



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

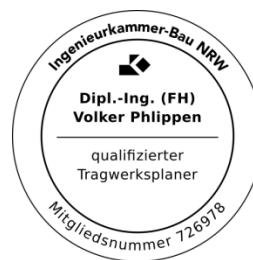
4.Nachtrag 2. Revision

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: N4-1 bis N4-27

Aufgestellt in Wuppertal, den 08.12.2025

i.A. M.Sc. Yunjia Zhao

Dipl.-Ing. Volker Philppen



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 – 4.Nachtrag

Inhaltsverzeichnis zur Statischen Berechnung – 2.Nachtrag

Inhalt	Art	Planungs- änderung	Allgemeine Änderung/ Ergänzung	Seite
Deckblatt				N4-1
Inhaltsverzeichnis				N4-2
Wanddurchbrüche	Im 1.Obergeschoss		x	N4-3 bis N4-23
Wandartigeträger W28	Anschlussbewehrung		x	N4-23 bis N4-27

Planungsänderung: Siehe die entsprechende Position bzw. Seitennummer.

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





Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 4

Durchbrüche – Nachweise

Nachfolgend wurden die maßgebenden Wanddurchbrüche im 1.OG nachgewiesen.

Folgende Unterzüge mit Durchbrüchen wurden gemeinsam diskutiert:

Achse 3a: UZ 45.1 (35/50 cm) wurde zusammen mit UZ 46.1 als Durchlaufträger berücksichtigt.

Achse 2a: UZ 45.2 (35/50 cm) wurde als Einfeldträger berücksichtigt.

Achse 1a: UZ 45.3 (35/50 cm) wurde zusammen mit UZ 45.5 als Durchlaufträger berücksichtigt.

Achse 4: UZ 45.6 (35/50 cm) wurde zusammen mit UZ 44.1 als Durchlaufträger berücksichtigt.

Achse 3: UZ 45.7 (35/50 cm) wurde als Einfeldträger berücksichtigt.

Achse 2: UZ 42.5 (24/50 cm) wurde zusammen mit UZ 45.4 als Durchlaufträger berücksichtigt.

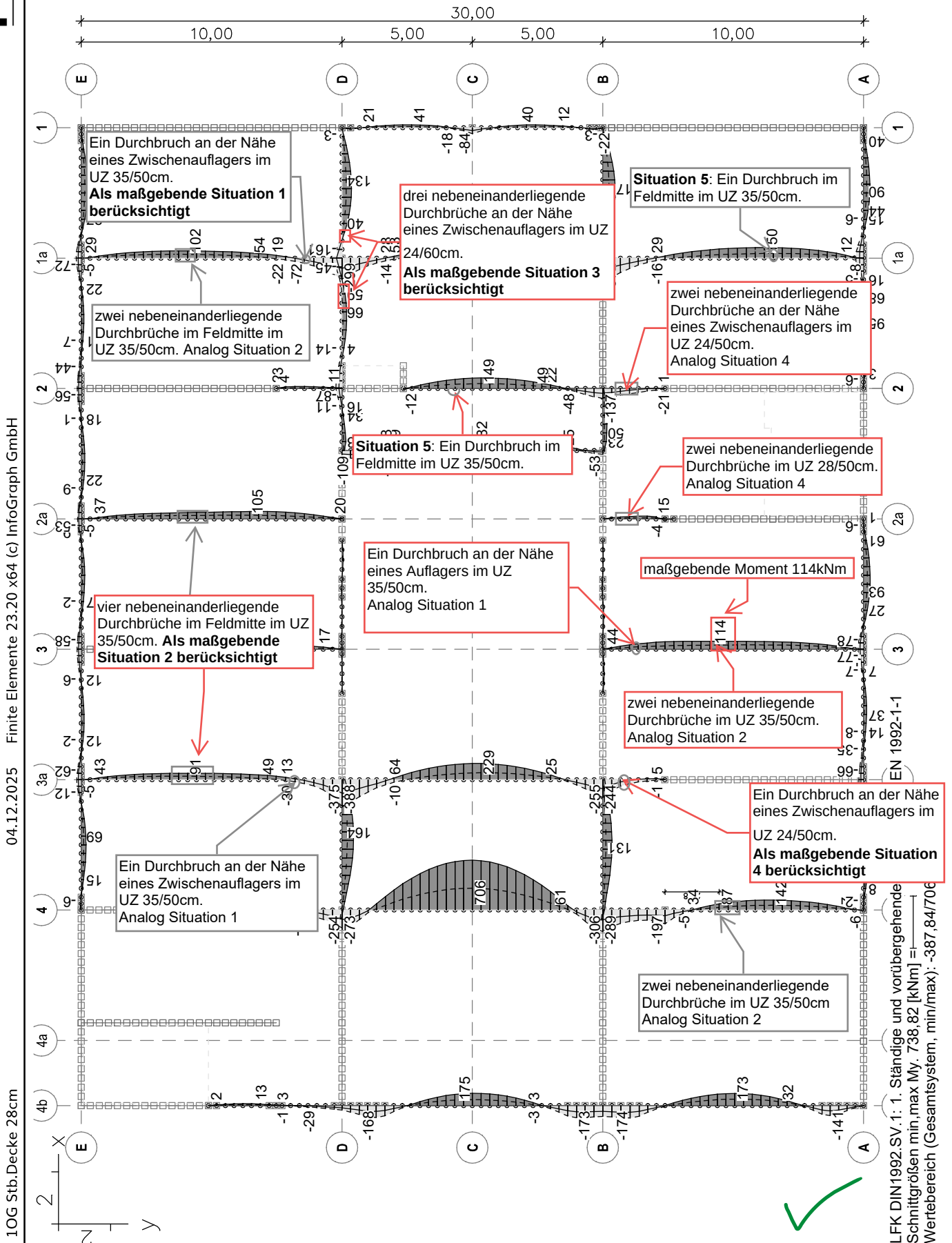
Achse 3a: UZ 42.4 (24/50 cm) wurde zusammen mit UZ 46.1 als Durchlaufträger berücksichtigt.

Achse D: UZ 43.2 (24/60 cm) wurde als Durchlaufträger berücksichtigt.

Es wurden **fünf Situationen** berücksichtigt:

- 1. Ein Durchbruch im UZ 35/50cm an der Nähe eines Zwischenauftragers.**
- 2. drei bis vier nebeneinanderliegende Durchbrüche im UZ 35/50cm**, die aufgrund des geringen Abstands ($x_p = 32 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$) zu einer großen Öffnung zusammengefasst wurden.
- 3. die Durchbrüche im UZ 24/60cm**
- 4. die Durchbrüche im UZ 24/50cm**
- 5. Ein Durchbruch im UZ 35/50cm**







Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 4

1. Ein Durchbruch an der Nähe eines Zwischenauflagers.

Unterzughöhe = 50 cm

WD ø12cm

Deckenhöhe als obere Gurt h=28cm

Unter der WD verbleiben: als untere Gurt 50-12-28=10cm

Siehe Skizze

Bemessung des oberen Gurts im Bereich der Öffnung:

Länge der Öffnung $l_a =$ 12,0 cm

Belastung: Aus Infograph-Ausdruck

$V_{ld} =$ 150,00 kN

Die gesamte Querkraft wird durch seitliche Querkraftbewehrung abgetragen und vollständig über den oberen Gurt der WD übernommen.

$V_{Ed,o} = 1,0 \cdot V_{ld} =$ 150,00 kN

$\max M_{Ed,Gurt,o} = V_{Ed,o} \cdot \frac{l_a}{100} =$ 18,00 kNm

Bemessung Balken oben nachfolgend mit Frilo

Bemessung Aufhängebewehrung links und rechts der Öffnung:

Annahme: über der Tür: 100% Kraft aufteilen (Auf der sicherer Seite)

$A_{SV,l} = 1,0 \cdot V_{ld} / 43,5 =$ 3,45 cm²

gewählt: 3 Bügel Ø 10 beidseitig




Fungel 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 - WD im 1. OG im UZ 35/50 cm

