, 2-achsig beansprucht
- Materialien C 25/30, B500A

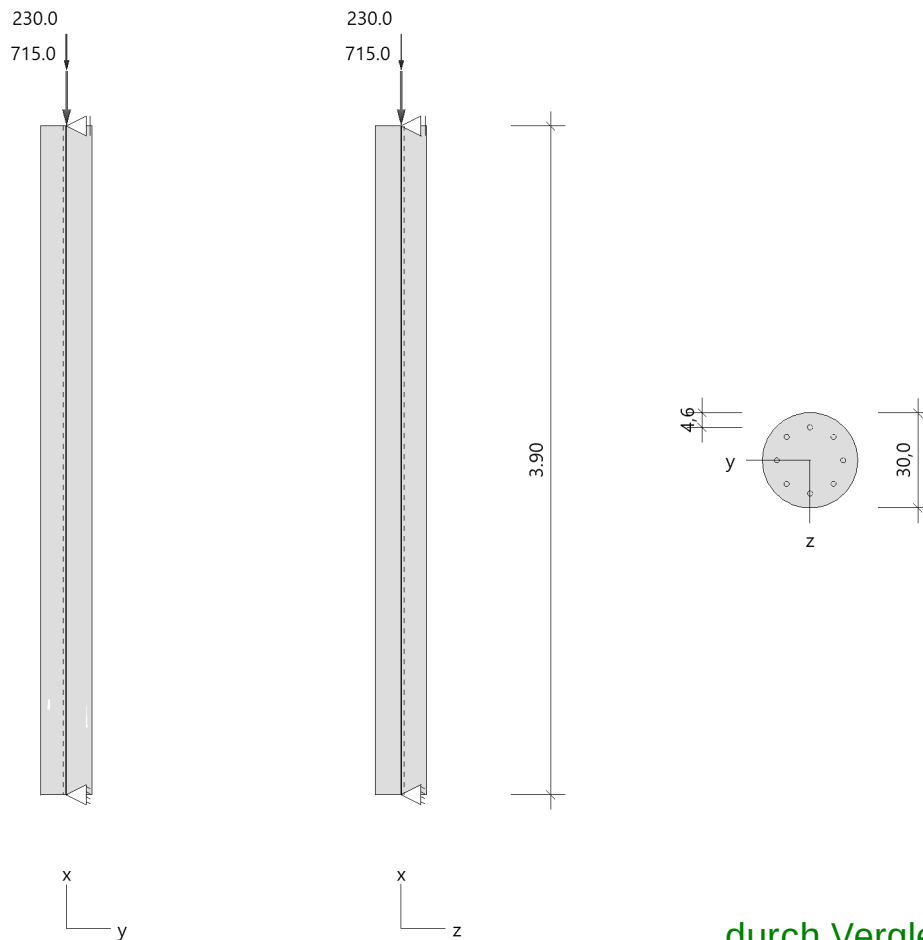
Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnormen	:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
	:	DIN EN 1992-1-2/NA/A2 - 2021-04
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 für Kranlasten	:	0.90
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

System

Systemgrafik 2D

Maßstab 1 : 44.6



durch Vergleichsrechnung
geprüft



Funger Philippen Ingenieure
 Tragwerksplanung • Bauphysik
 Gutachten • Bauwerksprüfungen

Hauptsitz: Krefeld 0215162750
 Standort: Wuppertal 02027671970
 info@fp-ing.de  www.fp-ing.de

Projekt: 20240400 LP4

Nachtrag 2 Rundstütze
 Pos.N16-N2

Systemkennwerte

Abmessungen / statisches System

Pendelstütze in y- und z-Richtung

Stützenhöhe

$l = 3.90 \text{ m}$

Querschnitt

$d = 30.0 \text{ cm}$

$d_1 = 4.6 \text{ cm}$

Bewehrungsanordnung (kalt)

umfangsverteilt

Bewehrungsanordnung (Brand)

wie Bewehrungsbild

Lagerbedingungen

Lage	u_y [kN/m]	ϕ_z [kNm/rad]	u_z [kN/m]	ϕ_y [kNm/rad]
Kopfpunkt	starr		starr	
Fußpunkt	starr		starr	

Lasten

Punktlasten

Nr.	Angriffsort	Abstand [m]	V [kN]	e_y [cm]	e_z [cm]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Einwirkung	ZusGrp	AltGrp
1	Stützenkopf		715.0							ständig		
2	Stützenkopf		230.0							Kat. C		

Punktlasten (Stützeigengewicht)

Nr.	Angriffsort	Abstand [m]	V [kN]	e_y [cm]	e_z [cm]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Einwirkung	ZusGrp	AltGrp
*	Stützenkopf		6.9							ständig		

Berechnungsoptionen

Berechnungsoptionen

- Ansatz Eigengewicht am Stützenabschnittskopf
- Jeder Stützenabschnitt wird intern in 6 Unterelemente unterteilt

Bemessungsoptionen

- Imperfektion (Zusatzausmitte e_i) wird affin zur Knickbiegeline angesetzt.
- Lastniveau für Kriecheffekte: quasi-ständige Bemessungssituation
- Langzeitauswirkungen werden über Ansatz des irreversiblen Anteils der Kriechbiegeline als spannungsfreie Anfangsverformung erfasst
- Ansatz der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen über mod. Stahlarbeitslinie im GZG ($f_{t,m}$)
- Mindestausmitten nach EN 1992-1-1, 6.1 (4) werden - sofern maßgebend - angesetzt
- Die Mindestbewehrung für Balken nach EN 1992, Abs. 9.2.1, wird nicht überprüft
- Die zusätzliche Abminderung der Steifigkeiten (f_{red}) bei kleinen Bewehrungsgraden ist aktiviert

Ergebnisse

Kleinste Lastverzweigungsfaktoren

$\min N_{cr}/N = 6,06$ in y- / $6,06$ in z-Richtung (nur Betonquerschnitt)

Tragfähigkeit - ständig/vorübergehend - Allgemeines Verfahren (Abs. 5.8.6)

Untersuchte Lastkombinationen (ständige/vorübergehende Bemessungssituation)

