



**Teilbeleg zum 2. Hauptentwurf (PRO_2-HE_K+T)
Belegteil Tragwerksplanung
WiSe 2019/2020**

Gruppe Nr.: 10

	Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:	Entwurf von:
Bearbeiter 1	Hadamzick	Florentine	4706594	
Bearbeiter 2	Hänicke	Philipp	4704724	X



1. Analyse der Tragwerksreferenz

Siehe A1-Plan

2. Kurzbeschreibung der Entwurfsidee

Bei dem Entwurf handelt es sich um eine Blockrandbebauung, die an der Nordost- und Südwestecke jeweils einen viertelrunden Hochpunkt besitzt. Der Nordostturm bietet den Zugang zum Universitätsbereich und beherbergt die Hörsäle, sowie in den Obergeschossen Wohnung mit Blick über die ganze Stadt, wohingegen im Südwestturm der Eingang des Forum Rechts mit zugehörigem Auditorium und Moot Court untergebracht sind. In der Mitte des Gebäudes befindet sich i Erdgeschoss ein großzügiger Ausstellungsbereich, darüber ein teilbegrünter Innenhof.

3. Entwurfszeichnungen

Siehe A1-Plan

4. Tragsystem und Aussteifung

Das Tragsystem besteht aus vertikalen Wandscheiben aus Stahlbeton. Diese sind mit Stahlträgern horizontal verbunden in einem Achsraster von 5,40 m. Auf diesen wiederum liegen Stahlbeton-Fertigteileplatten auf, welche den Fußbodenaufbau tragen. Nach unten hin sind die Stahlträger mit stark feuerhemmenden Gipskartonplatten verkleidet.

Die Installationsebene befindet sich in der Stahlträger-Ebene, ergänzt wird diese in einigen Räumen, wie z.B. der Ausstellung, durch einen aufgeständerten Fußboden.

Ausgesteift ist das Gebäude durch die vollständig umlaufenden Wandscheiben, sowie ausreichend Wandscheiben im Gebäudeinneren.

5. Vordimensionierung der Haupttragglieder

Allgemeine Angaben & Lasten

$$a = 5,4 \text{ m}$$

$$\gamma_G = 1,35; \gamma_Q = 1,50$$

$$\text{Beton C25/30: } f_{c,k} = 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; f_{c,d} = f_{c,k} \cdot \frac{0,85}{1,5} = 14,167 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Baustahl S355: } f_y = 35,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Lasten Fußbodenaufbau, Estrich

Schicht	Stärke	Wichte / Lasten	\bar{g}_k	$g_k = \bar{g}_k \cdot a$
Linoleum	1 cm	0,13 kN/m ² je cm	0,13 kN/m ²	0,702 kN/m
Zementestrich	3 cm	0,22 kN/m ² je cm	0,66 kN/m ²	3,564 kN/m
Trittschalldämmung	5 cm	0,01 kN/m ² je cm	0,05 kN/m ²	0,270 kN/m
			$\bar{g}_k = 0,84 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$g_k = 4,536 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Lasten Fußbodenaufbau, aufgeständert

Schicht	Stärke	Wichte / Lasten	\bar{g}_k	$g_k = \bar{g}_k \cdot a$
Linoleum	1 cm	0,13 kN/m ² je cm	0,13 kN/m ²	0,702 kN/m
Leichbau-Platten	3 cm	0,09 kN/m ² je cm	0,27 kN/m ²	0,1,458 kN/m
Aufständering, Alu 10 cm (5 x 5 cm, 1x je m ²)		$\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$	0,01 kN/m ²	0,054 kN/m
			$\bar{g}_k = 0,41 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$g_k = 2,214 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Last Unterhangdecke

Schicht	Stärke	Wichte / Lasten	\bar{g}_k	$g_k = \bar{g}_k \cdot a$
GK-Platte	2 cm	0,09 kN/m ² je cm	0,18 kN/m ²	0,972 kN/m
			$\bar{g}_k = 0,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$g_k = 0,972 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Lasten Begehbare Dach über Ausstellung

Schicht	Stärke	Wichte / Lasten	\bar{g}_k	$G_k = \bar{g}_k \cdot a^2$
Terrassenplatten	3 cm	0,30 kN/m ² je cm	0,90 kN/m ²	26,244 kN
Abdichtung	2 Lagen	0,07 kN/m ² je cm	0,14 kN/m ²	4,0824 kN
Dämmung	15 cm	0,01 kN/m ² je cm	0,15 kN/m ²	4,374 kN
Dampfsperre	1 Lage	0,07 kN/m ² je cm	0,07 kN/m ²	2,0412 kN
			$\bar{g}_k = 1,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$G_k = 36,7416 \text{ kN}$