Geometrie

UZ 35/50 cm

 WD $\phi 12$ cm

Deckenhöhe 28 cm

 $c_{nom} = 2,5$ cm

 $\phi_L = 1,4$ cm

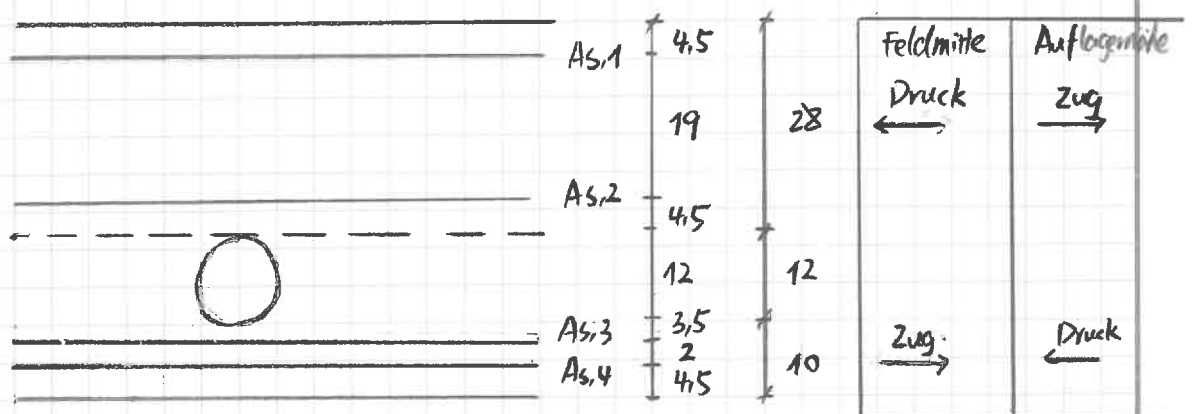
 $\phi_{Bügel} = 1$ cm

 $d_1 = 2,5 + 1,4/2 + 1 = 4,2$ cm

 $d_2 = 2,5 + 1,4/2 = 3,2$ cm

 gew: 4,5 cm $\Rightarrow d_1$ mit Bügel

 gew: 3,5 cm $\Rightarrow d_2$ ohne Bügel

Abstand




Projekt: 20240400. Situation 1

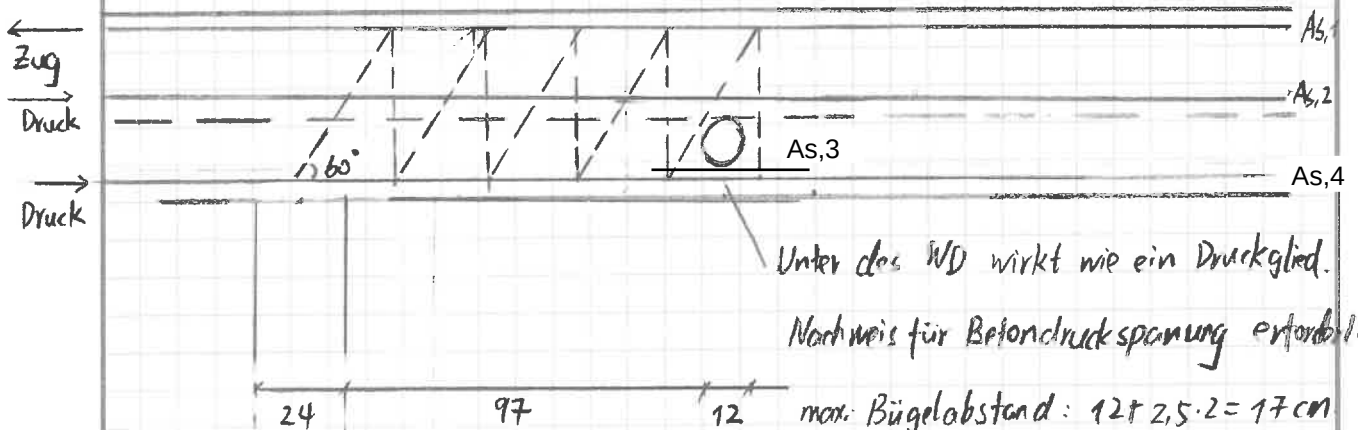
WD an der Nähe eines Zwischenauflagers

maßgebende Stelle: in Achse 1a/D'

$$M_{ed} = -110 \text{ kNm}$$

$$Q_{ed} = 150 \text{ kN}$$

$\theta = 60^\circ$ gemäß Statik LP 4 S. 410 Integralk-Ausdruck, $\cot \theta = 1,2 \Rightarrow \theta = 60^\circ$



Unter der WD wirkt wie ein Druckglied.

Nachweis für Betondruckspannung erforderlich

$$\text{max. Bügelabstand: } 12 + 2,5 \cdot 2 = 17 \text{ cm}$$

kleiner als Standard Bügelabstand

As,1 unter Zugbeanspruchung

As,2 unter Zugbeanspruchung

As,3, As,4 unter Druckbeanspruchung

$$\text{Hebelarm } z = 50 - 4,5 - 10/2 = 40,5 \text{ cm}$$

$$F_{td,s} = M/z = \frac{110}{0,405} = 272 \text{ kN}$$

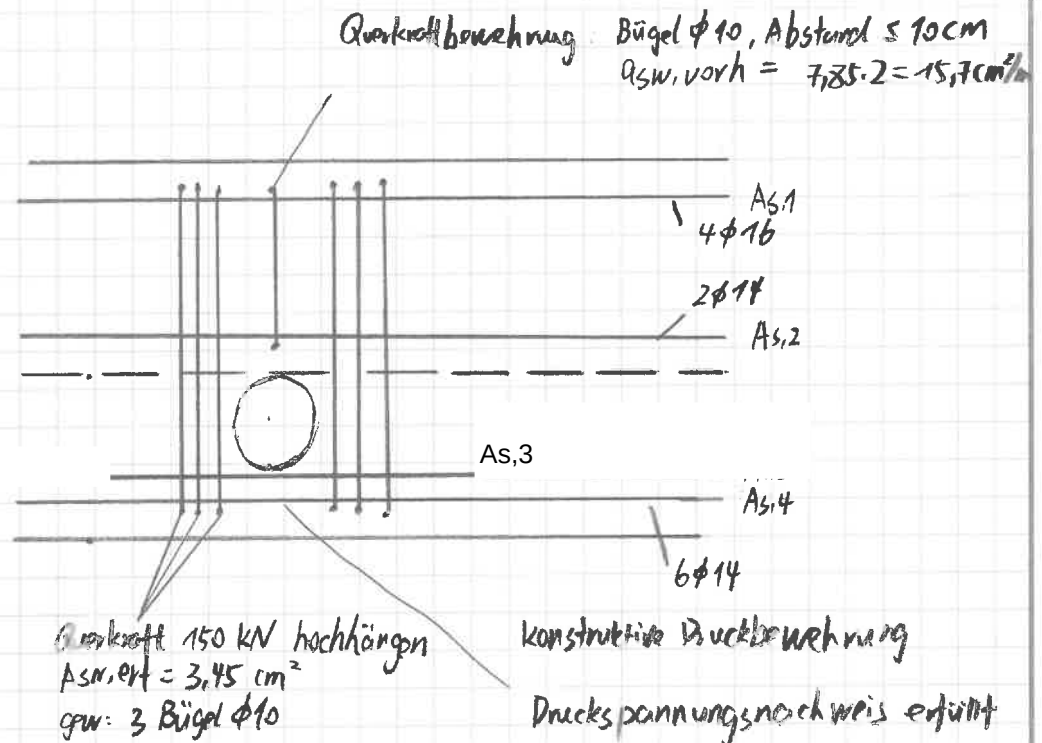
$$A_{s1, \text{ort}} = \frac{F_{td,s}}{43,5} = 6,2 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew: } 4 \cdot \phi 16, A_{s1, \text{vorh}} = 8,04 \text{ cm}^2 //$$





Projekt: 20240400 Situation 1



Betondruckspannungsnachweis für untere Druckgurt

VZ Breite: $B = 35\text{ cm}$

Druckgurt höhe: $H = 10\text{ cm}$

$F_{Druck} = F_{td, s} = 272\text{ kN}$

$$\sigma_{c,A} = \frac{F_{Druck} \cdot 10^{-3}}{B \cdot H} = \frac{0,272}{0,1 \cdot 0,35} = 7,8\text{ MN/m}^2$$

$\sigma_{c, max} = 0,75 \cdot f_{cd}$ für C 25/30

$$= 0,75 \cdot 14,2 = 10,6\text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{c,A} / \sigma_{c, max} = \frac{7,8}{10,6} = 0,74 \leq 1 //$$

Nachweis erfüllt.

$A_{s,3} + A_{s,4}$ konstruktiv gew: $2\phi 14 + 6\phi 14 = 8\phi 14 //$




Funger Philippen Ingenieure

Blumentalstraße 108

Tel. 02151 6275 0

47798 Krefeld

www.fp-ing.de

Beratende Ingenieure der IK-Bau NRW

Projekt: 20240400 LP5

Position: WD an der Nähe eines Auflagers

Querschnittsnachweis Stahlbeton (x64) B2+ 01/25A (FRILO R-2025-1/P04)

Grundparameter

Rechteck einachsig beansprucht, Grundquerschnitt: C25/30, Längsbewehrung: B500A, Schubbewehrung: B500A

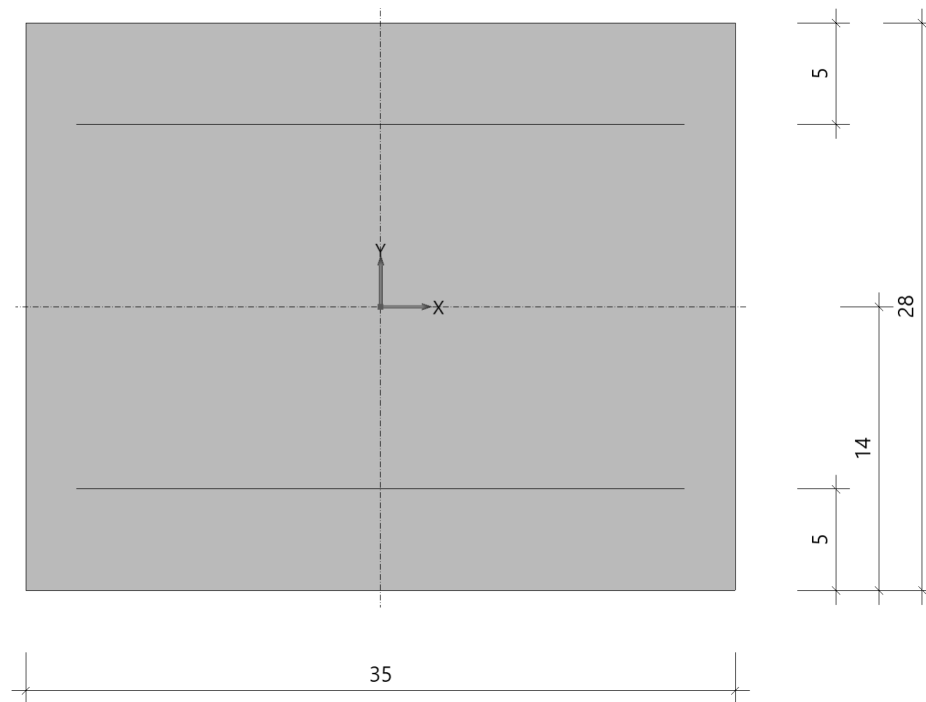
Bemessung nach: DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

