

Statische Berechnung

Nachtrag 4

Projekt-Nr.:	9403
Bauvorhaben:	Neubau Feuer- und Rettungswache Ennigerloh Westring/ zum Buddenturm 59320 Ennigerloh
Auftraggeber:	Stadt Ennigerloh, Stadtentwicklung Marktplatz 1 59320 Ennigerloh Warendorf Kreishaus Waldenburger Str. 2 48231 Warendorf
Architekt:	kplan AG Eisenfelder Str. 316 57080 Siegen
Grundlagen:	Architekturpl ^a ne Stand April 2026 Aktuelle Normung für das Bauwesen
Stand:	23.04.2026

Inhaltsverzeichnis

Position	Beschreibung	Seite
TB_	Titelblatt	N4.0-0
	Inhalt	N4.0.1
N4.1	Vorbemerkungen	N4.1-1
N4.2	Übungsturm	N4.2-1
N4.2.1	Expositionsklassen	N4.2-2
N4.2.2	Übersicht Treppenaufe und -podeste	N4.2-3
N4.2.3	Ausführungsdetail Konsole	N4.2-6
N4.2.4	Ausführungsdetail Auflagerbalken	N4.2-12
_LS	Letzte Seite	N4.3-0

N4.1 Vorbemerkungen

Im Zuge der Ausführungsplanung haben sich einige statisch relevante Änderungen ergeben.

Die Geometrie der Treppen im Aufbahrungsturm wurde seitens Architektur angepasst.

Die relevanten Änderungen werden im Folgenden bewertet und, wo erforderlich, neu bemessen.

N4.2 Übungsturm

Aus der Ausführungsplanung ARC hat sich eine geänderte Geometrie der Treppenläufe und -podeste ergeben. Im Folgenden wird die neue Geometrie mit der alten abgeglichen und wo erforderlich neue Nachweise geführt.

Pos. N4.2.1**Expositionsklassen**

Alle Außenbetonbauteile außer Sohle:

allseitig: XC4, XF1, WF; $c_{min} = 25\text{ mm}$, $G_c = 15\text{ mm}$
gew^a hlt: C25/30

Sohle:

allseitig: XC2, WF; $c_{min} = 20\text{ mm}$, $G_c = 15\text{ mm}$
gew^a hlt: C25/30

Treppen:

allseitig: XC3, XF1, WF; $c_{min} = 20\text{ mm}$, $G_c = 15\text{ mm}$
gew^a hlt: C25/30

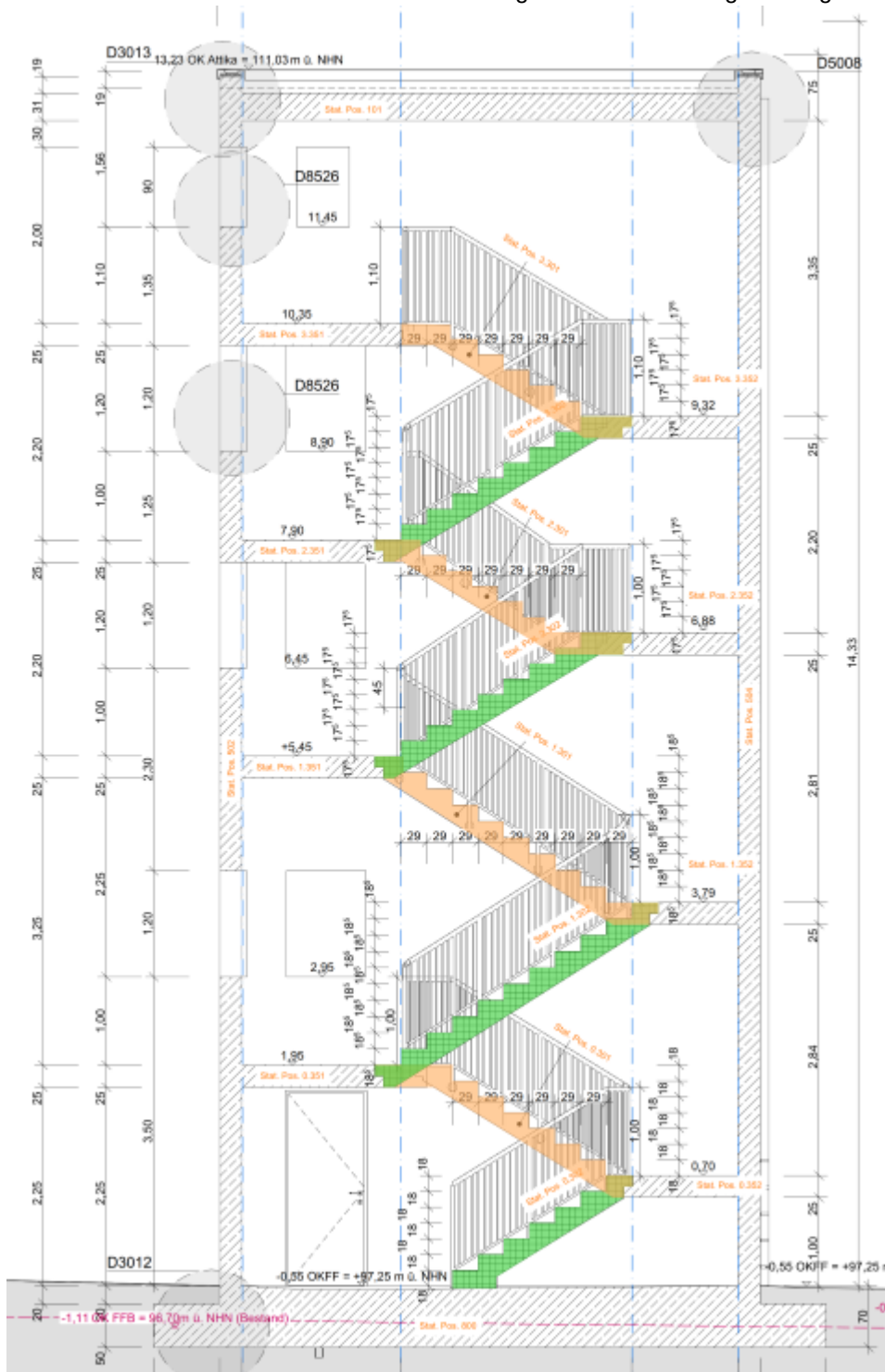
Pos. N4.2.2 **! bersicht Treppenl^aufe und -podeste**