Last	LK 1	LK 2	LK 3	LK 4
Stützeigengewicht	1.35	1.00	1.00	1.35
V = 715,0 kN (ständig)	1.35	1.00	1.00	1.35
V = 230,0 kN (Kat. C)	1.50		1.50	

durch Vergleichsrechnung
 geprüft


Schlankheiten, Ausmitten und Kriecheffekte

LK	Abschnitt	Art	Sk,y [m]	Sk,z [m]	λ _y	λ _z	λ _{lim,y}	λ _{lim,z}	e _{i,y} [cm]	e _{i,z} [cm]	φ _∞	f _{red}
1	1	Stütze	3.90	3.90	52.0	52.0	25.0	25.0	1.0	1.0	2.758	1.000

Schnittgrößen und Biegebemessung nach Th. II. O. mit e_i (ständige/vorübergehende Bemessungssituation)

LK	Höhe [m]	N _d [kN]	M _{y,d} [kNm]	M _{z,d} [kNm]	ρ [%]	A _{s,erf} [cm ²]	A _{s,vorh} [cm ²]	Versagensart
1	3.90	-1319.5	0.00	0.00	2.28	16.1	16.1	Querschnitt
	1.95	-1319.5	25.93	-25.93	2.28	16.1	16.1	
	0.00	-1319.5	0.00	0.00	2.28	16.1	16.1	

Gebrauchstauglichkeit - Allgemeines Verfahren (Abs. 5.8.6)
Angesetzte Bewehrungsflächen für die Nachweise im GZG

Abschnitt	angenommen A _s [cm ²]
1	16.1

Untersuchte Lastkombinationen (charakteristische Bemessungssituation)

Last	LK 1	LK 2
Stützeigengewicht	1.00	1.00
V = 715,0 kN (ständig)	1.00	1.00
V = 230,0 kN (Kat. C)	1.00	

Begrenzung der Stahlzugspannung - Th. II. O. (charakteristische Bemessungssituation für t = ∞)

LK	Höhe [m]	N _d [kN]	M _{y,d} [kNm]	M _{z,d} [kNm]	φ _{eff}	ε _s [‰]	σ _s [N/mm ²]	σ _{s,lim} ¹ [N/mm ²]	η
1	3.90	-951.9	0.00	0.00	0.00	-0.595	-118.95	400.00	0.00
1	1.95	-951.9	0.00	0.00	0.00	-0.595	-118.95	400.00	0.00
1	0.00	-951.9	0.00	0.00	0.00	-0.595	-118.95	400.00	0.00

1 : σ_{s,lim} = 0,80 * f_{y,k} (EN 1992-1-1, 7.2 (5))

Begrenzung der Stahlzugspannung - Th. II. O. (charakteristische Bemessungssituation für t = 0)

LK	Höhe [m]	N _d [kN]	M _{y,d} [kNm]	M _{z,d} [kNm]	φ _{eff}	ε _s [‰]	σ _s [N/mm ²]	σ _{s,lim} ¹ [N/mm ²]	η
1	3.90	-951.9	0.00	0.00	0.00	-0.595	-118.95	400.00	0.00
1	1.95	-951.9	0.00	0.00	0.00	-0.595	-118.95	400.00	0.00
1	0.00	-951.9	0.00	0.00	0.00	-0.595	-118.95	400.00	0.00

1 : σ_{s,lim} = 0,80 * f_{y,k} (EN 1992-1-1, 7.2 (5))

Brandwiderstand nach EN 1992-1-2, Methode A, Abs. 5.3.2

Überlagerung: 1,00*g + 1,00*L1 + 0,60*L2

$$\begin{aligned}
 A_{s,kalt} &= 16.1 \text{ cm}^2 & R(A_{s,kalt}) &= 96 \text{ min} \\
 N_{Ed} &= -859.9 \text{ kN} & \mu_{fi} &= 0.627 \\
 N_{Rd} &= -1370.6 \text{ kN} \\
 M_{Ryd} &= 27.39 \text{ kNm} & M_{Rzd} &= -27.39 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\beta_{sk,fi} = 1.000$$

 Der folgende Nachweis der Brandwiderstandsdauer gilt für A_{s,fi} = 16.1 cm².

 durch Vergleichsrechnung
 geprüft


Funger Philippen Ingenieure

Tragwerksplanung • Bauphysik

Gutachten • Bauwerksprüfungen

Hauptsitz: Krefeld

0215162750

Standort: Wuppertal

02027671970

✉ info@fp-ing.de



www.fp-ing.de

Projekt: 20240400 LP4

 Nachtrag 2 Rundstütze
Pos.N16-N2

Brandschutz: R 90, Branddauernachweis nach Gleichung 5.7

$$\begin{aligned}\omega &= A_s \cdot f_{yd} / (A_c \cdot f_{cd}) &= 16.09 \cdot 43.48 / (706.86 \cdot 1.42) &= 0.70 \\ b' &= \emptyset_{col} &= 300.0 \text{ mm} \\ a_{cc} &= \text{Abminderungsfaktor} &= 0.85 \\ l_{o,fi,max} &= \text{Ersatzlänge; } 2m \leq l_{o,fi,max} \leq 6 \text{ m} &= 3.90 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{\eta fi} &= 83 \cdot [1.00 - \mu_{fi} \cdot (1 + \omega) / ((.85/\alpha_{cc}) + \omega)] &= 83 \cdot [1.00 - 0.63 \cdot (1 + 0.70) / ((.85/0.85) + 0.70)] &= 30.9 \\ R_a &= 1.60(a - 30) &= 1.60 \cdot (46 - 30) &= 25.6 \text{ mm} \\ R_l &= 9.60(5 - l_{o,fi}) &= 9.60 \cdot (5 - 3.90) &= 10.56 \text{ mm} \\ R_b &= 0.09 \cdot b' &= 0.09 \cdot 300.00 &= 27.0 \text{ mm} \\ R_n &= \text{mindestens 6 Stäbe vorhanden} &= 12\end{aligned}$$

$$R = 120 \cdot [R_{\eta fi} R_a + R_l + R_b + R_n] / 120]^{1.8} = 120 \cdot [(30.9 + 25.6 + 10.56 + 27.00 + 12) / 120]^{1.8} = 96.1 \text{ min}$$

Stützenlänge	$l = 3.90 \text{ m} \leq l_{max} = 5.00 \text{ m}$	$\eta = 0.78$ ✓
Achsabstand	$a = 4.6 \text{ cm} \leq a_{max} = 8.0 \text{ cm}$	$\eta = 0.58$ ✓
Verhältnis	$A_s/A_c = 0.023 < A_s/A_{c,max} = 0.04$	$\eta = 0.57$ ✓
$\emptyset_{col}$	$b' = 300 \text{ mm} \leq b'_{max} = 450 \text{ mm}$	$\eta = 0.67$ ✓
Branddauer	$R = 96.1 \text{ min} \geq R_{min} = 90 \text{ min}$	$\eta = 0.94$ ✓

Die Stütze kann in die Feuerwiderstandsklasse R 90 eingestuft werden.

durch Vergleichsrechnung
geprüft



Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 2

Neue Unterzug, Stütze und Ringbalken Pos.60.1-N2 in Achse 4 im EG

Unterzug Pos.60.1-N2

C25/30 XC1 b/h=24/33cm

Aufgrund der Wanddurchbrüche durch die TGA wurde ein neuer Unterzug über den Wandöffnungen erforderlich.