Pos. 1: Stahlbeton-Fertigteilplatte auf Stahlträger über EG

Durchlaufträger über 3 Felder (gleich groß)

Spannweite: $l = 5,40 \text{ m}$

→ ideale Spannweite: $l_{\max} = 0,85 \cdot l = 4,59 \text{ m}$

Schlankheit: für zul. Durchbiegung $\leq l/250$

l_i	λ_i
4 m	29
6 m	26

⇒ Interpolation: für $l_{\max} = 4,59 \text{ m} \rightarrow \lambda_i = 28,115$

$$k_c = \left(\frac{20 \text{ N/mm}^2}{f_{c,k}} \right)^{\frac{1}{6}} = 0,9635$$

$$n_1 = 1,0$$

$$d \geq k_c \cdot \frac{n_1 \cdot l_{\max}}{\lambda_i} = 0,157 \text{ m} \rightarrow \text{gewählt: } d = 17 \text{ cm}$$

$$h = d + d_1 = 20 \text{ cm (mit } d_1 = 3 \text{ cm für Platten)}$$

Nachweis

$$\lambda = \frac{l_{max}}{d} = \frac{5,40 \text{ m}}{0,17 \text{ m}} = 31,76$$

$K = 1,3$ (Endfeld Durchlaufträger)

$$\text{zul. } \lambda = K \cdot 35 = 45,50$$

$$\frac{\lambda}{\text{zul. } \lambda} = \frac{31,76}{45,50} = 0,698 < 1 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

Lasten

- Ständige Lasten:
 - Fußbodenaufbau, Estrich (s.o.): $\bar{g}_k = 0,84 \frac{kN}{m^2}$; $g_k = 0,84 \frac{kN}{m}$
 - 20 cm Stahlbetonplatte: $\gamma = 25 \frac{kN}{m^3} \rightarrow \bar{g}_k = 5 \frac{kN}{m^2} \rightarrow g_k = 5 \frac{kN}{m}$
 - $\bar{g}_k = 5,84 \frac{kN}{m^2}$
 - $g_k = 5,84 \frac{kN}{m}$
- Veränderliche Lasten
 - Nutzlast: $5,0 \text{ kN/m}^2$ (Kat. C3)
 - Trennwandzuschlag: $0,8 \text{ kN/m}^2$ (Wandlänge $\leq 3 \text{ kN/m}$)
 - $\bar{q}_k = 5,8 \frac{kN}{m^2}$
 - $q_k = 5,8 \frac{kN}{m}$
- Bemessungsmoment
 - $M_{Ed} = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot \frac{l_{max}^2}{8} = 43,67 \text{ kNm}$

Gebundene Bemessung

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} (N_{Ed} = 0)$$

$$\mu_{Ed,s} = \frac{M_{Ed,s}}{b \cdot d^2 \cdot f_{c,d}} = 0,1067 \approx 0,11 \text{ (mit } b = 1 \text{ m)}$$

$$\zeta = 0,1446$$

$$\sigma_{s1} = 452,4 \frac{N}{mm^2}$$

Stahlquerschnittsfläche

- Längsbewehrung
 - $erf. A_s \geq \frac{N_{Ed}}{\sigma_{s1}} + \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot \sigma_{s1}} \rightarrow N_{Ed} = 0$
 - $erf. A_s \geq 604,19 \text{ mm}^2 = 6,0419 \text{ cm}^2$
- ⇒ R524: $A_{SL} = 5,24 \text{ cm}^2$; $A_{SQ} = 2,01 \text{ cm}^2$
 - $A_s = A_{SL} + A_{SZ} \rightarrow A_{SZ} = A_s - A_{SL} = 0,80 \text{ cm}^2$
- ⇒ Zulagebewehrung: $\emptyset 6$ mit $S = 20 \text{ cm}$, $A_{SQ} = 1,41 \text{ cm}^2$
 - $A_s = A_{SL} + A_{SZ} = 6,65 \text{ cm}^2$
 - $\frac{erf. A_s}{A_s} = \frac{6,04 \text{ cm}^2}{6,65 \text{ cm}^2} = 0,91 < 1 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$
- Querbewehrung
 - $erf. A_{SQ} = 0,2 \cdot erf. A_s = 1,21 \text{ cm}^2$
 - $\frac{erf. A_{SQ}}{A_{SQ}} = \frac{1,21 \text{ cm}^2}{2,01 \text{ cm}^2} = 0,60 < 1 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$