Nachfolgend sind die Treppenl^aufe und -podeste tabellarisch zusammengefasst. Im Vergleich zur Ursprungsstatik gibt es Abweichungen, die aber nicht bemessungsrelevant sind.

Im Vergleich zur Ursprungsstatik hat sich die St $\ddot{u}$ tzhöhe des Laufes Pos. 3.302 auf 2,90m erh^oht. Die urspr $\ddot{u}$ ngliche Bemessung erfolgte f $\ddot{u}$ r eine St $\ddot{u}$ tzh $\ddot{o}$ he von 2,86m. Da die erforderliche Bewehrung f $\ddot{u}$ r Pos. 3.302 derjenigen des l^angeren Laufes Pos. 1.302 ($\ddot{I}$ 10/15) entspricht, ist eine erneute Bemessung f $\ddot{u}$ r eine St $\ddot{u}$ tzh $\ddot{o}$ he von 2,90m nicht erforderlich. Dar $\ddot{u}$ ber hinaus basiert die Bemessung auf den Expositionsklassen XC4, XF1 und WF. Diese liegen im Vergleich zu den gem^aß diesem Nachtrag anzusetzenden Expositionsklassen auf der sicheren Seite (s. N4.2,1).

Auch die Podestl^angen haben sich gegen $\ddot{u}$ ber der Ursprungsstatik teilweise ge^andert und wurden verk $\ddot{u}$ rzt. Aufgrund der geringeren Abmessungen liegt die urspr $\ddot{u}$ ngliche Bemessung auf der sicheren Seite.

In dem untenstehenden Schnitt sind die angesetzten Lauflängen dargestellt:



Treppen- und Podestliste

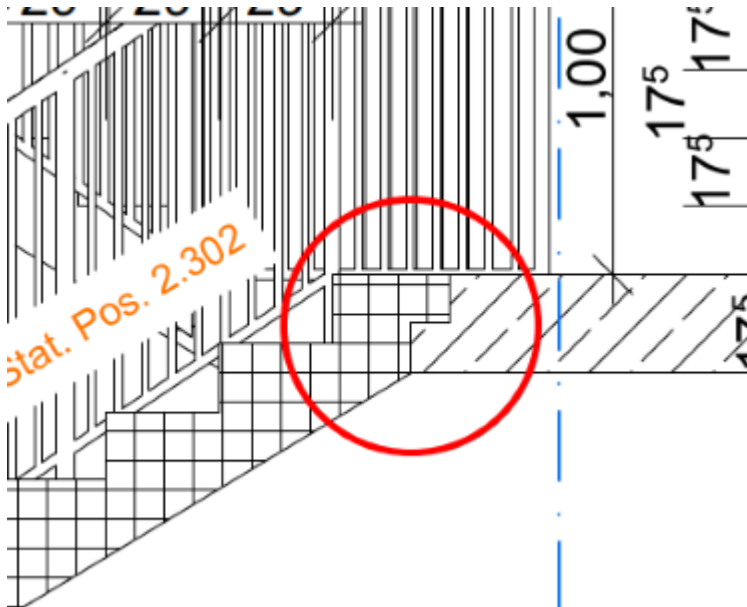
Treppen- haus	Position	Bauteil	Lauf		Podest			Lasten				Auflagerkräfte				Aus- führung	An- merkung		
			h [cm]	Anz.	Stieg./Auf. [cm]	h [cm]	l _{unten} [m]	l _{oben} [m]	g _{k,Lauf} [kN/m ²]	g _{k,Podest} [kN/m ²]	Δg _k [kN/m ²]	q _k [kN/m ²]	V _{g,k} [kN/m]	V _{g,k} [kN/m]	V _{g,k} [kN/m]				
Ü	3.301	Lauf	20,0	6	17,5/29,0	25,0	0,58	0,29	2,61	7,94	6,25	2,50	5,00	12,73	6,53	13,05	6,53	3.302	Konsolauflagerung
	3.302	Lauf	20,0	8	17,5/29,0	25,0	0,29	0,29	2,90	7,94	6,25	2,50	5,00	14,65	7,25	14,65	7,25	s. Ber.	Konsolauflagerung
	3.351	Podest				25,0		1,80	1,80	0,00	6,25	2,50	5,00	-	-	-	-	s. Ber.	HBT-Rückbiegeanschluss + Auflagerbalken
	3.352	Podest				25,0		1,20	1,20	0,00	6,25	2,50	5,00	-	-	-	-	1.352	HBT-Rückbiegeanschluss + Auflagerbalken
	2.301	Lauf	20,0	6	17,5/29,0	25,0	0,94	0,29	2,97	7,94	6,25	2,50	5,00	14,14	7,43	14,79	7,43	1.302	Konsolauflagerung
	2.302	Lauf	20,0	8	17,5/29,0	25,0	0,29	0,29	2,90	7,94	6,25	2,50	5,00	14,65	7,25	14,65	7,25	3.302	Konsolauflagerung
	2.351	Podest				25,0		1,51	1,51	0,00	6,25	2,50	5,00	-	-	-	-	s. Ber.	HBT-Rückbiegeanschluss + Auflagerbalken
	2.352	Podest				25,0		1,20	1,20	0,00	6,25	2,50	5,00	-	-	-	-	1.352	HBT-Rückbiegeanschluss + Auflagerbalken
	1.301	Lauf	20,0	9	18,5/29,0	25,0	0,58	0,00	3,19	8,15	6,25	2,50	5,00	15,99	7,98	16,89	7,98	1.302	Konsolauflagerung
	1.302	Lauf	20,0	10	18,5/29,0	25,0	0,29	0,00	3,19	8,15	6,25	2,50	5,00	16,46	7,98	16,96	7,98	s. Ber.	Konsolauflagerung
	1.351	Podest				25,0		1,51	1,51	0,00	6,25	2,50	5,00	-	-	-	-	s. Ber.	HBT-Rückbiegeanschluss + Auflagerbalken
	1.352	Podest				25,0		0,91	0,91	0,00	6,25	2,50	5,00	-	-	-	-	s. Ber.	HBT-Rückbiegeanschluss + Auflagerbalken
	0.301	Lauf	20,0	7	18,0/29,0	25,0	0,29	0,58	2,90	8,04	6,25	2,50	5,00	14,69	7,25	14,33	7,25	3.302	Konsolauflagerung
	0.302	Lauf	20,0	7	18,0/29,0	25,0	0,00	0,00	2,03	8,04	0,00	2,50	5,00	10,70	5,08	10,70	5,08	3.302	Konsolauflagerung
	0.351	Podest				25,0		1,51	1,51	0,00	6,25	2,50	5,00	-	-	-	-	1.351	HBT-Rückbiegeanschluss + Auflagerbalken
	0.352	Podest				25,0		1,20	1,20	0,00	6,25	2,50	5,00	-	-	-	-	3.352	HBT-Rückbiegeanschluss + Auflagerbalken

Hinweise: Auflagerkräfte bei Podesten ohne Treppenlauf
Last g_{k,Lauf} einschließlich Stb.-Stufen

Pos. N4.2.3

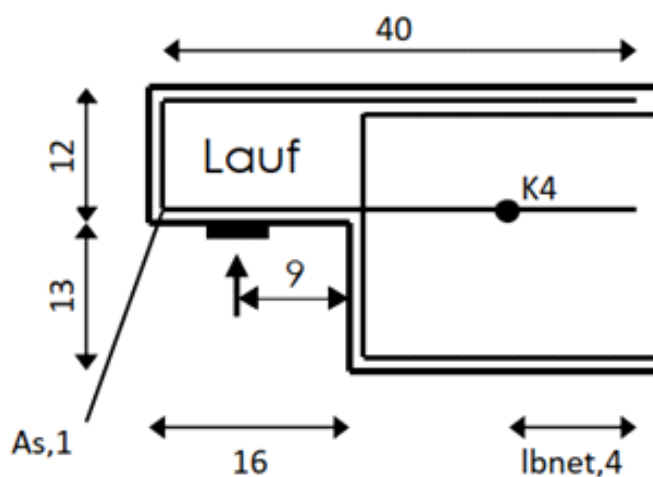
Ausführungsdetail Konsole

Die Fertigteiltreppenläufe werden mittels Konsolen auf den Podesten aufgelagert. Die Ausnehmungen am Lauf erfordern eine Hochhaengebewehrung, die im Folgenden ermittelt wird. Zudem wird die Konsole als abgesetztes Auflager nachgewiesen.