Aufgrund der hohen Belastung ist eine Zwischenstütze aus Mauerwerk nicht möglich, da der Nachweis der Teilflächenpressung nicht erfüllt werden kann.

Daher ist eine neue Stahlbetonstütze sowie ein Ringbalken unterhalb der Stahlbetonstütze erforderlich, um die Lasten auf die Mauerwerkswand abzutragen.

Das Ersatzsystem ist auf der nachfolgenden Seite dargestellt.

Belastung

aus EDV Pos.60 Auflagerreaktionen Rz; LF 23/24, LWL Gk/Qk aus EG mit Aufstockung

$$G_k = 167,0 \text{ kN}$$

$$Q_k = 55,0 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k = 307,9 \text{ kN}$$

Bemessung

Die Bemessung erfolgt nachfolgend mit dem Bemessungsprogramm Frilo

Stütze

C25/30 XC1 b/h=18/24cm

Aufgrund der geringen Länge der Stahlbetonstütze ist ein statischer Nachweis hierfür nicht erforderlich.

Die Bewehrung wurde konstruktiv gewählt:

Längesbewehrung: 4 Ø12 cm

Bügel ø8/15cm

Ringbalken

C25/30 Betonbetonpolster XC1 b/h/l=24/10/30cm

Der Ringbalken dient ausschließlich der Lastausbreitung auf die Mauerwerkswand und wird konstruktiv vorgesehen. Ein statischer Nachweis ist hierfür nicht erforderlich.



Die statische Position ist im Schalplan zu ergänzen!





Mehrfeldträger Stahlbeton (x64) BTM+ 01/25 (FRILO R-2025-1/P03)

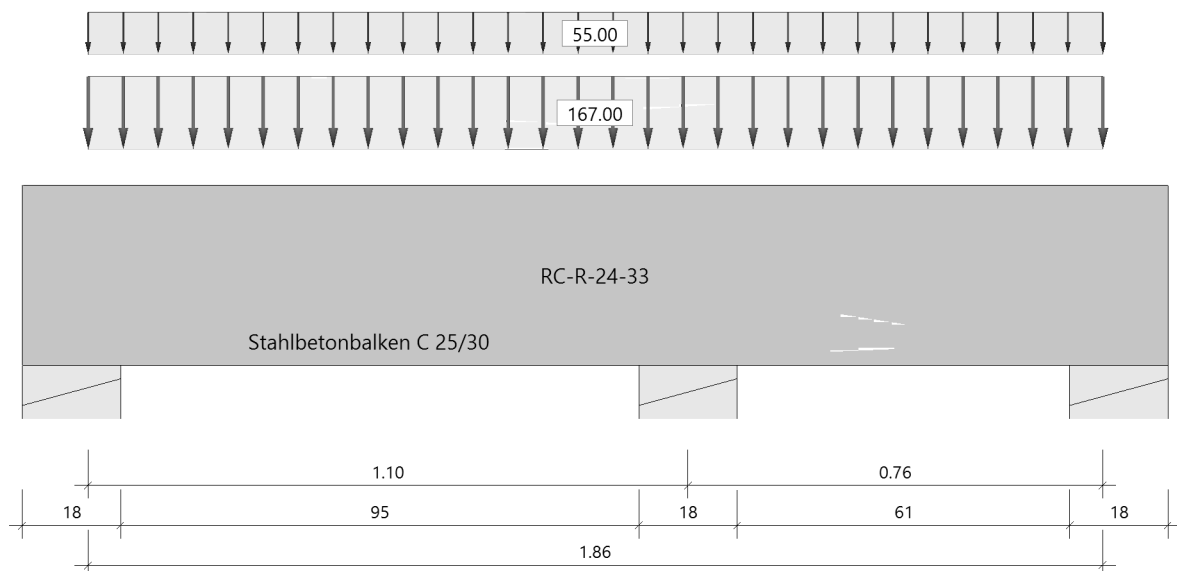
Grundparameter

Stahlbetonbalken über 2 Felder $E = 31000 \text{ N/mm}^2$

DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

System

Systembild



Material

Materialauswahl

Beton C 25/30 $f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 31000 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl B500A $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 $k(f_t/f_y) = 1.05$ $\epsilon_{uk} = 25.0 \text{ ‰}$ (Bügel und Längsbewehrung)

Geometrie

Querschnitte

Nr	Art	b_o [cm]	h_o [cm]	b [cm]	h [cm]	b_u [cm]	h_u [cm]
1	Rechteck			24.0	33.0		
Feld 2 muss ggf. zusätzlich als Scheibe nachgewiesen werden.							

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	u_y [kN/m]	u_z [kN/m]	Verdrehungen *)		
				Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	1.10	-1	-1	0.0	0.0	0.0
3	1.86	-1	-1	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

durch Vergleichsrechnung
geprüft



Funger Philippen Ingenieure
 Tragwerksplanung • Bauphysik
 Gutachten • Bauwerksprüfungen

Hauptsitz: Krefeld 0215162750
 Standort: Wuppertal 02027671970
 info@fp-ing.de www.fp-ing.de

Projekt: 20240400 LP4

2.Nachtrag Pos.60.1-N2 in
Achse 4**Lasten****Streckenlasten**

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	wirkt Feldweise	EG	Zus	Alt
System	1	GL		1.86		167.00		Nein	ständig		
	2	GL		1.86		55.00		Ja	Kat. C		

Übersicht der verwendeten Einwirkungen**Einwirkungen**

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig Kat. C: Versammlungsbereiche	0.70	0.70	0.60	1.00	1.35 1.50
Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> $K_{FI} = 1.0$ Tab. B3					

Ergebnisse**Bemessungsparameter**

Bemessungsnorm : DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
 Basis : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
 Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik : DIN EN 1990/NA:2010-12
 Schadensfolgeklasse : CC 2
 $\psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE) : nicht angesetzt
 Kombination ständiger Lasten : alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
 Zugversteifung GZG : wird angesetzt

Betondeckung

Betondeckung unten = 3.0 cm oben = 3.0 cm
 links = 3.0 cm rechts = 3.0 cm
 Bewehrungslagen unten = 4.5 cm oben = 4.5 cm
 Abminderung der Stützmomente $\leq 15\%$

Bemessungseinstellungen

- Die Feldbewehrung ist gestaffelt.
- Die Duktilitätsbewehrung nach 9.2.1.1 ist in erf As enthalten.
- Grenze $k_x < .45$ wird eingehalten.
- Mitwirkende Plattenbreite wird bei der Bemessung berücksichtigt.
- Verankerung am Endauflager ist nur 50% von VEd an VK Endauflager.
- Verankerung am Endauflager von VEd an VK Endauflager mal $\cot(\Theta)/2$.