GZT: ständige/ vorübergehende Bemessungssituation

System

Systemgrafik

Maßstab 1 : 3.7



Material

Längsbewehrung B500A

$$\gamma_s = 1.15$$

$$f_{tk}/f_{yk} = 1.050$$

$$f_{yd} = 434.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\epsilon_{uk} = 25.0 \text{ ‰}$$

Bügelbewehrung = Längsbewehrung

Beton Grundquerschnitt C25/30

$$\gamma_c = 1.50$$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

$$f_{cd} = 14.2 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 31000 \text{ N/mm}^2$$

Querschnitt

 Rechteck $b = 35.0 \text{ cm}$ $h = 28.0 \text{ cm}$

 Bewehrung $d_{ob} = 5.0 \text{ cm}$ $d_{un} = 5.0 \text{ cm}$

Bruttoquerschnittswerte

 Schwerpunkt $y_{Su} = 14.0 \text{ cm}$ Betonfläche $A_c = 980.0 \text{ cm}^2$

 Trägheitsmoment $I_{cy} = 64027 \text{ cm}^4$

Druckkräfte und Druckspannungen sind negativ, solange im Nachweis nichts anderes definiert ist.


Funger Philippen Ingenieure

Blumentalstraße 108

Tel. 02151 6275 0

47798 Krefeld

www.fp-ing.de

Beratende Ingenieure der IK-Bau NRW

Projekt: 20240400 LP5

Position: WD an der Nähe eines Auflagers

Dauerhaftigkeit

Betonangriff	W0
Bewehrungskorrosion	XC1
Mindestbetonklasse	C 16/20
Bügel	$d_{s,b} = 8$ mm
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 14$ mm
Vorhaltemaß	$\Delta c_{dev} = 10$ mm
Bügel	$c_{min,b} = 10$ mm
Betondeckung	$c_{nom,b} = 20$ mm
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 14$ mm *5
Betondeckung	$c_{nom,l} = 28$ mm *1
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 20$ mm
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.40$ mm

 *1: mit $c_{min,b}$

*5: Verbund maßgebend

Kriechzahl und Schwindmaß

wirksame Bauteildicke	$h_0 = 15.6$ cm	
Luftfeuchte	LU = 50 %	Zement Typ N,R
Normalbeton	$f_{ck} = 25$ N/mm ²	
Belastungsalter	$t_0 = 28$ Tage	$t = \text{unendlich}$
Kriechzahl	$\phi(t_0, t) = 2.74$	
Schwindmaß	$\epsilon_{cs}(t) = -0.51$ ‰	

Biegebemessung

 mit kd-Verfahren ($x/d < 0.450$)

 vorh. Bewehrung vorh. $A_{su} = 1.8$ cm² vorh. $A_{so} = 0.0$ cm²

Lk Nr. [-]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	ϵ_1 [‰]	ϵ_{2s} [‰]	x/d [-]	z/d [-]	erf. A_{su} [cm ²]	erf. A_{so} [cm ²]	k_d [-]
1	0.0	18.00	-2.639	25.000	0.095	0.962	1.8	0.0	3.21

Schubbemessung

Schubbügel rechtwinklig zur Bauteilachse

 Zwischenergebnisse für $V_{Rd,c}$

$$C_{Rd,c} = 0.10 \quad k_1 = 0.12$$

$$k_{Vmin} = 0.035 \quad v_{min} = 0.47 \quad k = 1.93$$

 Zwischenergebnisse für $V_{Rd,max}$

$$v_1 = 0.75 \quad \alpha_{cw} = 1.00$$

Lk Nr. [-]	V_{Ed} [kN]	z/d [-]	σ_{cp} [N/mm ²]	A_{sz} [cm ²]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,cc}$ [kN]	$\cot \Theta$ [-]	Θ [°]	$V_{Rd,max}$ [kN]	Sl_{max} [cm]	$a_{swV,min}$ [cm ² /m]	$a_{swV,cal}$ [cm ² /m]	Info [-]
1	150.0	0.757	0.00	1.8	37.8	42.7	1.678	30.8	284.5	14.0	2.87	11.82	2)

 2) $z < \max(d - 3.0 - c_{v,l}; d - 2 \cdot c_{v,l})$; $c_{v,l} = 2.8$ cm

durch Vergleichsrechnung
geprüft



Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 4

2. drei bis vier nebeneinanderliegende Durchbrüche, die aufgrund des geringen Abstands ($x_p = 32 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$) zu einer großen Öffnung zusammengefasst wurden.

Unterzughöhe = 50 cm

WD $\varnothing 12 \text{ cm}$

Deckenhöhe als obere Gurt $h = 28 \text{ cm}$

Unter der WD verbleiben: als untere Gurt $50 - 12 - 28 = 10 \text{ cm}$

Siehe Skizze

Auf der sicheren Seite wurden das Moment und die Querkraft vollständig über den oberen Gurt der WD durch As1 und As2 übernommen. Unterhalb der WD wurde die Längsbewehrung konstruktiv durchgezogen.

Länge der Öffnung $l_a = 32 + 34 + 40 + 12 = 118,0 \text{ cm}$

Bemessung mit dem reduzierten Querschnitt $b/h = 35/28 \text{ cm}$

mit maßgebender Belastung aus UZ 45.7 in Achse 3, $M_{Ed} = 114 \text{ kNm}$.

mit 4 nebeneinanderliegenden Durchbrüchen als maßgebender Situation.

Die 4 Öffnungen wurden als ein großes Loch bemessen.

Die Querkraft vergrößert sich wegen des geringeren Querschnitts:

Konstruktive Annahme: $V_{Ed} = 100 \text{ kN}$.

(V_{Ed} aus Infograph in LP4: $V_{Ed} = 45 \text{ kN}$)

Belastung:

maximales Feldmoment aus Infograph

$M = 114,00 \text{ kNm}$

maximale Querkraft (Konstruktive Annahme)