Es ergeben sich folgende Konsolabmessungen:

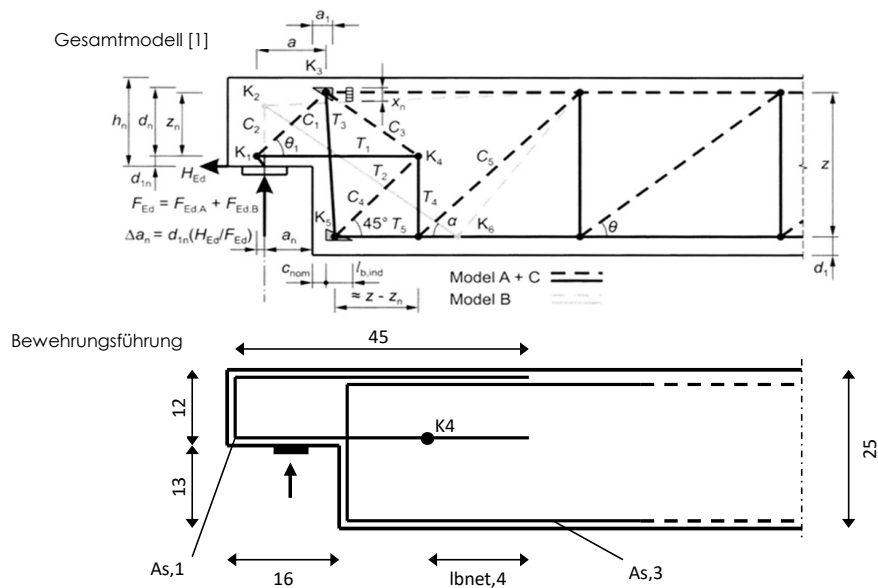
Länge: 16 cm



Nachweis Ausklinkung Platte

Podest

[1] Betonkalender 2007 - Teil 2: S.342-349; Ernst & Sohn



Materialkennwerte Beton

Betongüte

C25/30

Verbundbereich

I

Sicherheitsbeiwerte

$$\gamma_c = 1,50$$

$$\gamma'_c = 1,00$$

Zentrische Zugfestigkeit

$$f_{ctm} = 2,56 \text{ MN/m}^2$$

Verbundfestigkeit (VB I)

$$f_{bd} = 2,69 \text{ MN/m}^2$$

Betondruckfestigkeit

$$f_{cd} = \alpha_c \cdot f_{ck} / (\gamma_c \cdot \gamma'_c) = 14,17 \text{ MN/m}^2$$

Bauteilgeometrie/-kennwerte

• Lager

$$a_L \times t_L \text{ (Linie)} = 50 \times 10 \text{ mm}$$

$$\text{zul. } \sigma_L = 4,5 \text{ N/mm}^2$$

Länge

$$a_L = 5,0 \text{ cm}$$

Dicke

$$t_L = 1,0 \text{ cm}$$

• Platte

Höhe

$$h = 25,0 \text{ cm}$$

• Ausklinkung

Länge

$$l_n = 16,0 \text{ cm}$$

Höhe

$$h_n = 12,0 \text{ cm}$$

Lastangriffspunkt (ab VK Ausklinkung)

$$a_n = 7,0 \text{ cm}$$

• Betondeckung

OK Platte

$$c_{nom,o} = 3,5 \text{ cm}$$

UK Platte

$$c_{nom,u} = 3,5 \text{ cm}$$

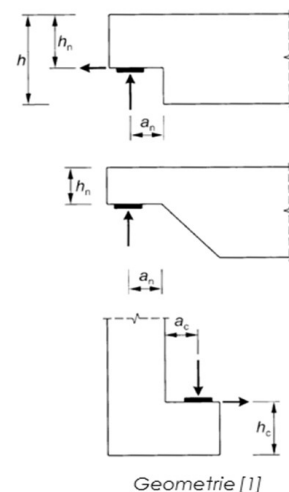
VK Platte

$$c_{nom,v} = 3,5 \text{ cm}$$

• Bewehrung

Schwerpunkt Abstand Längsbew.

$$d_1 = 4,8 \text{ cm}$$



Geometrie [1]

(aus Biegebemessung)

Auflagerkräfte

Vertikalkraft	$F_{Ed} =$	33,0 kN/m	
Horizontalkraft	$H_{Ed} =$	0,0 kN/m	
	$\leq$	6,6 kN/m	$= 0,2 \cdot F_{Ed}$ (maßgebend)

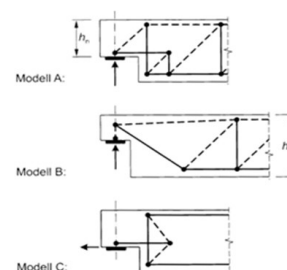
Ermittlung der Bemessungskräfte

• Fachwerkgeometrie

$$\begin{aligned} \Delta a_n &= d_{1n} \cdot (H_{Ed}/F_{Ed}) = 0,8 \text{ cm} & (d_{1n}, \text{ s. Zugstrebe } T_1) \\ d_n &= h_n - c_{nom,o} - d_{1n} = 4,6 \text{ cm} \\ a_{1,cal} &= F_{Ed} / (100 \cdot 0,75 \cdot f_{cd}) = 0,3 \text{ cm} \\ &\leq 0,5 \text{ cm} & = a_{1,gew} \text{ (gewählt)} \\ a &= a_n + \Delta a_n + 0,5 \cdot a_{1,gew} + c_{nom,v} = 11,5 \text{ cm} \\ x_n &= d_n - (d_n^2 - 2 \cdot a \cdot a_{1,cal})^{0,5} = 0,9 \text{ cm} \\ z_n &= d_n - 0,5 \cdot x_n = 4,2 \text{ cm} \\ z &= h - c_{nom,o} - 0,5 \cdot x_n - d_1 = 16,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