Auflagerbedingungen

Alle Auflager gleich : Beton mit Mindeststützmoment $b = 18.0$ cm

Mindestbewehrung EN2 9.2.1.1 (9.1)

Querschnitt	min M_u [kNm]	erf $A_{s,u}$ [cm ²]	min M_o [kNm]	erf $A_{s,o}$ [cm ²]
24.0/33.0	11.17	0.9	-11.17	0.9
Plattenbreite wurde für die Berechnung von W_y auf $3 \cdot b_0$ begrenzt.				

durch Vergleichsrechnung
geprüft



Funger Philippen Ingenieure
 Tragwerksplanung • Bauphysik
 Gutachten • Bauwerksprüfungen

Hauptsitz: Krefeld 0215162750
 Standort: Wuppertal 02027671970
 info@fp-ing.de www.fp-ing.de

Projekt: 20240400 LP4

2.Nachtrag Pos.60.1-N2 in
 Achse 4

Feldbewehrung

Feld	X _{rel} [m]	x [m]	Myd [kNm]	min Myd [kNm]	d [cm]	k _x	As _u [cm ²]	As _o [cm ²]		Lk
Feld 1	0.45	0.45	31.05	31.05	28.5	0.15	2.6	0.0		1
	0.90	0.90	0.16	0.16	28.5	0.01	0.9	0.0	1	6
	0.91	0.91	-4.17	-4.17	28.5	0.04	0.0	0.9	1	5
	0.96	0.96	-11.27	-11.27	28.5	0.07	0.0	0.9		4
Feld 2	0.13	1.23	-19.62	-19.62	28.5	0.10	0.0	1.6		1
	0.24	1.34	0.31	0.31	28.5	0.01	0.9	0.0	1	2
	0.51	1.61	10.01	10.01	28.5	0.06	0.9	0.0	1	5
	0.67	1.77	6.07	6.07	28.5	0.05	0.9	0.0	1	5

Am ersten Auflager sind mindestens 4.1 cm² zu verankern.
 Am letzten Auflager sind mindestens 2.1 cm² zu verankern.
 Querkraft VK-Lager ist mit $F = V_{Ed} \cdot \cot(\Theta) / 2$ berücksichtigt.

1 : Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1 9.2.1.1 (1)

Stützbewehrung

Stütze [Nr]		X _{rel} [m]	x [m]	Myd [kNm]	Mydx [kNm]	Bem. Myd [kNm]	Umlag. [%]	d [cm]	k _x	As _u [cm ²]	As _o [cm ²]	Lk
1	rechts	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00			2
2	links	0.09	1.01	-36.63	-19.64	-22.59 ¹		28.5	0.11		1.8	4
	rechts	0.09	1.19	-36.63	-23.35	-19.85	15.0	28.5	0.10		1.6	1
3	links	0.00	1.86	0.00	0.00	0.00			0.00			5

Mydx : Moment an Stelle x ohne Umlagerung (für gelenkige Auflager bereits über die Stützenbreite ausgerundet).

1 : Mindeststützmoment

Querkraftbewehrung

Stütze [Nr]		X _{rel} [m]	x [m]	k _z	V _{Ed} [kN]	θ [°]	VRd,c [kN]	VRd,max [kN]	a max [cm]	asw [cm ² /m]	Lk
1	rechts	0.06	0.06	0.76	119.8	30.1	29.8	240.0	VRd,max > V _{Ed}		
	rechts	0.35	0.35	0.76	32.0	18.4	29.8	166.0	23.1	1.97 ¹	1
	*	0.55	0.55	0.76	-33.3	18.4	29.8	166.0	23.1	1.97 ¹	4
2	links	0.09	1.01	0.76	-175.0	33.4	29.8	254.3	VRd,max > V _{Ed}		
	links	0.38	0.73	0.76	-87.2	25.8	29.8	217.0	16.5	4.47	4
	*	0.55	0.55	0.76	-33.3	25.8	29.8	217.0	23.1	2.24	4
	rechts	0.09	1.19	0.76	137.5	31.5	29.8	246.3	VRd,max > V _{Ed}		
	rechts	0.38	1.48	0.76	49.7	18.4	29.8	166.0	23.1	1.97 ¹	4
3	*	0.38	1.48	0.76	48.2	18.4	29.8	166.0	23.1	1.97 ¹	4
	links	0.06	1.80	0.76	-60.1	18.4	29.8	166.0	VRd,max > V _{Ed}		
	links	0.35	1.52	0.76	37.4	18.4	29.8	166.0	23.1	1.97 ¹	4
	*	0.38	1.48	0.76	48.2	18.4	29.8	166.0	23.1	1.97 ¹	4

* Flächengleicher Einschnitt der Schublinie
 Der max. Bügelabstand wird mit $\theta \geq 40^\circ$ ermittelt (Heft 525 DAfStb).