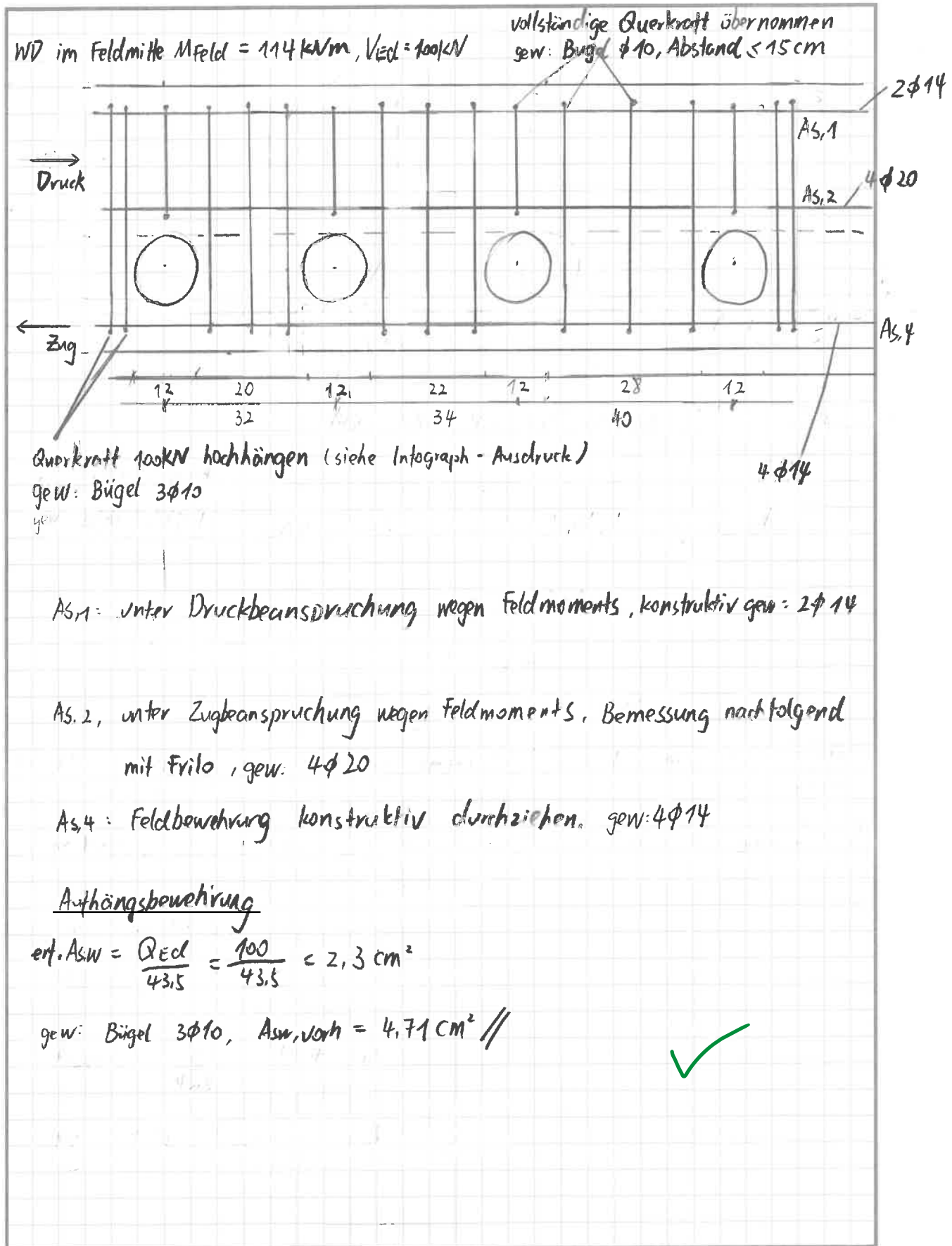
$V_{Ed} = 100,00 \text{ kN}$

Bemessung des reduzierten Querschnitt $35/28 \text{ cm}$ nachfolgend mit Frilo





Projekt: 20240400 Situation 2




Funger Philippen Ingenieure

Blumentalstraße 108

Tel. 02151 6275 0

47798 Krefeld

www.fp-ing.de

Beratende Ingenieure der IK-Bau NRW

Projekt: 20240400 LP5

Position: Balken über WD in Achse 3 1OG

Querschnittsnachweis Stahlbeton (x64) B2+ 01/25A (FRILO R-2025-1/P04)

Grundparameter

Rechteck einachsig beansprucht, Grundquerschnitt: C25/30, Längsbewehrung: B500A, Schubbewehrung: B500A

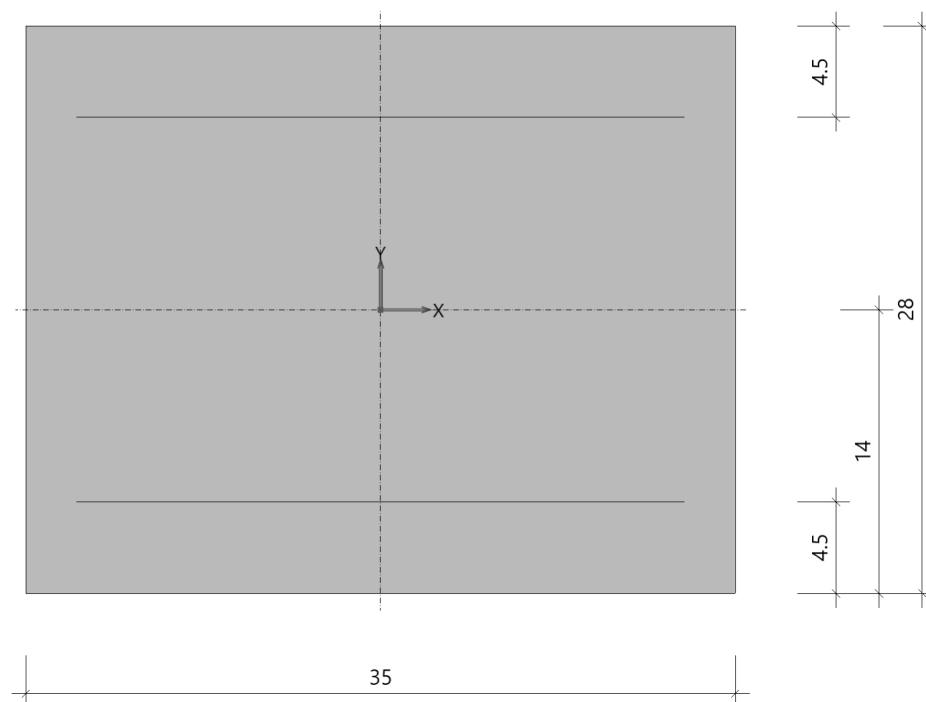
Bemessung nach: DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

GZT: ständige/ vorübergehende Bemessungssituation

System

Systemgrafik

Maßstab 1 : 3.7



Material

Längsbewehrung B500A

$$\gamma_s = 1.15$$

$$f_{tk}/f_{yk} = 1.050$$

$$f_{yd} = 434.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\epsilon_{uk} = 25.0 \text{ ‰}$$

Bügelbewehrung = Längsbewehrung

Beton Grundquerschnitt C25/30

$$\gamma_c = 1.50$$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

$$f_{cd} = 14.2 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 31000 \text{ N/mm}^2$$

Querschnitt

$$\text{Rechteck} \quad b = 35.0 \text{ cm} \quad h = 28.0 \text{ cm}$$

$$\text{Bewehrung} \quad d_{ob} = 4.5 \text{ cm} \quad d_{un} = 4.5 \text{ cm}$$

Bruttoquerschnittswerte

$$\text{Schwerpunkt} \quad y_{Su} = 14.0 \text{ cm} \quad \text{Betonfläche} \quad A_c = 980.0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Trägheitsmoment} \quad I_{cy} = 64027 \text{ cm}^4$$

Druckkräfte und Druckspannungen sind negativ, solange im Nachweis nichts anderes definiert ist.

durch Vergleichsrechnung
geprüft


Funger Philippen Ingenieure

Blumentalstraße 108

Tel. 02151 6275 0

47798 Krefeld

www.fp-ing.de

Beratende Ingenieure der IK-Bau NRW

Projekt: 20240400 LP5

Position: Balken über WD in Achse 3 1OG

Dauerhaftigkeit

Betonangriff	W0
Bewehrungskorrosion	XC1
Mindestbetonklasse	C 16/20
Bügel	$d_{s,b} = 8 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 14 \text{ mm}$
Vorhaltemaß	$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$
Bügel	$c_{min,b} = 10 \text{ mm}$
Betondeckung	$c_{nom,b} = 20 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 14 \text{ mm} \quad *5$
Betondeckung	$c_{nom,l} = 28 \text{ mm} \quad *1$
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 20 \text{ mm}$
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.40 \text{ mm}$

 *1: mit $c_{min,b}$

*5: Verbund maßgebend

Kriechzahl und Schwindmaß

wirksame Bauteildicke	$h_0 = 15.6 \text{ cm}$	
Luftfeuchte	$LU = 50 \%$	Zement Typ N,R
Normalbeton	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$	
Belastungsalter	$t_0 = 28 \text{ Tage}$	$t = \text{unendlich}$
Kriechzahl	$\phi(t_0, t) = 2.74$	
Schwindmaß	$\epsilon_{cs}(t) = -0.51 \%$	

Biegebemessung

 mit kd-Verfahren ($x / d < 0.450$)

 vorh. Bewehrung vorh. $A_{su} = 13.7 \text{ cm}^2$ vorh. $A_{so} = 4.3 \text{ cm}^2$

Lk Nr. [-]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	ϵ_1 [‰]	ϵ_{2s} [‰]	x/d [-]	z/d [-]	erf. A_{su} [cm ²]	erf. A_{so} [cm ²]	k_d [-]
1	0.0	114.00	-3.500	4.278	0.450	0.813	13.7	4.3	1.30

Schubbemessung

Schubbügel rechtwinklig zur Bauteilachse

 Zwischenergebnisse für $V_{Rd,c}$

$$C_{Rd,c} = 0.10 \quad k_1 = 0.12$$

$$k_{Vmin} = 0.035 \quad v_{min} = 0.47 \quad k = 1.92$$

 Zwischenergebnisse für $V_{Rd,max}$

$$v_1 = 0.75 \quad \alpha_{cw} = 1.00$$

Lk Nr. [-]	V_{Ed} [kN]	z/d [-]	σ_{cp} [N/mm ²]	A_{sz} [cm ²]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,cc}$ [kN]	$\cot \Theta$ [-]	Θ [°]	$V_{Rd,max}$ [kN]	sl_{max} [cm]	$a_{swV,min}$ [cm ² /m]	$a_{swV,cal}$ [cm ² /m]	Info [-]
1	100.0	0.762	0.00	13.7	54.8	44.0	2.142	25.0	255.2	14.0	2.87	6.00	2)

 2) $z < \max(d - 3.0 - c_{v,l}; d - 2 \cdot c_{v,l})$; $c_{v,l} = 2.8 \text{ cm}$

durch Vergleichsrechnung
geprüft



Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
Statische Berechnung LP4 Nachtrag 4

3. Die Durchbrüche im UZ 43.2 (24/60 cm)

Achse D: UZ 43.2 (24/60 cm) zwischen Achse 1 und 2 wurde als ein Durchlaufträger berücksichtigt.

Wegen des geringen Abstands zwischen den Öffnungen ($x_p = 32 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$) wurden die Öffnungen in Frilo als eine große Öffnung berücksichtigt.