• Zugkräfte (nur Modell A + C)

$$\begin{aligned} T_1 &= F_{Ed} \cdot a / z_n + H_{Ed} = 97,8 \text{ kN/m} \\ T_3 &= F_{Ed} + H_{Ed} \cdot z_n / z = 34,7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Einzelmodelle [1]

[DIN 1045-1]

Nachweise

• Druckstrebe C₁

$$\begin{aligned} \sigma_{Rd,max} &= 0,75 \cdot f_{cd} = 10,63 \text{ MN/m}^2 \\ \theta_1 &= \arctan(z_n/a) = 19,9 \geq 18,4^\circ \\ \sigma_{cd,C1} &= F_{Ed} / (a_L \cdot \sin^2 \theta_1) = 5,70 \text{ MN/m}^2 \\ &\leq 10,63 \text{ MN/m}^2 = \sigma_{Rd,max} \end{aligned}$$

• Lasteinleitung

$$\begin{aligned} \sigma_{zul} &= \min[zul. \sigma_L; 0,85 \cdot f_{cd} / 1,4] = 4,50 \text{ MN/m}^2 \\ \sigma_{vor} &= F_{Ed} / (1,4 \cdot a_L) = 0,47 \text{ MN/m}^2 \\ &\leq 4,50 \text{ MN/m}^2 = \sigma_{zul} \end{aligned}$$

• Zugstrebe T₁ (Bew. Ausklinkung)

$$\begin{aligned} \text{erf. } A_{s,1} &= T_1 / f_{yd} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \text{Schlaufen } \varnothing 8 / 10,0 &\leq 5,03 \text{ cm}^2/\text{m} = \text{vor. } A_{s,1} \end{aligned}$$

Schwerpunkt Abstand Bewehrung

$$d_{1n} = 3,9 \text{ cm}$$

- Knoten 1 (Verankerung Schlaufe)

(ohne Querdruck)

Querdruck

$$p = F_{Ed} / (2 \cdot (l_n - a_n - c_{nom,v})) = 0,00 \text{ MN/m}^2$$

$$k = \min[1 / (1 - 0,04 \cdot p); 1,5] = 1,00$$

$$l_b = d_s / 4 \cdot f_{yd} / (f_{bd} \cdot k) = 32,3 \text{ cm}$$

$$l_{b,net} = 10,1 \text{ cm}$$

(maßgebend)

$$\geq 8,0 \text{ cm} = l_{b,min}$$

Verankerungslänge

$$l_{b,dir,1} + \Delta a_n = 7,5 \text{ cm}$$

(ab Innenkante Lager)

$$\leq 8,0 \text{ cm} = l_{b,vor}$$

- Knoten 4 (Verankerung gerader Stab)

$$l_b = d_s / 4 \cdot f_{yd} / f_{bd} = 32,3 \text{ cm}$$

$$l_{b,net} = 14,5 \text{ cm}$$

(maßgebend)

$$\geq 9,7 \text{ cm} = l_{b,min}$$

Verankerungslänge

$$l_{b,net,4} = 14,5 \text{ cm}$$

(ab Knoten)

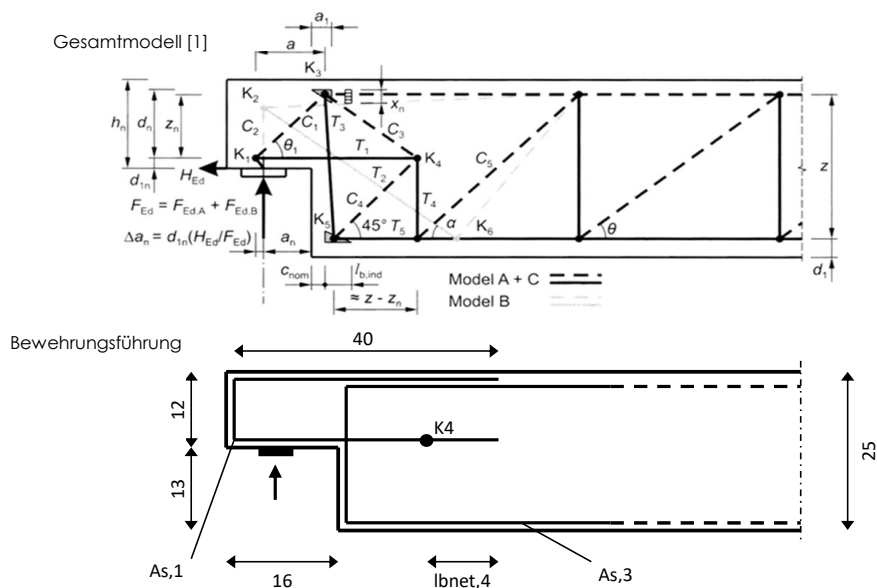
• Zugstrebe T₃ (Aufhängebew.)