1 : Mindestbügelbewehrung

Gebrauchstauglichkeit

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Durchbiegungen Zustand I

Baugruppe	x [m]	f _{y,Ed} [cm]	f _{z,Ed} [cm]	Lfk
Feld 1	0.52	0.0	0.01	7
Feld 2	0.20	0.0	0.0	7

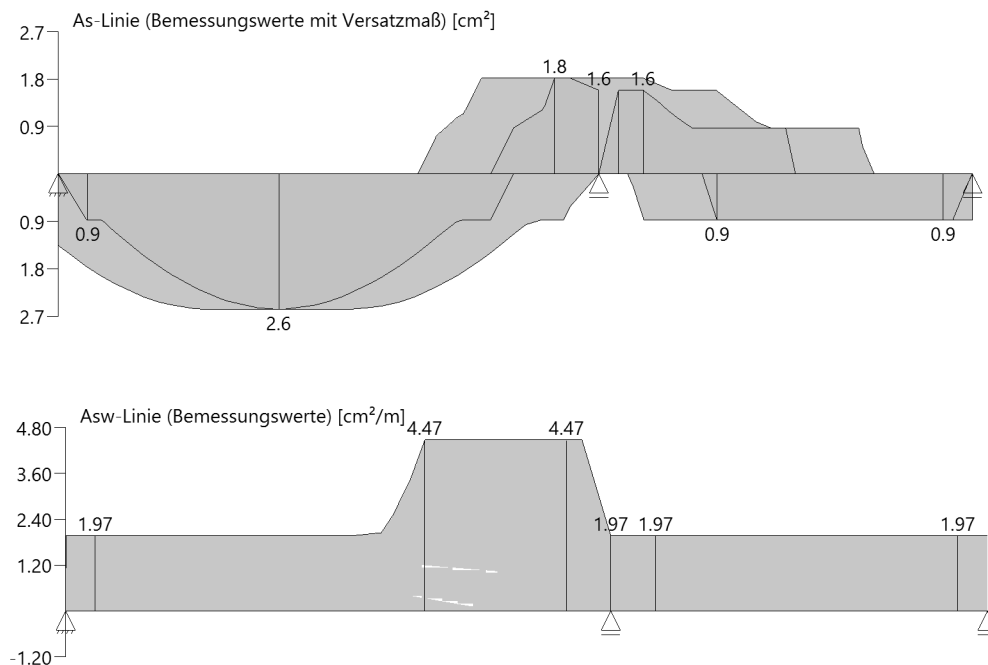
durch Vergleichsrechnung
 geprüft

**Durchbiegungen Zustand II**Berechnung mit effektiven Steifigkeiten und effektiver Kriechzahl: $\phi_{\text{eff}} = 2.79$ $\epsilon_{\text{cs}} = -0.52$ %

Kombination charakteristisch

Mit Nachweis der relativen Grenzverformung ($l_{\text{eff}} / 300$)

Feld	x [m]	f _{Ellz,g} [cm]	f _{Ellz,g} / l _{eff}	f _{Ellz,ϕε} [cm]	f _{Ellz,ϕε} / l _{eff}	f _{Ell,ϕε} [cm]	η
Feld 1	0.46	0.02	1/4865	0.1	1/1271	0.1	0.24
Feld 2	0.12	0.0	1/80247	0.01	1/5901	0.01	0.05

As-Deckungslinien**Auflagerkräfte****Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung**

Nr	x [m]	Einwirkung	R _{z,min} [kN]	R _{z,max} [kN]	M _{y,min} [kNm]	M _{y,max} [kNm]
1	0.00	ständig Kat. C: Versammlungsbereiche	73.8 -1.5	73.8 25.8		
2	1.10	ständig Kat. C: Versammlungsbereiche	199.5	199.5 65.7		
3	1.86	ständig Kat. C: Versammlungsbereiche	37.3 -6.5	37.3 18.8		

durch Vergleichsrechnung
geprüft



Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 2

NW der Teilflächenpressung am Rand

KSP 20-2.0-DM

$$\begin{aligned}
 d &= 0,200 \text{ m} \\
 \text{Wanddicke } t &= 0,240 \text{ m} \\
 f_k &= 10,5 \text{ N/mm}^2 \\
 f_d &= 0,85 \cdot f_k / 1,5 = 6,0 \text{ N/mm}^2 \\
 \beta &= 1,0 \\
 A_b &= d \cdot t \cdot 10^6 = 48000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Bemessungswiderstand des MW:

$$N_{Rdc} = f_d \cdot \beta \cdot A_b / 1000 = 288 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Beanspruchung:

$$\begin{aligned}
 &\text{Die Last siehe Frilo} \\
 N_{edc} &= 74 \cdot 1,35 + 1,5 \cdot 26 = 139 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nachweis:

$$\eta = \frac{N_{edc}}{N_{Rdc}} = \underline{\underline{0,48 \leq 1}}$$

NW der Teilflächenpressung unter Rindbalken

KSP 20-2.0-DM

$$\begin{aligned}
 d &= 0,300 \text{ m} \\
 \text{Wanddicke } t &= 0,240 \text{ m} \\
 f_k &= 10,5 \text{ N/mm}^2 \\
 f_d &= 0,85 \cdot f_k / 1,5 = 6,0 \text{ N/mm}^2 \\
 \beta &= 1,0 \\
 A_b &= d \cdot t \cdot 10^6 = 72000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Bemessungswiderstand des MW:

$$N_{Rdc} = f_d \cdot \beta \cdot A_b / 1000 = 432 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Beanspruchung:

$$\begin{aligned}
 &\text{Die Last siehe Frilo} \\
 N_{edc} &= 200 \cdot 1,35 + 1,5 \cdot 66 = 369 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nachweis:

$$\eta = \frac{N_{edc}}{N_{Rdc}} = \underline{\underline{0,85 \leq 1}}$$

durch Vergleichsrechnung
geprüft



Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 2

Pos. 80N2- Bodenplatte

C25/30 XC2, XF1 **h = 45 cm**

Betondeckung $c_{v,oben} = 3,0 \text{ cm}$
 $c_{v,unten} = 3,5 \text{ cm}$

ergänzende Detailnachweise für Durchstanzen

Aufgrund einer Planungsänderung der Architektur wurde die Stahlbetonstütze S16-N2 in den Achsen 1a/A und 1/A im Erdgeschoss von den Abmessungen 25/35 cm auf Ø30 cm geändert. Infolgedessen wurden die Durchstanznachweise für die Bodenplatte ebenfalls neu durchgeführt.

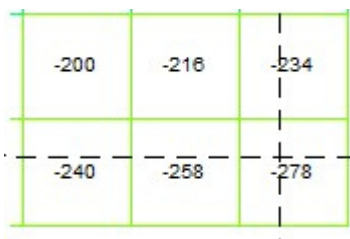
Durchstanznachweis für Rundstütze S16-N2:

Position DST- 80.1 Stütze S16-N2 in Achse 1/A

Vorwerte

$c_{nom,oben} =$	$20 + 10$	$=$	$30,00 \text{ mm}$
$c_{nom,unten} =$	$20 + 15$	$=$	$35,00 \text{ mm}$
$d_s =$			$20,00 \text{ mm}$
$d =$	$(800 - c_{nom,unten} - d_s) / 1000$	$=$	$0,745 \text{ m}$
Bodenpressung =			$240,00 \text{ kN/m}^2$

Der Radius von U_{out} wird dem Bemessungsausdruck Schöck BOLE auf den nachfolgenden Seiten entnommen.
 Auch ein Bild der Bodenpressungen $\sigma_{z, min}$; 1. Ständige und vorübergehende Situation aus der FE-Deckenstatik wäre hier einzufügen.