Pos. 2: Stahlträger über EG in den Seitenflügeln

Stahlträger, Einfeldträger, beidseitig gelenkig gelagert

Spannweite: $l = 13,00 \text{ m}$

Lasten ohne Träger

- Ständige Lasten:
 - Fußbodenaufbau, Estrich (s.o.): $\bar{g}_k = 0,84 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$; $g_k = 4,536 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
 - 20 cm Stahlbetonplatte: $\gamma = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \rightarrow \bar{g}_k = 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \rightarrow g_k = 27 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
 - Unterhangdecke (s.o.): $\bar{g}_k = 0,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$; $g_k = 0,972 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
 - $\bar{g}_k = 6,02 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
 - $g_k = 32,508 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- Veränderliche Lasten
 - Nutzlast: $5,0 \text{ kN/m}^2$ (Kat. C3)
 - Trennwandzuschlag: $0,8 \text{ kN/m}^2$ (Wandlänge $\leq 3 \text{ kN/m}$)
 - $\bar{q}_k = 5,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
 - $q_k = 31,32 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- Bemessungslast und -moment
 - $e_k = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) = 90,8658 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
 - $M_{Ed} = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot \frac{l_{max}^2}{8} = 1.919,54 \text{ kNm}$

Vorbemessung via Spannung

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} \leq 1 \rightarrow \sigma_{Ed} \leq \sigma_{Rd}$$

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{W}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \text{ mit } \gamma_{M0} = 1,0$$

$$W \geq \frac{M_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = 5.406,51 \text{ cm}^3$$

⇒ Abzug für Verbundbauweise: 10%

$$W \geq 4.865,86 \text{ cm}^3$$

Gewählt: HEB 550

- $W_y = 4.970 \text{ cm}^3$
- $I_y = 136.700 \text{ cm}^4$
- $g_{k,St} = 1,99 \text{ kN/m}$

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{W} = 38,62 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$0,9 \cdot \frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{38,62 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{35,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,98 < 1 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Überhöhung des Trägers: $w_{\ddot{u}} = 10 \text{ cm}$

$$e_{k2} = e_k + \gamma_G \cdot g_{k,St} = 93,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{max} = \frac{l}{250} = 5,20 \text{ cm}$$

$$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{e_{k2} \cdot l^4}{E \cdot I_y} - w_{\ddot{u}} = 2,12 \text{ cm}$$

$$\frac{w}{w_{max}} = \frac{2,12 \text{ cm}}{5,20 \text{ cm}} = 0,41 > 1 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

Pos. 3 Stütze in der Tiefgarage und im Ausstellungsraum (EG)