In Frilo wurde ein Ersatzsystem gebildet. Der Schnittmoment- bzw. Momentverlauf aus Frilo ist mit dem Ausdruck aus Infograph (siehe nachfolgende Seite) zu vergleichen, um das Ersatzsystem nachzubilden. Die angesetzte erforderliche Belastung muss ein größeres Moment erzeugen als das aus Infograph, um auf der sicheren Seite zu liegen.

Bemessung nachfolgend mit Frilo





Funger Philippen Ingenieure
Blumentalstraße 108 47798 Krefeld
Tel. 02151 6275 0 www.fp-ing.de

Beratende Ingenieure der IK-Bau NRW
Projekt: 20240400 LP5
Position: 43.2 WD prüfen im 1.OG

Mehrfeldträger Stahlbeton (x64) BTM+ 01/25 (FRILO R-2025-1/P04)

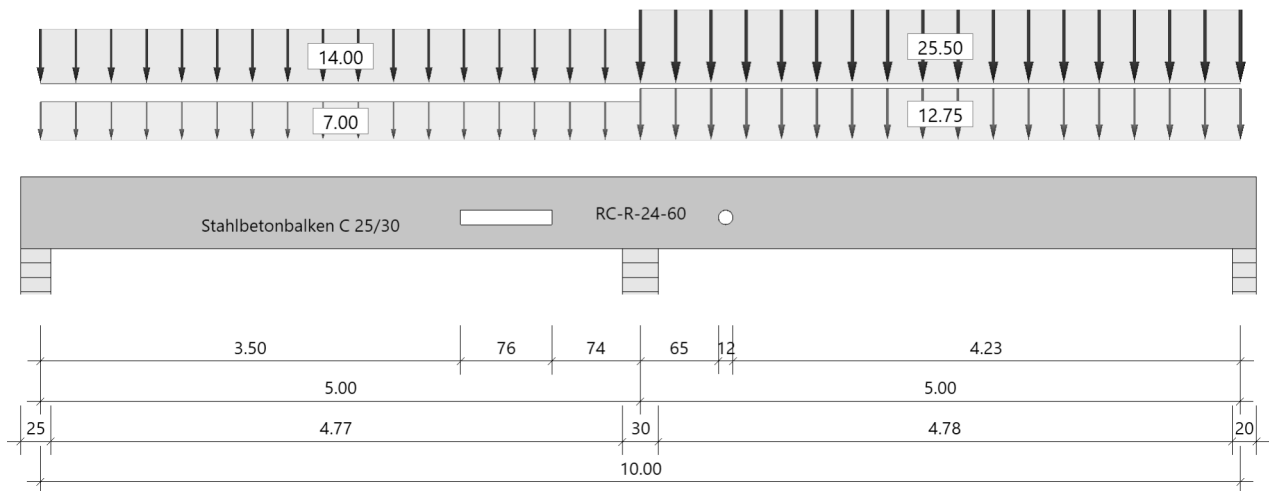
Grundparameter

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	60.0		

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	5.00	-1	-1	0.0	0.0	0.0
3	10.00	-1	-1	0.0	0.0	0.0

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

Aussparungen

Art	Bezug	Feld	Abstand [m]		u _k [cm]	h/D [cm]	L [cm]
Rechteck	vom Auflager	Feld 1	3.50	Vorderkante	20.0	12.0	76.0
Kreis	vom Auflager	Feld 2	0.65	Vorderkante	20.0	12.0	

durch Vergleichsrechnung
geprüft


Funger Philippen Ingenieure

Blumentalstraße 108

47798 Krefeld

Tel. 02151 6275 0

www.fp-ing.de

Beratende Ingenieure der IK-Bau NRW

Projekt: 20240400 LP5

Position: 43.2 WD prüfen im 1.OG

Lasten
Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	Faktor	wirkt Feldweise	EG	Zus	Alt
Feld 1	1	GL		5.00		2.50		2.80	Nein	ständig		
	2	GL		5.00		5.00		2.80	Nein	Kat. C		
Feld 2	3	GL		5.00		2.50		5.10	Nein	ständig		
	4	GL		5.00		5.00		5.10	Nein	Kat. C		

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
 Art : 1 - Gleichstreckenlast (GL), 4 - Trapezlast (TL), 5 - Dreiecklast (DL)
 A : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
 EG : Lasteinwirkung
 Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
 Alt : Alternativgruppe

Eigengewicht

 Gesamtgewicht = 3600 kg mit $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ 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 = 5.8 cm oben = 4.8 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 Mauerwerk $b = 25.0 \text{ cm}$
- Lager Nr. 2 direkt Mauerwerk $b = 30.0 \text{ cm}$
- Lager Nr. 3 direkt Mauerwerk $b = 20.0 \text{ cm}$

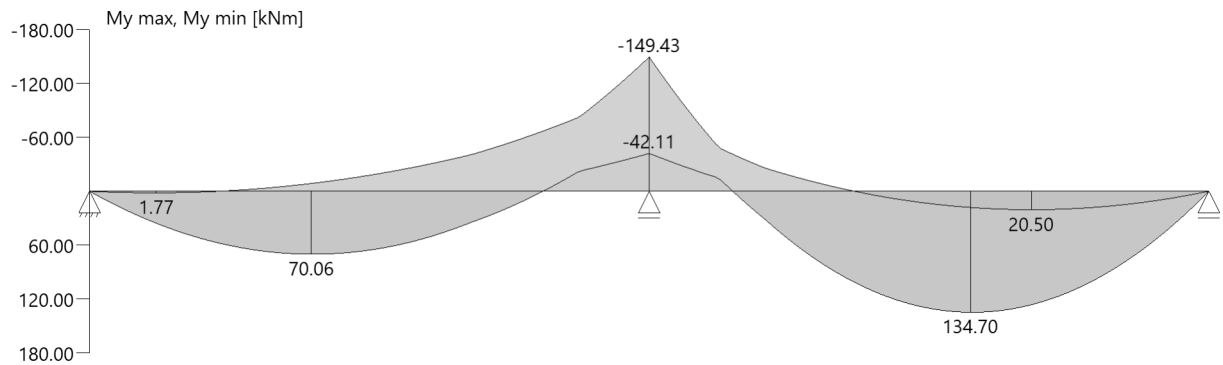
durch Vergleichsrechnung
geprüft



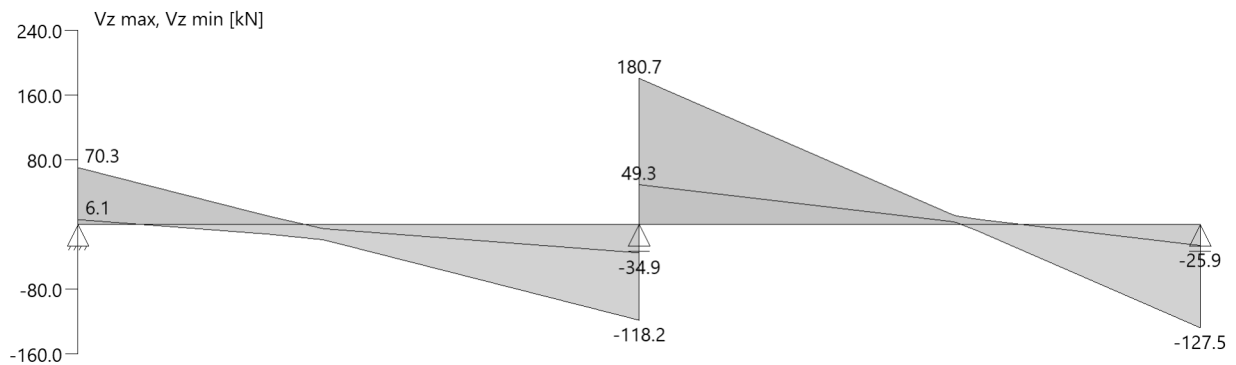
Tragsicherheit - Lastkombination ständig/vorübergehend

Schnittgrößen

Umhüllende der Momente



Umhüllende der Querkräfte



Schnittgrößen

Feld	Xrel [m]	x [m]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{z,Ed}$ [kN]	Lk
Feld 1	0.00	0.00	0.00	70.3	1
	0.00	0.00	0.00	6.1	2
	1.99	1.99	70.07	0.0	1
	5.00	5.00	-149.43	-118.2	6
	5.00	5.00	-42.11	-34.9	5
Feld 2	0.00	5.00	-42.11	49.3	5
	0.00	5.00	-149.43	180.7	6
	2.89	7.89	134.71	0.0	4
	5.00	10.00	0.00	-25.9	3
	5.00	10.00	0.00	-127.5	4

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]
24.0/60.0	36.94	1.5	-36.94	1.5

Plattenbreite wurde für die Berechnung von M_y auf $3 \cdot b_0$ begrenzt.

durch Vergleichsrechnung
geprüft


Fungler Philippen Ingenieure

Blumentalstraße 108

Tel. 02151 6275 0

47798 Krefeld

www.fp-ing.de

Beratende Ingenieure der IK-Bau NRW

Projekt: 20240400 LP5

Position: 43.2 WD prüfen im 1.OG

Feldbewehrung

Feld	X _{rel} [m]	x [m]	Myd [kNm]	min Myd [kNm]	d [cm]	kx	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]		Lk
Feld 1	1.99	1.99	70.07	70.07	54.2	0.10	2.9	0.0	1	1
	4.05	4.05	0.10	0.10	54.2	0.00	1.5	0.0		3
	4.06	4.06	-67.16	-67.16	55.2	0.09	0.0	2.8		4
	4.61	4.61	-106.03	-106.03	55.2	0.13	0.0	4.5		6
Feld 2	0.39	5.39	-83.54	-83.54	55.2	0.11	0.0	3.5		6
	2.89	7.89	134.71	134.71	54.2	0.18	6.0	0.0		4
	4.69	9.69	36.62	36.62	54.2	0.06	1.5	0.0		4

 Am ersten Auflager sind mindestens 2.3 cm² zu verankern.