$$\begin{aligned} \text{erf. } A_{s,3} &= T_3 / f_{yd} = 0,80 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \text{Schlaufen } \varnothing 8 / 15,0 &\leq 3,35 \text{ cm}^2/\text{m} = \text{vor. } A_{s,3} \end{aligned}$$

Nachweis Ausklinkung Platte

Lauf

[1] Betonkalender 2007 - Teil 2: S.342-349; Ernst & Sohn



Materialkennwerte Beton

Betongüte

C35/45

Verbundbereich

I

Sicherheitsbeiwerte

$$\gamma_c = 1,50$$

$$\gamma'_c = 1,00$$

Zentrische Zugfestigkeit

$$f_{ctm} = 3,21 \text{ MN/m}^2$$

Verbundfestigkeit (VB I)

$$f_{bd} = 3,37 \text{ MN/m}^2$$

Betondruckfestigkeit

$$f_{cd} = \alpha_c \cdot f_{ck} / (\gamma_c \cdot \gamma'_c) = 19,83 \text{ MN/m}^2$$

Bauteilgeometrie/-kennwerte

• Lager

$$a_L \times t_L \text{ (Linie)} = 50 \times 10 \text{ mm}$$

$$\text{zul. } \sigma_L = 4,5 \text{ N/mm}^2$$

Länge

$$a_L = 5,0 \text{ cm}$$

Dicke

$$t_L = 1,0 \text{ cm}$$

• Platte

Höhe

$$h = 25,0 \text{ cm}$$

• Ausklinkung

Länge

$$l_n = 16,0 \text{ cm}$$

Höhe

$$h_n = 12,0 \text{ cm}$$

Lastangriffspunkt (ab VK Ausklinkung)

$$a_n = 9,0 \text{ cm}$$

• Betondeckung

OK Platte

$$c_{nom,o} = 3,0 \text{ cm}$$

UK Platte

$$c_{nom,u} = 3,0 \text{ cm}$$

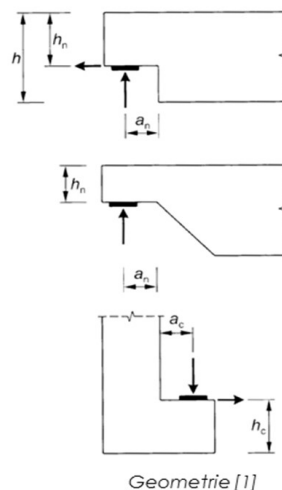
VK Platte

$$c_{nom,v} = 3,0 \text{ cm}$$

• Bewehrung

Schwerpunkt Abstand Längsbew.

$$d_1 = 4,3 \text{ cm}$$



Geometrie [1]

(aus Biegebemessung)

Auflagerkräfte

Vertikalkraft	$F_{Ed} =$	33,0 kN/m	
Horizontalkraft	$H_{Ed} =$	0,0 kN/m	
	$\leq$	6,6 kN/m	$= 0,2 \cdot F_{Ed}$ (maßgebend)

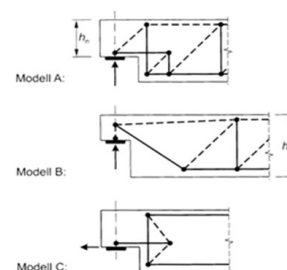
Ermittlung der Bemessungskräfte

• Fachwerkgeometrie

$$\begin{aligned} \Delta a_n &= d_{1n} \cdot (H_{Ed}/F_{Ed}) = 0,7 \text{ cm} & (d_{1n}, \text{ s. Zugstrebe } T_1) \\ d_n &= h_n - c_{nom,o} - d_{1n} = 5,6 \text{ cm} \\ a_{1,cal} &= F_{Ed} / (100 \cdot 0,75 \cdot f_{cd}) = 0,2 \text{ cm} \\ &\leq 0,5 \text{ cm} & = a_{1,gew} \text{ (gewählt)} \\ a &= a_n + \Delta a_n + 0,5 \cdot a_{1,gew} + c_{nom,v} = 12,9 \text{ cm} \\ x_n &= d_n - (d_n^2 - 2 \cdot a \cdot a_{1,cal})^{0,5} = 0,5 \text{ cm} \\ z_n &= d_n - 0,5 \cdot x_n = 5,3 \text{ cm} \\ z &= h - c_{nom,o} - 0,5 \cdot x_n - d_1 = 17,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

• Zugkräfte (nur Modell A + C)

$$\begin{aligned} T_1 &= F_{Ed} \cdot a / z_n + H_{Ed} = 86,6 \text{ kN/m} \\ T_3 &= F_{Ed} + H_{Ed} \cdot z_n / z = 35,0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Einzelmodelle [1]

[DIN 1045-1]

Nachweise

• Druckstrebe C₁

$$\begin{aligned} \sigma_{Rd,max} &= 0,75 \cdot f_{cd} = 14,88 \text{ MN/m}^2 \\ \theta_1 &= \arctan(z_n/a) = 22,4 \geq 18,4^\circ \\ \sigma_{cd,C1} &= F_{Ed} / (a_L \cdot \sin^2 \theta_1) = 4,54 \text{ MN/m}^2 \\ &\leq 14,88 \text{ MN/m}^2 = \sigma_{Rd,max} \end{aligned}$$