Auflagerkraft gemäß FE-Deckenstatik:

Lastfall 8: LÜN Gk aus WAT, Lastfall 9: LÜN Qk aus WAT und Lastfall 10: Aufgehende Bauteile gk

$V_{k,g} =$	$732 + 10,0$	$=$	$742,00 \text{ kN}$
$V_{k,q} =$			$120,00 \text{ kN}$
$V_{ed} =$	$1,35 \cdot V_{k,g} + 1,5 \cdot V_{k,q}$	$=$	$1181,70 \text{ kN}$

Durchstanznachweise:

Siehe Bemessungsausdruck Schöck BOLE auf den folgenden Seiten
 Zulagen erforderlich mit Ø20/15 cm
 Dübelleisten nicht erforderlich





Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 2

Position DST- 80.2 Stütze S16-N2 in Achse 1a/A

Vorwerte

$$\begin{aligned}
 c_{\text{nom,oben}} &= 20 + 10 & = & 30,00 \text{ mm} \\
 c_{\text{nom,unten}} &= 20 + 15 & = & 35,00 \text{ mm} \\
 d_s & & & 12,00 \text{ mm} \\
 d &= (800 - c_{\text{nom,unten}} - d_s) / 1000 & = & 0,753 \text{ m} \\
 \text{Bodenpressung} & & & 160,00 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Der Radius von U_{out} wird dem Bemessungsausdruck Schöck BOLE auf den nachfolgenden Seiten entnommen.
 Auch ein Bild der Bodenpressungen $\sigma_{\text{z min}}$; 1. Ständige und vorübergehende Situation aus der FE-Deckenstatik wäre hier einzufügen.

-149	-155	-159	-163
-178	-185	-191	-196

Auflagerkraft gemäß FE-Deckenstatik:

Lastfall 4: LÜN G ohne Aufstockung; Lastfall 5: LÜN G ohne Aufstockung und Lastfall 10: Aufgehende Bauteile gk

$$\begin{aligned}
 V_{k,g} &= 713 + 10,0 & = & 723,00 \text{ kN} \\
 V_{k,q} & & & 230,00 \text{ kN} \\
 V_{\text{ed}} &= 1,35 \cdot V_{k,g} + 1,5 \cdot V_{k,q} & = & 1321,05 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Durchstanznachweise:

Siehe Bemessungsausdruck Schöck BOLE auf den folgenden Seiten

Zulagen erforderlich mit $\varnothing 12/10 \text{ cm}$

Dübelleisten nicht erforderlich



Einwirkung

Durchstanzlast

$$V_{Ed} = 1185 \text{ kN}$$

Dynamischer Anteil

$$V_{Ed,dyn} = 0 \text{ kN}$$

Bodenpressung

$$q_B = 240 \text{ kN/m}^2$$

Lasterhöhungsfaktor

$$\beta = 1,50$$

Abmessung - Eckstütze Rund

Durchmesser

$$D = 300 \text{ mm}$$

Plattendicke

$$h = 800 \text{ mm}$$

Statische Nutzhöhe

$$d = 745 \text{ mm}$$

Betondeckung oben/unten

$$c_o; c_u = 30; 35 \text{ mm}$$

Material

Beton

$$C25/30 \text{ (} f_{ck} = 25,0 \text{ N/mm}^2 \text{)}$$

Stahl

$$B500 \text{ (} f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2 \text{)}$$

Bewehrungsgrad

$$\rho = (\rho_x \cdot \rho_y)^{1/2} = (0,28 \cdot 0,28)^{1/2} = 0,28 \%$$

$$A_{sx} = 20,9 \text{ cm}^2/\text{m} (\sim \emptyset 20/150 \text{ mm}); \quad A_{sy} = 20,9 \text{ cm}^2/\text{m} (\sim \emptyset 20/150 \text{ mm})$$

Durchstanznachweis nach DIN EC2:2015 + NA:2015 + ETAFaktor κ

$$\kappa = \min\{1 + (200/d)^{1/2}; 2\} = 1,52$$

Einfluss der Plattendicke

$$\eta = 1,00$$

Faktor $C_{Rd,c}$

$$C_{Rd,c} = 0,15/\gamma_c = 0,10$$

Minimale Betontragfähigkeit

$$v_{min} = [0,0525 - 0,0150 \cdot (d_m - 600)/(200)] / \gamma_c \cdot \kappa^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 259,5 \text{ kN/m}^2$$

Tragfähigkeit Beton

$$v_{Rd,c} = \max\{C_{Rd,c} \cdot \kappa \cdot (\rho \cdot f_{ck})^{1/3}; v_{min}\} = 290,8 \text{ kN/m}^2$$

Kritischer Rundschnitt u_{crit}

Kritischer Abstand (iterativ)

$$a_{crit} = 1,0d = 745 \text{ mm}$$

Rundschnittslänge

$$u_{crit} = 2,576 \text{ m}$$

Rundschnittfläche

$$A_{crit} = 2,019 \text{ m}^2$$

Aufzunehmende Querkraft

$$V_{Ed,red} = (V_{Ed} - q_B \cdot A_{1,0d}) \cdot \beta = 1050,7 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit Beton

$$V_{Rd,c,crit} = v_{Rd,c} \cdot d \cdot u_{1,0d} \cdot 2 \cdot d / a_{1,0d} = 1116,2 \text{ kN}$$