 Am letzten Auflager sind mindestens 4.3 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			2
2	links	0.00	5.00	-149.43	-140.96	-119.82	15.0	55.2	0.15		5.1	6
	rechts	0.00	5.00	-149.43	-136.55	-116.07	15.0	55.2	0.15		5.0	6
3	links	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00			0.00			1

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

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	0.08	0.08	0.87	67.4	18.4	46.4	362.6	V _{Rd,max} > V _{Ed}		
	rechts	0.63	0.63	0.87	48.3	18.4	46.4	362.6	30.0	1.97 ¹	1
	*	1.17	1.17	0.87	29.1	18.4	46.4	362.6	30.0	1.97 ¹	1
2	links	0.15	4.85	0.88	-112.9	18.4	47.0	370.3	V _{Rd,max} > V _{Ed}		
	links	0.70	4.30	0.88	-93.4	18.4	47.0	370.3	30.0	1.97 ¹	6
	*	1.25	3.75	0.88	-73.9	18.4	47.0	370.3	30.0	1.97 ¹	6
	rechts	0.15	5.15	0.88	171.6	23.6	47.0	453.3	V _{Rd,max} > V _{Ed}		
	rechts	0.70	5.70	0.88	138.3	18.9	47.0	378.2	30.0	2.25	6
	*	1.25	6.25	0.87	105.0	18.9	46.4	370.4	30.0	1.97 ¹	6
3	links	0.07	9.93	0.87	-123.5	18.4	49.2	362.6	V _{Rd,max} > V _{Ed}		
	links	0.61	9.39	0.87	-90.8	18.4	49.2	362.6	30.0	1.97 ¹	4
	*	1.15	8.85	0.87	-58.1	18.4	49.2	362.6	30.0	1.97 ¹	4

* Flächengleicher Einschnitt der Schublinie

 Der max. Bügelabstand wird mit $\theta \geq 40^\circ$ ermittelt (Heft 525 DAfStb).

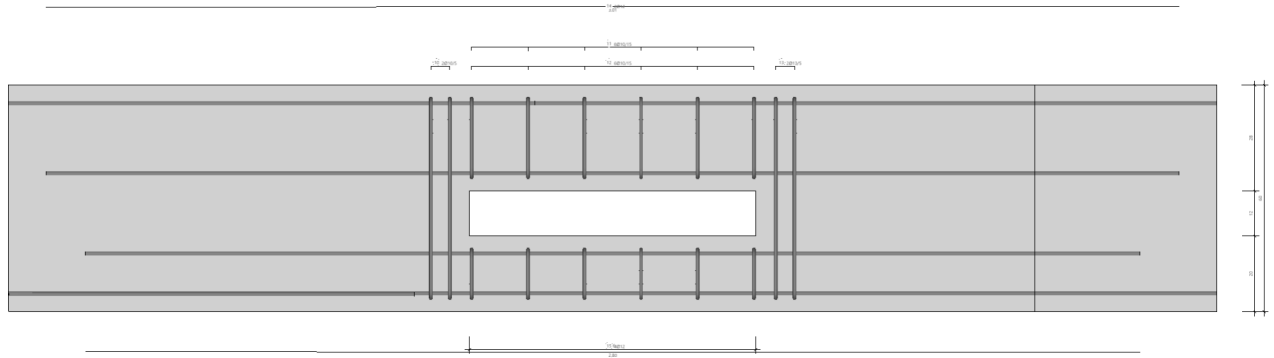
1 : Mindestbügelbewehrung

Aussparungen

 durch Vergleichsrechnung
geprüft



Grafik Aussparung Nr 1



Aussparung Nr 1

in Feld 1, Länge/Höhe=76/12 cm Nachweis nach Heft 399 DAfStb S.43 ff

Hinweis: $z < \max(d - 3.0 - c_{v,l}; d - 2 * c_{v,l}); c_{v,l} = c_{nom,l}$

Abstand bis Achse $a = 3.88 \text{ m}$
 Abstand der Gurte $z = 36.0 \text{ cm}$

$M_{yd} = 10.52 \text{ kNm}$
 $M_{yd} = -59.40 \text{ kNm}$
 $M_{yd} = -39.23 \text{ kNm}$

$V_{ed} = 58.6 \text{ kN}$ (max M / zug V)
 $V_{ed} = 43.1 \text{ kN}$ (min M / zug V)
 $V_{ed} = 78.6 \text{ kN}$ (max V / zug M)

Druckgurt oben :

$d_o = 28.0 \text{ cm}$
 $M_{yd} = 16.33 \text{ kNm}$
 $N_d = -29.2 \text{ kN}$

$d_1 = 4.8 \text{ cm}$
 $V_{ed} = 43.0 \text{ kN}$
 $VR_{d,c} = 22.0 \text{ kN}$
 $VR_{d,max} = 128.7 \text{ kN}$
 $\Theta = 18.435$
 $erf asB = 1.97 \text{ cm}^2/\text{m}$

gew: 2Ø12: 2,26 cm²erf As1 = erf As2 = 1.2 cm²

Zuggurt unten :

$d_u = 20.0 \text{ cm}$
 $M_{yd} = 5.95 \text{ kNm}$
 $N_d = 29.2 \text{ kN}$

$d_2 = 5.8 \text{ cm}$
 $V_{ed} = 15.7 \text{ kN}$
 $VR_{d,c} = 11.0 \text{ kN}$
 $VR_{d,max} = 109.7 \text{ kN}$
 $\Theta = 45.000$
 $erf asB = 4.19 \text{ cm}^2/\text{m}$

gew: 2Ø12: 2,26 cm²erf As1 = erf As2 = 1.1 cm²

Zuggurt oben :

$d_o = 28.0 \text{ cm}$
 $M_{yd} = 4.91 \text{ kNm}$
 $N_d = 165.0 \text{ kN}$

$d_1 = 4.8 \text{ cm}$
 $V_{ed} = 23.6 \text{ kN}$
 $VR_{d,c} = 12.3 \text{ kN}$
 $VR_{d,max} = 168.4 \text{ kN}$
 $\Theta = 45.000$
 $erf asB = 4.11 \text{ cm}^2/\text{m}$

gew: 2Ø12: 2,26 cm²erf As1 = erf As2 = 2.2 cm²

Druckgurt unten :

$d_u = 20.0 \text{ cm}$
 $M_{yd} = 20.91 \text{ kNm}$
 $N_d = -109.0 \text{ kN}$

$d_2 = 5.8 \text{ cm}$
 $V_{ed} = 55.0 \text{ kN}$
 $VR_{d,c} = 28.3 \text{ kN}$
 $VR_{d,max} = 93.0 \text{ kN}$
 $\Theta = 28.989$
 $erf asB = 8.15 \text{ cm}^2/\text{m}$

gew: 2Ø16: 4,02 cm²erf As1 = erf As2 = 3.0 cm²

Aufhängebewehrung

$ZQ_1 = 88.0 \text{ kN}$
 $ZQ_2 = 132.4 \text{ kN}$
 nach Leonhardt mindestens für $0,8 * \max Q$ bemessen:
 $ZQ_3 = 62.9 \text{ kN}$

$erf As_{v,li} = 2.0 \text{ cm}^2$
 $erf As_{v,re} = 3.0 \text{ cm}^2$
 $erf As_v = 1.4 \text{ cm}^2$

gew: Bügel 10Ø15: 10,48 cm²/mgew: Bügel 10Ø15: 10,48 cm²/mgew: Bügel 10Ø15: 10,48 cm²/mgew: Bügel 2Ø10: 3,14 cm²