• Lasteinleitung

$$\begin{aligned} \sigma_{zul} &= \min[zul. \sigma_L; 0,85 \cdot f_{cd} / 1,4] = 4,50 \text{ MN/m}^2 \\ \sigma_{vor} &= F_{Ed} / (1,4 \cdot a_L) = 0,47 \text{ MN/m}^2 \\ &\leq 4,50 \text{ MN/m}^2 = \sigma_{zul} \end{aligned}$$

• Zugstrebe T₁ (Bew. Ausklinkung)

$$\begin{aligned} \text{erf. } A_{s,1} &= T_1 / f_{yd} = 1,99 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \text{Schlaufen } \varnothing 8 / 10,0 &\leq 5,03 \text{ cm}^2/\text{m} = \text{vor. } A_{s,1} \end{aligned}$$

Schwerpunkt Abstand Bewehrung

$$d_{1n} = 3,4 \text{ cm}$$

- Knoten 1 (Verankerung Schlaufe)

(ohne Querdruck)

Querdruck

$$p = F_{Ed} / (2 \cdot (l_n - a_n - c_{nom,v})) = 0,00 \text{ MN/m}^2$$

$$k = \min[1 / (1 - 0,04 \cdot p); 1,5] = 1,00$$

$$l_b = d_s / 4 \cdot f_{yd} / (f_{bd} \cdot k) = 25,8 \text{ cm}$$

$$l_{b,net} = 7,2 \text{ cm}$$

$$< 8,0 \text{ cm} = l_{b,min} \text{ (maßgebend)}$$

Verankerungslänge

$$l_{b,dir,1} + \Delta a_n = 6,0 \text{ cm}$$

$$\leq 6,5 \text{ cm} = l_{b,vor} \text{ (ab Innenkante Lager)}$$

- Knoten 4 (Verankerung gerader Stab)

$$l_b = d_s / 4 \cdot f_{yd} / f_{bd} = 25,8 \text{ cm}$$

$$l_{b,net} = 10,2 \text{ cm}$$

$$\geq 8,0 \text{ cm} = l_{b,min} \text{ (maßgebend)}$$

Verankerungslänge

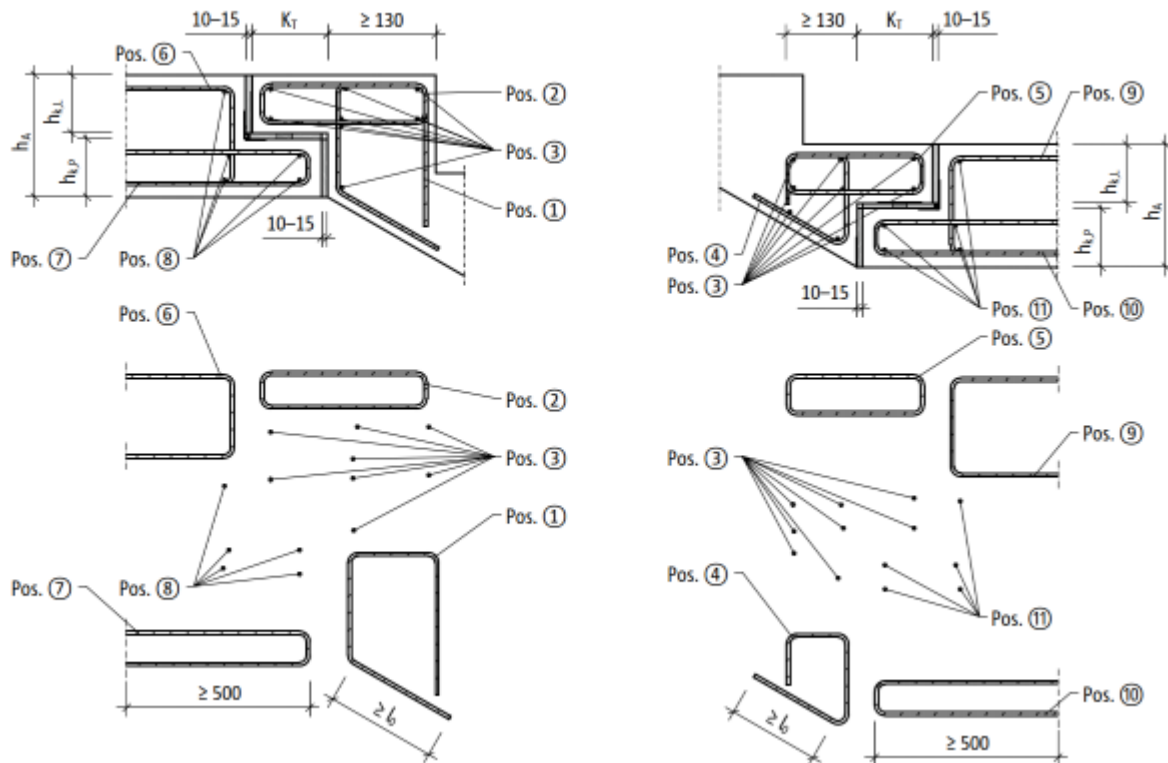
$$l_{b,net,4} = 10,2 \text{ cm}$$

(ab Knoten)