Stützraster: 5,40 m x 5,40 m → Betrachtung Innenfeld

$$A = a^2 = 29,16 \text{ m}^2$$

Stützenhöhen: $h_{KG} = 3,91 \text{ m}$; $h_{EG} = 5,10 \text{ m}$

Lasten ohne Stütze

- Ständige Lasten:
 - Begehbare Dach über Ausstellung: $G_{k,Dach} = 36,7416 \frac{kN}{m}$
 - 20 cm Stahlbetonplatte: $\gamma = 25 \frac{kN}{m^3} \rightarrow \bar{g}_k = 5 \frac{kN}{m^2} \rightarrow G_{k,D} = \bar{g}_k \cdot a^2 = 145,80 \frac{kN}{m}$
 - Unterhangdecke (s.o.): $\bar{g}_k = 0,18 \frac{kN}{m^2}$; $G_{k,GK} = \bar{g}_k \cdot a^2 = 5,2488 \frac{kN}{m}$
 - Fußbodenaufbau, Estrich (s.o.): $\bar{g}_k = 0,84 \frac{kN}{m^2}$; $G_{k,FB} = \bar{g}_k \cdot a^2 = 24,4944 \frac{kN}{m}$
 - Stahlträger HEM 600: $g_k = 2,855 \frac{kN}{m} \rightarrow G_{k,HEM} = g_k \cdot a = 15,417 \frac{kN}{m}$
 - Last Stütze EG: $G_{k,EG} = G_{k,Dach} + G_{k,D} + G_{k,HEM} + G_{k,GK} = 203,2074 \text{ kN}$
 - Last Stütze KG: $G_{k,KG} = G_{k,EG} + G_{k,FB} + G_{k,D} + G_{k,HEM} + G_{k,GK} = 394,1676 \text{ kN}$
- Veränderliche Lasten
 - Nutzlast EG: $5,0 \text{ kN/m}^2$ (Kat. C3)
 - Nutzlast Dach: $4,0 \text{ kN/m}^2$ (Kat. Z)
 - Trennwandzuschlag: $0,8 \text{ kN/m}^2$ (Wandlänge $\leq 3 \text{ kN/m}$)
 - Schneelast:
 - Lage: Leipzig, 115 m ü. NN ($A = 115$)
 - $s_k = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,85 \\ 0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{A+140}{760} \right)^2 \end{array} \right\} = 0,85 \frac{kN}{m^2}$
 - $\mu_i = 0,8$
 - $s_i = \mu_i \cdot s_k = 0,68 \frac{kN}{m^2}$
 - Windlast:
 - Flachdach, nur Bereich I (Winddruck): $c_{pe,1} = 0,2$; $c_{pe,10} = -0,2$
 - $c_{pe} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \lg A = 0,7859$
 - $q_p = 0,65 \frac{kN}{m^2}$ ($h = 5,10 \text{ m}$, Zone 2, Binnenland)
 - $w_k = c_{pe} \cdot q_p = 0,5108 \frac{kN}{m^2}$
 - $\bar{q}_{k,EG} = 5,8 \frac{kN}{m^2}$
 - $\bar{q}_{k,Dach} = 4,8 \frac{kN}{m^2}$
 - Last Stütze über EG: $Q_{k,EG} = (\bar{q}_{k,Dach} + s_i + w_k) \cdot a^2 = 174,693 \text{ kN}$
 - Last Stütze über KG: $Q_{k,EG} = (\bar{q}_{k,Dach} + s_i + w_k + \bar{q}_{k,EG}) \cdot a^2 = 343,821 \text{ kN}$
- Bemessungslasten
 - $N_{k,EG} = (\gamma_G \cdot G_{k,EG} + \gamma_Q \cdot Q_{k,EG}) = 536,3695 \text{ kN}$
 - $N_{k,KG} = (\gamma_G \cdot G_{k,KG} + \gamma_Q \cdot Q_{k,KG}) = 1.047,8678 \text{ kN}$

Knicklängen

- Eulerfall 2: $\beta = 1,0$
- EG: $l_{cr,EG} = h_{EG} \cdot \beta = 5,10 \text{ m}$
- KG: $l_{cr,KG} = h_{KG} \cdot \beta = 3,91 \text{ m}$



Vordimensionierung

- EG: Stahlstütze, Kreisprofil: 219 x 12
 - $l_{cr,EG} = 6,00 \text{ m}$
 - $N_{Rd,EG} = 920 \text{ kN}$
 - Eigenlast Stütze:
 - $g_{k,St,EG} = 0,613 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
 - $G_{k,St,EG} = g_{k,St,EG} \cdot l_{cr,EG} = 3,1263 \text{ kN}$
 - $N_{Ed,EG} = N_{k,EG} + \gamma_G \cdot G_{k,St,EG} = 541,059 \text{ kN}$
 - Nachweis: $\frac{N_{Ed,EG}}{N_{Rd,EG}} = \frac{536,37 \text{ kN}}{920 \text{ kN}} = 0,588 < 1 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$
- KG: Stahlstütze, Kreisprofil: 219 x 12
 - $l_{cr,KG} = 4,00 \text{ m}$
 - $N_{Rd,EG} = 1.244 \text{ kN}$
 - Eigenlast Stütze:
 - $g_{k,St,EG} = 0,613 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
 - $G_{k,St,EG} = g_{k,St,EG} \cdot l_{cr,EG} = 2,3968 \text{ kN}$
 - $N_{Ed,EG} = N_{k,EG} + \gamma_G \cdot (G_{k,St,EG} + G_{k,St,KG}) = 1.056,152 \text{ kN}$
 - Nachweis: $\frac{N_{Ed,EG}}{N_{Rd,EG}} = \frac{1056,152 \text{ kN}}{1.244 \text{ kN}} = 0,849 < 1 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$