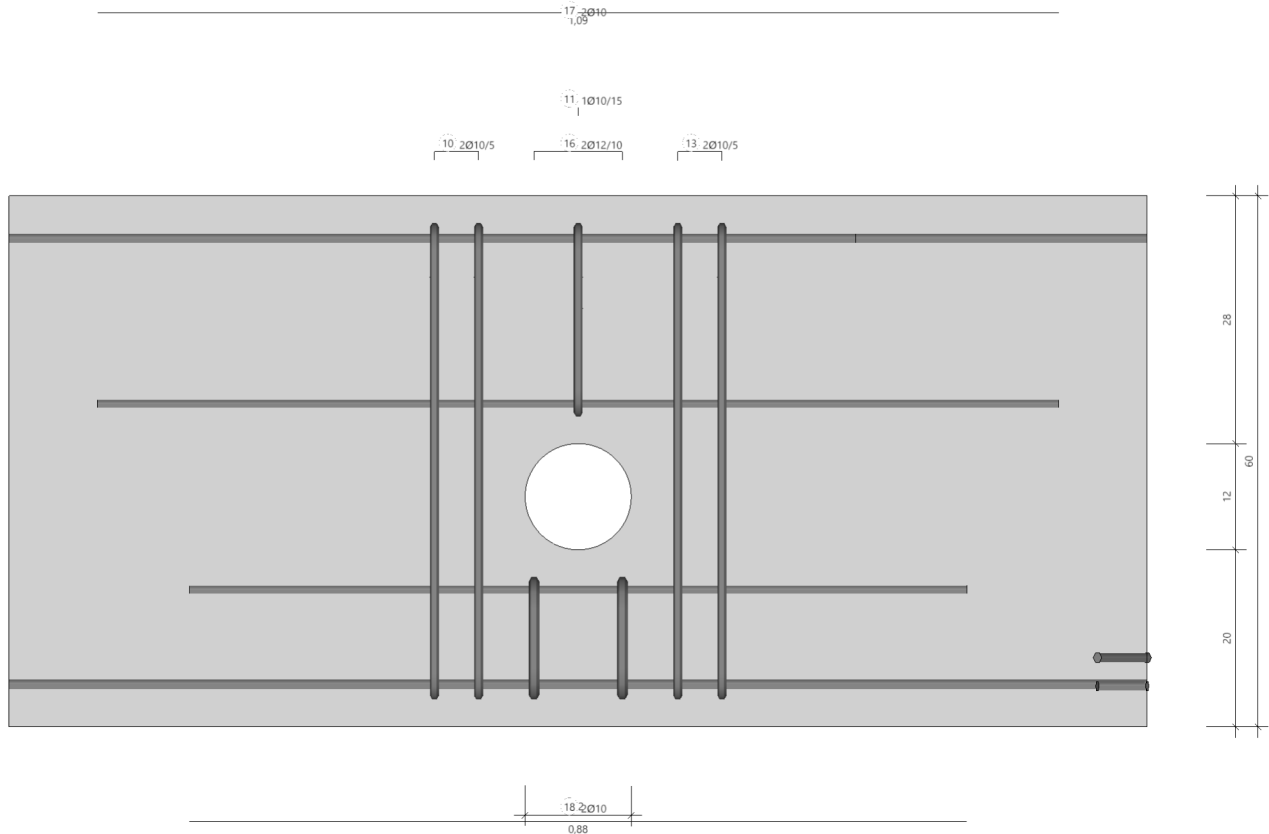
durch Vergleichsrechnung
geprüft



Funger Phlippen Ingenieure
 Blumentalstraße 108 47798 Krefeld
 Tel. 02151 6275 0 www.fp-ing.de

Beratende Ingenieure der IK-Bau NRW
 Projekt: 20240400 LP5
 Position: 43.2 WD prüfen im 1.OG

Grafik Aussparung Nr 2



Aussparung Nr 2

in Feld 2, Kreis $d=12$ cm Nachweis nach Heft 399 DAfStb S.43 ff
 Hinweis: $z < \max(d - 3.0 - C_{v,l}; d - 2 \cdot C_{v,l})$; $C_{v,l} = C_{nom,l}$

Abstand bis Achse $a = 0.71$ m
 Abstand der Gurte $z = 36.0$ cm

$M_{yd} = -4.26$ kNm	$V_{ed} = 118.2$ kN	(max M / zug V)
$M_{yd} = -43.31$ kNm	$V_{ed} = 57.5$ kN	(min M / zug V)
$M_{yd} = -36.34$ kNm	$V_{ed} = 137.9$ kN	(max V / zug M)

Zuggurt oben :

$d_o = 28.0$ cm	$d_1 = 4.8$ cm
$M_{yd} = 1.03$ kNm	$V_{ed} = 41.4$ kN
$N_d = 120.3$ kN	$VR_{d,c} = 9.8$ kN
	$VR_{d,max} = 176.4$ kN
	$\Theta = 45.000$
erf $A_{s1} = \text{erf } A_{s2} = 1.4$ cm ²	erf $a_{sB} = 6.87$ cm ² /m

Druckgurt unten :

$d_u = 20.0$ cm	$d_2 = 5.8$ cm
$M_{yd} = 4.96$ kNm	$V_{ed} = 96.5$ kN
$N_d = -11.8$ kN	$VR_{d,c} = 18.9$ kN
	$VR_{d,max} = 98.4$ kN
	$\Theta = 31.928$
erf $A_{s1} = \text{erf } A_{s2} = 0.5$ cm ²	erf $a_{sB} = 16.08$ cm ² /m

Aufhängebewehrung

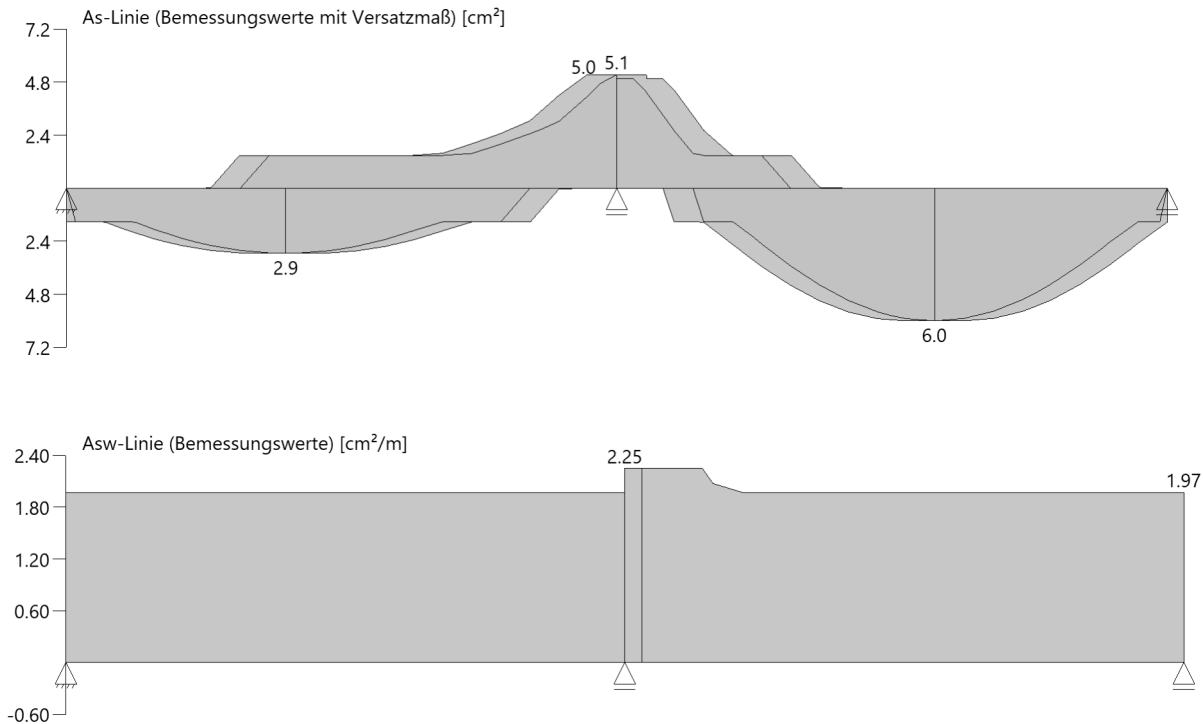
$ZQ_1 = 117.9$ kN	erf $A_{sv,li} = 2.7$ cm ²
$ZQ_2 = 48.2$ kN	erf $A_{sv,re} = 1.1$ cm ²
$ZQ_3 = 110.3$ kN	erf $A_{sv} = 2.5$ cm ²

nach Leonhardt mindestens für $0,8 \cdot \max Q$ bemessen:

durch Vergleichsrechnung
geprüft



As-Deckungslinien



Biegebewehrung unten

von [m]	bis [m]	Länge [m]	$A_{s,erf.,unten}$ [cm²]	$\Sigma A_{s,vorh.,unten}$ [cm²]	Summe [cm²]	$A_{s,vorh.,unten}$ [Anz. Ø mm]
0,00	6,50	6,50	3,5	2,3	2,3	2Ø12 ¹
0,63	3,35	2,73	3,5	2,3	4,5	2Ø12
6,50	10,00	3,50	6,0	2,3	2,3	2Ø12 ¹
6,50	9,90	3,40	6,0	4,5	6,8	4Ø12

1 : erste Lage durchlaufend

Biegebewehrung oben

von [m]	bis [m]	Länge [m]	$A_{s,erf.,oben}$ [cm²]	$\Sigma A_{s,vorh.,oben}$ [cm²]	Summe [cm²]	$A_{s,vorh.,oben}$ [Anz. Ø mm]
0,00	3,08	3,08	1,5	2,3	2,3	2Ø12 ¹
3,08	7,55	4,47	5,1	2,3	2,3	2Ø12 ¹
3,67	6,02	2,35	5,1	2,3	4,5	2Ø12
7,55	10,00	2,45	0,0	2,3	2,3	2Ø12 ¹

1 : erste Lage durchlaufend

Schubbewehrung

von [m]	bis [m]	Länge [m]	$A_{s,erf.}$ [cm²/m]	$A_{s,vorh.}$ [cm²/m]	$A_{s,vorh.}$ [Anz. Ø mm / cm]
-0,14	3,36	3,50	2,0	15,7	Ø10/10
4,41	5,51	1,10	2,3	22,6	Ø12/10
5,92	7,62	1,70	2,0	22,6	Ø12/10
7,69	10,09	2,40	2,0	15,7	Ø10/10

durch Vergleichsrechnung
geprüft



Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 4

4. Durchbrüche im UZ 42 (24/50 cm)

Achse 3a zwischen A und B: UZ 42.4 (24/50 cm)

Aufgrund der kurzen Spannweite wurde eine konstruktive Bewehrung gewählt:

As1: Bewehrung konstruktiv durchziehen

As2: 3 Ø 14

As4: Bewehrung konstruktiv durchziehen

Aufhängebewehrung: beidseitig Bügel 3 Ø 10

Bügel über Durchbrüche: 1 Ø 10

Achse 2: UZ 42.5 (24/50 cm)

Aufgrund des geringeren Moments und des gleichen Querschnitts analog.