• Zugstrebe T₃ (Aufhängebew.)

$$\begin{aligned} \text{erf. } A_{s,3} &= T_3 / f_{yd} = 0,81 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \text{Schlaufen } \varnothing 8 / 15,0 &\leq 3,35 \text{ cm}^2/\text{m} = \text{vor. } A_{s,3} \end{aligned}$$

Die notwendige Bewehrung ist in folgender Skizze dargestellt:



- max. Auflagerkraft: 33,0 kN/m
- Hochh^angewehrung: $33/43,5 = 0,76 \text{ cm i/m}$

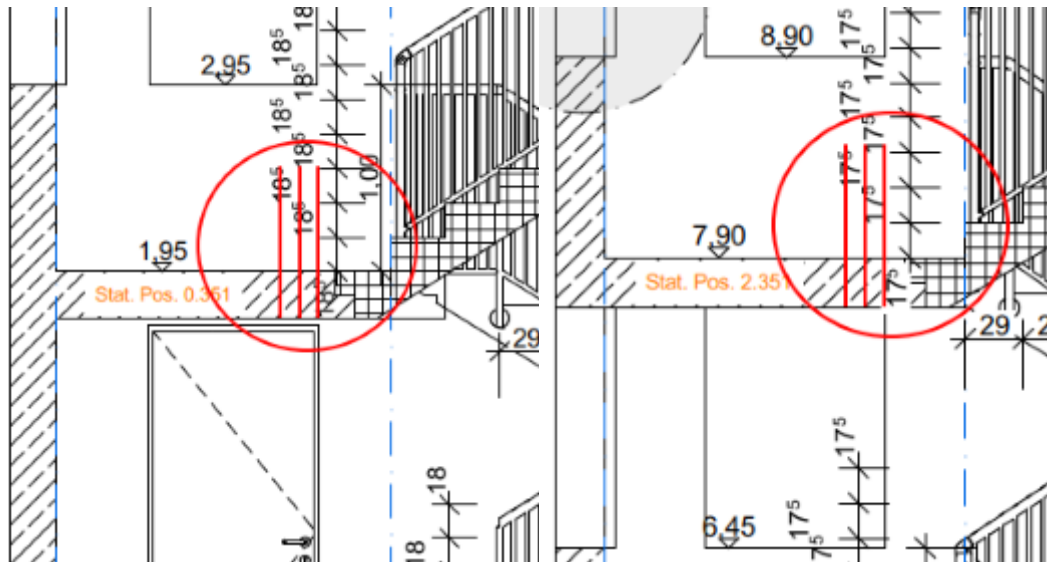
Pos. 1:	İ 8/150 mm	offener B _z gel
Pos. 2:	İ 8/100 mm	geschlossener B _z gel
Pos. 3:	2 x 8 İ 8	Stabstahl l ^a ngs der Auflagerfuge
Pos. 4:	İ 8/150 mm	offener B _z gel
Pos. 5:	İ 8/100 mm	geschlossener B _z gel
Pos. 6:	İ 8/150 mm	Steckb _z gel
Pos. 7:	İ 8/100 mm	Steckb _z gel
Pos. 8:	5 İ 8	Stabstahl l ^a ngs der Auflagerfuge
Pos. 9:	İ 8/150 mm	Steckb _z gel
Pos. 10:	İ 8/100 mm	Steckb _z gel
Pos. 11:	5 İ 8	Stabstahl l ^a ngs der Auflagerfuge

Pos. N4.2.4

Ausführungsdetail Auflagerbalken

Die ersten 30 cm der Podeste werden ab Vorderkante des Podestes als "Balken ausgebildet".

Im EG und 2. OG liegt der Auflagerbalken bei Position 0.351 und 2.351 teilweise direkt über der TÜR/dem Fenster.

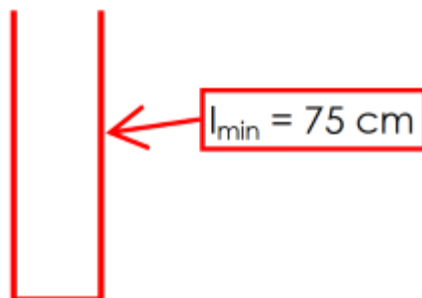


Aus diesem Grund ist die Last an den Stellen in der Wand hochzunehmen. Die erforderliche Hochhängebewehrung ergibt sich aus der maximalen Auflagerkraft aus Position 2.351:

$$F_{Ed} = 1,35 \times 22,39 + 1,50 \times 13,62 = 50,66 \text{ kN}$$

$$\text{erf. } A_s = 50,66 / 43,5 = 1,16 \text{ cm}^2$$

gewählt: 3 ÷ 12



Letzte Seite

Aufgestellt:
Münster, April 2026



Dipl.-Ing. Thiemo Audick
Geschäftsführer



i.A. M. Sc. Christine Joßbacher



ahw Ingenieure GmbH
Gildenstraße 2h
D-48157 Münster
Tel. +49 251 14134-0
Fax +49 251 14134-50
muenster@ahw-ing.com
www.ahw-ing.com

Tragwerksplanung
FEM / CAD
Bauphysik
Projektsteuerung