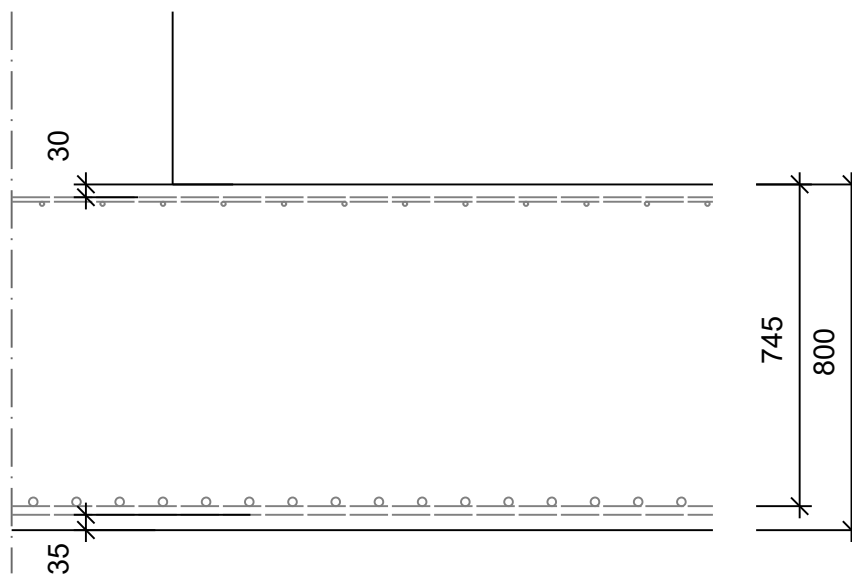
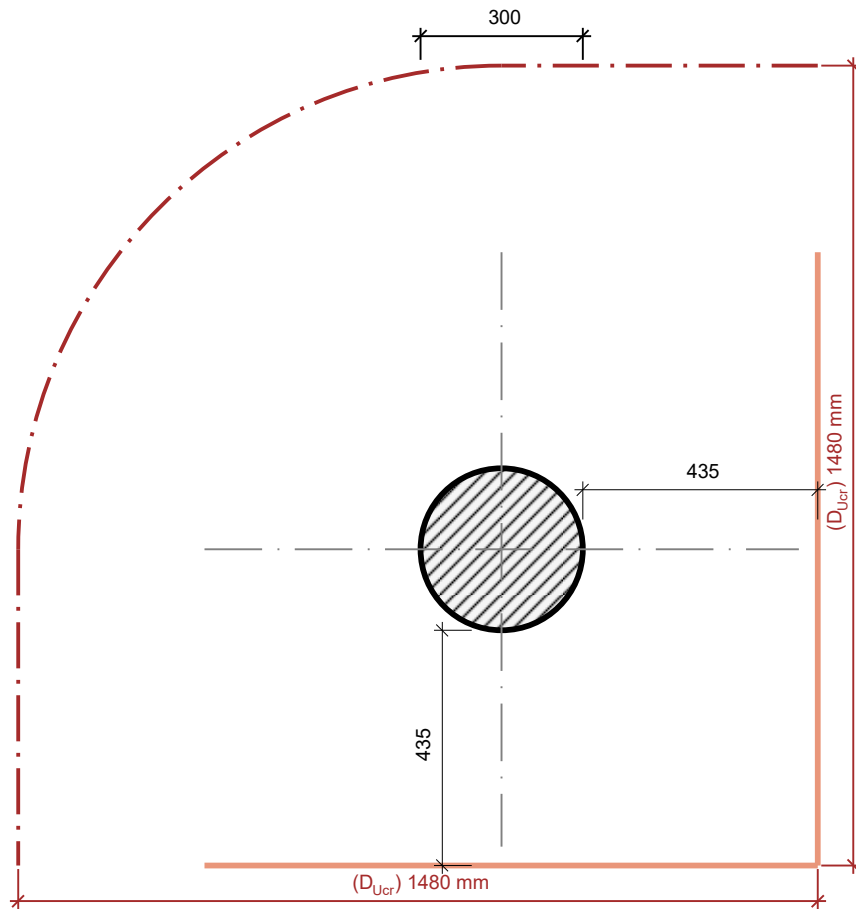
Maximale Tragfähigkeit

$$V_{Rd,max,crit} = V_{Rd,c,crit,(CRdc=0,12)} \cdot 1,5 = 2009,1 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,red} = 1050,7 \text{ kN} \leq V_{Rd,c,crit} = 1116,2 \text{ kN}$$

Keine Durchstanzbewehrung erforderlich!

durch Vergleichsrechnung
geprüft



durch Vergleichsrechnung
geprüft



Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 2

Position DST- 80.2 Stütze S16-N2 in Achse 1a/A

Vorwerte

$$\begin{aligned}
 c_{\text{nom,oben}} &= 20 + 10 & = & 30,00 \text{ mm} \\
 c_{\text{nom,unten}} &= 20 + 15 & = & 35,00 \text{ mm} \\
 d_s & & & 12,00 \text{ mm} \\
 d &= (800 - c_{\text{nom,unten}} - d_s) / 1000 & = & 0,753 \text{ m} \\
 \text{Bodenpressung} & & & 160,00 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Der Radius von U_{out} wird dem Bemessungsausdruck Schöck BOLE auf den nachfolgenden Seiten entnommen.
 Auch ein Bild der Bodenpressungen $\Sigma \sigma_z$ min; 1. Ständige und vorübergehende Situation aus der FE-Deckenstatik wäre hier einzufügen.

-149	-155	-159	-163
-178	-185	-191	-196

Auflagerkraft gemäß FE-Deckenstatik:

Lastfall 4: LÜN G ohne Aufstockung; Lastfall 5: LÜN G ohne Aufstockung und Lastfall 10: Aufgehende Bauteile gk

$$\begin{aligned}
 V_{k,g} &= 713 + 10,0 & = & 723,00 \text{ kN} \\
 V_{k,q} & & & 230,00 \text{ kN} \\
 V_{\text{ed}} &= 1,35 \cdot V_{k,g} + 1,5 \cdot V_{k,q} & = & 1321,05 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Durchstanznachweise:

Siehe Bemessungsausdruck Schöck BOLE auf den folgenden Seiten

Zulagen erforderlich mit $\phi 12/10 \text{ cm}$

Dübelleisten nicht erforderlich

durch Vergleichsrechnung
geprüft

Einwirkung

Durchstanzlast

$$V_{Ed} = 1330 \text{ kN}$$

Dynamischer Anteil

$$V_{Ed,dyn} = 0 \text{ kN}$$

Bodenpressung

$$q_B = 160 \text{ kN/m}^2$$

Lasterhöhungsfaktor

$$\beta = 1,40$$

Abmessung - Randstütze Rund

Durchmesser

$$D = 350 \text{ mm}$$

Plattendicke

$$h = 800 \text{ mm}$$

Statische Nutzhöhe

$$d = 753 \text{ mm}$$

Betondeckung oben/unten

$$c_o; c_u = 30; 35 \text{ mm}$$

Material

Beton

$$C25/30 \text{ (} f_{ck} = 25,0 \text{ N/mm}^2 \text{)}$$

Stahl

$$B500 \text{ (} f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2 \text{)}$$