Achse 2a: UZ 47.1 (28/50 cm)

Aufgrund des geringeren Moments und des größeren Querschnitts analog.

5. Ein Durchbruch im UZ 35/50 cm

Achse 1a zwischen A und B: UZ 45.8 (35/50 cm)

Runde Öffnung: $0,2 = d_0/d = 0,12/0,45 = 0,27 = 0,35$

gewählt:

As1: Bewehrung konstruktiv durchziehen

As2: 4 Ø 14

As4: Bewehrung konstruktiv durchziehen 4 Ø 16

Aufhängebewehrung: beidseitig Bügel 3 Ø 10 Bügel über Durchbrüche: 1 Ø 10

Achse 2 zwischen B und D: UZ 45.4 (35/50 cm)

Aufgrund des geringeren Moments und des gleichen Querschnitts analog.





Projekt: 20240400 Erweiterung des Bertha-von-Sutter-Gymnasium, Bismarckstraße 53, 46047 Oberhausen
 Statische Berechnung LP4 Nachtrag 4

WAT W28 - Anschlussbewehrung

Vorbemerkung

Im Anschlussknoten der Stütze S13 ist der Bewehrungsgrad zu hoch. In diesen Knotenbereich laufen die Unterzüge UZ 69 in Achse B und UZ 65 in Achse 1a ein. Über dem Anschluss befindet sich ein wandartiger Träger mit innenliegender Stütze. Aufgrund der Komplexität dieses Anschlussknotens wurde die Anschlussbewehrung neu nachgewiesen.

Belastung

Aus Decke 2.OG + 1.OG + EG

siehe Statik LP4 S.756

$$V_{Ed,1} = 1,35 \cdot 569 + 1,5 \cdot 293 = 1207,65 \text{ kN}$$

Aus Unterzüge im 1.OG

siehe Statik LP4 S.433-434 Ausdruck von Infograph

$$V_{Ed,2} = 1,35 \cdot 510 + 1,5 \cdot 320 = 1168,50 \text{ kN}$$

Die Wandende von WAT W28 wirkt als eine innenliegende Stütze 24/40cm.

Die Unterzüge im 1. Obergeschoss lagern direkt auf der innenliegenden Stütze 24/40 cm.

Nachweis der Stütze siehe nachfolgende Ausdruckseite von Frilo

$$A_{s,erf} = 10,60 \text{ cm}^2$$

Gew: Bewehrung 4ø28

Aus Unterzüge im EG

siehe Statik LP4 S.756

$$V_{Ed,3} = 1,35 \cdot (819 - 510) + 1,5 \cdot (444 - 320) = 603,15 \text{ kN}$$

Die Unterzüge im Erdgeschoss lagern direkt auf der Rundstütze Ø 40 cm. Diese Belastung ist für die Anschlussbewehrung des wandartigen Trägers auf der **Ebene 1 (OKRD EG) nicht relevant**. Sie ist nur für die Anschlussbewehrung der Rundstütze Ø 40 auf der **Ebene 2 (Unterkannte der UZ) relevant**.

Gesamt Belastung an Stütze ø40 S13:

siehe Statik LP4 S.756

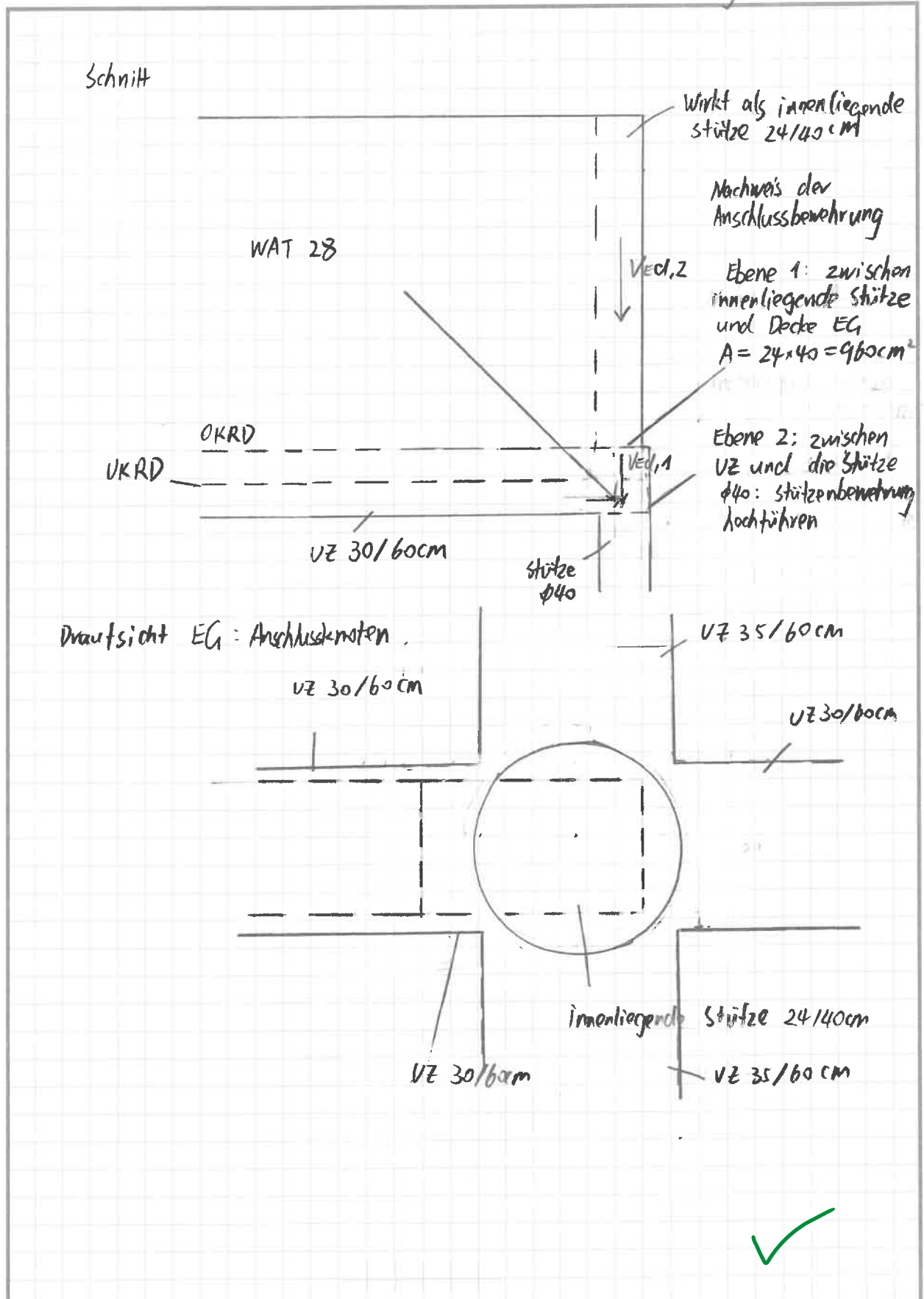
Im Vergleich zur Statik in LP 4 ist die Belastung unverändert.

$$F_{Ed} = V_{Ed,1} + V_{Ed,2} + V_{Ed,3} = 2979,30 \text{ kN}$$





Projekt: 20240400 WAT 28 Nachweis der Anschlussbewehrung





Projekt: 20240400

für Anschlussbewehrung

Ebene 1: Zwischen innenliegende Stütze und Decke EG

$$A = 0,24 \cdot 0,4 = 0,096 \text{ m}^2$$

Belastung:

$$V_{ed} = 0,75 \cdot V_{ed,1} + V_{ed,2}$$

↓
Die Berechnung und die Skizze für den Faktor siehe nachfolgende Seite

$$= 0,75 \cdot 1207,7 + 1168,5 = 2074,3 \text{ kN}$$

$$F_{cd,1} = V_{ed} - 0,75 \cdot t_{cd} \cdot 1000 \cdot A$$

$$= 2074,3 - 0,75 \cdot 14,2 \cdot 1000 \cdot 0,096$$

$$= 1051,9 \text{ kN}$$

erf. Druckbewehrung

$$\text{erf. } A_s = F_{cd,1} / 43,5 = 24,2 \text{ cm}^2$$

gew: 4φ28 //

Ebene 2: zwischen Unterkante der UZ und Stütze φ40cm

siehe Skizze: Stützenbewehrung von S13 φ40cm hochführen



Projekt: 20240400 WAT 28 Druck-Zug-Knoten