Bewehrungsgrad

$$\rho = (\rho_x \cdot \rho_y)^{1/2} = (0,15 \cdot 0,15)^{1/2} = 0,15 \%$$

$$A_{sx} = 11,3 \text{ cm}^2/\text{m} (\sim \emptyset 12/100 \text{ mm}); \quad A_{sy} = 11,3 \text{ cm}^2/\text{m} (\sim \emptyset 12/100 \text{ mm})$$

Durchstanznachweis nach DIN EC2:2015 + NA:2015 + ETAFaktor κ

$$\kappa = \min\{1 + (200/d)^{1/2}; 2\} = 1,52$$

Einfluss der Plattendicke

$$\eta = 1,00$$

Faktor $C_{Rd,c}$

$$C_{Rd,c} = 0,15/\gamma_c = 0,10$$

Minimale Betontragfähigkeit

$$v_{min} = [0,0525 - 0,0150 \cdot (d_m - 600)/(200)] / \gamma_c \cdot \kappa^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 255,1 \text{ kN/m}^2$$

Tragfähigkeit Beton

$$v_{Rd,c} = \max\{C_{Rd,c} \cdot \kappa \cdot (\rho \cdot f_{ck})^{1/3}; v_{min}\} = 255,1 \text{ kN/m}^2$$

Kritischer Rundschnitt u_{crit}

Kritischer Abstand (iterativ)

$$a_{crit} = 1,0d = 753 \text{ mm}$$

Rundschnittslänge

$$u_{crit} = 4,136 \text{ m}$$

Rundschnittfläche

$$A_{crit} = 2,485 \text{ m}^2$$

Aufzunehmende Querkraft

$$V_{Ed,red} = (V_{Ed} - q_B \cdot A_{1,0d}) \cdot \beta = 1305,3 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit Beton

$$V_{Rd,c,crit} = v_{Rd,c} \cdot d \cdot u_{1,0d} \cdot 2 \cdot d / a_{1,0d} = 1588,8 \text{ kN}$$

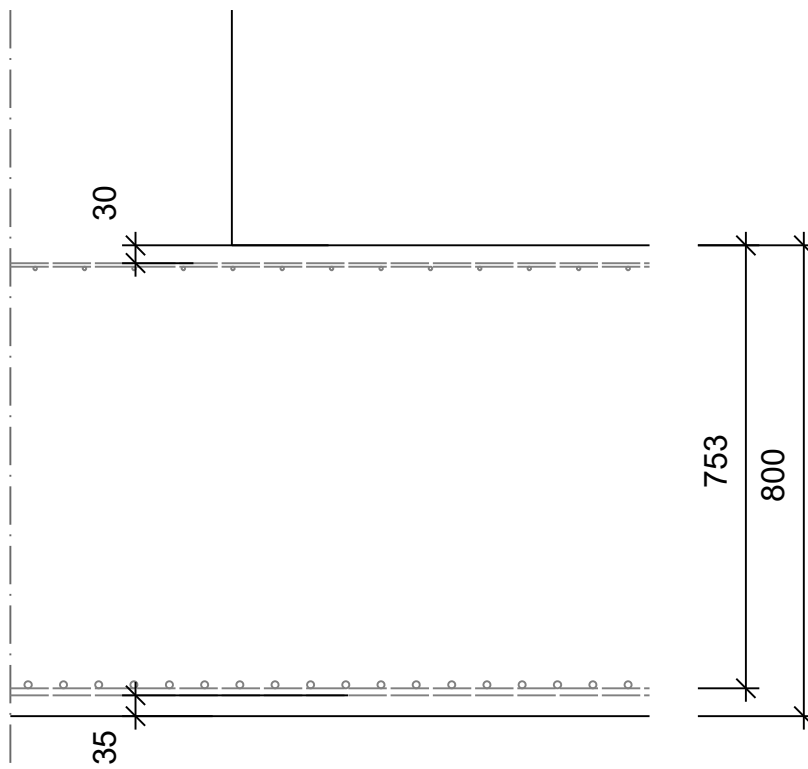
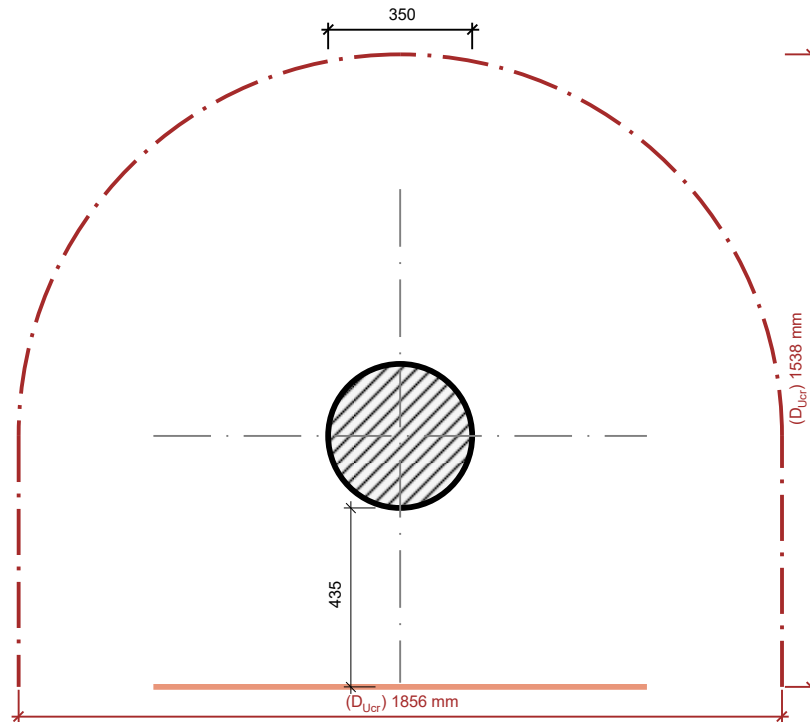
Maximale Tragfähigkeit

$$V_{Rd,max,crit} = V_{Rd,c,crit,(CRdc=0,12)} \cdot 1,5 = 2640,5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,red} = 1305,3 \text{ kN} \leq V_{Rd,c,crit} = 1588,8 \text{ kN}$$

Keine Durchstanzbewehrung erforderlich!

durch Vergleichsrechnung
geprüft



durch Vergleichsrechnung
geprüft