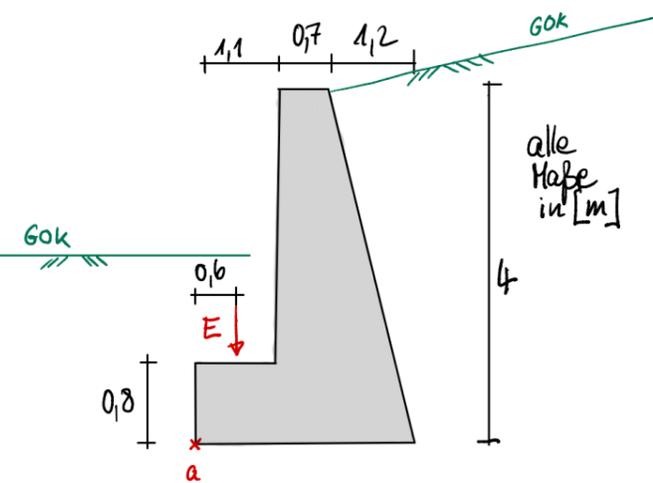


**Aufgabe 3 (11 p)**

Für die dargestellten Schwergewichtsmauer soll die Lage der resultierenden Vertikalkraft bestimmt werden.

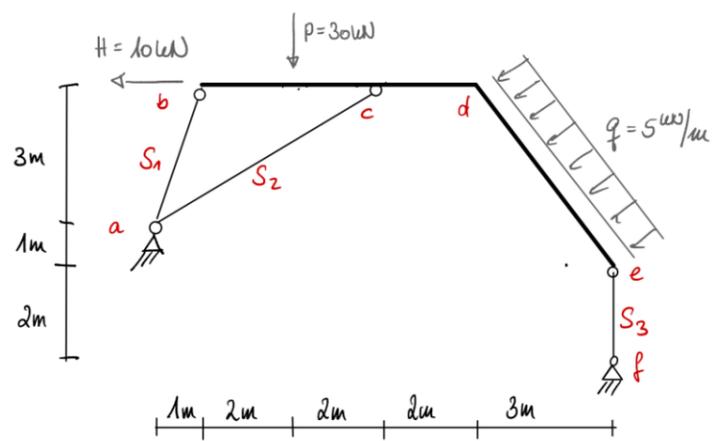


Die Schwergewichtsmauer wird zusätzlich durch Erddruck E auf der linken Seite belastet.  
E = 100 kN pro m

- Berechnen Sie zunächst die Lage des Schwerpunktes der Mauer. Es ist anzunehmen, dass sich das Gewicht in der grau hinterlegten Fläche gleichmäßig verteilt.
- Berechnen Sie für eine Wichte von 25 kN/m<sup>3</sup> die Gewichtskraft für einen 1m breiten Streifen der Schwergewichtsmauer
- Berechnen Sie anschließend die Lage der resultierenden Kraft aus Schwergewichtsmauer und Erddruck bezogen auf den Punkt a.

**Aufgabe 4 (19 p)**

Der dargestellte geknickte Stab wird an drei Stäben befestigt. Schneiden Sie den Stab b-c-d-e frei und stellen Sie die Stabkräfte mit der angenommenen Wirkungsrichtung dar. Berechnen Sie die Stabkräfte



 <p><b>Mechanik und Tragkonstruktion</b> Modulprüfung WiSe23/24 04.03.24, 8:30-10:30 Uhr</p>	Nachname:	
	Vorname:	
	Mat.-Nr.:	
	Unterschrift:	
		<p><b>ERGEBNIS:</b> _____ / 100 Punkten</p> <p><b>NOTE:</b></p>

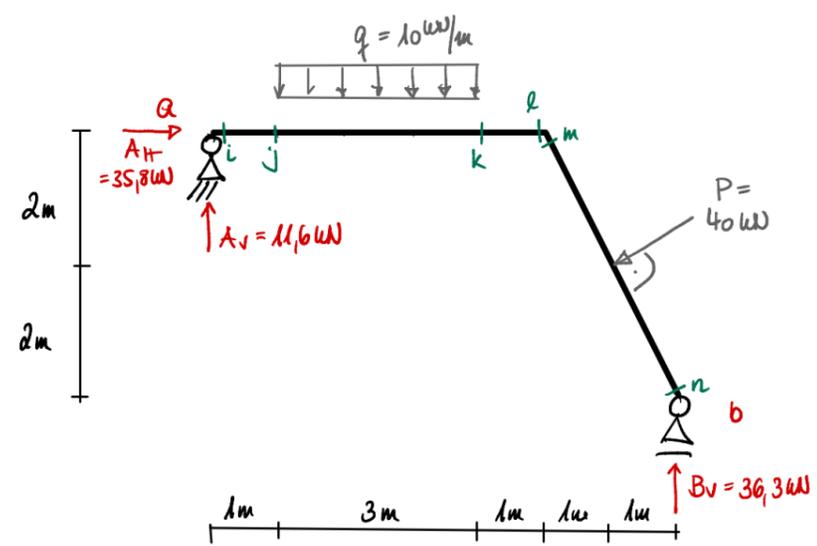
Durch meine obige Unterschrift bestätige ich, dass ich mich gesundheitlich in der Lage fühle, die nachfolgende Prüfung zu bearbeiten.

Ich ermächtige den Prüfer, die Noten durch die Matrikelnummer anonymisiert vor der offiziellen Bekanntmachung durch das Prüfungsamt bekanntzugeben.

**Hinweise:**

- Zu Beginn: auf dem Aufgabenblatt Ihren Namen und Matrikelnummer eintragen und selbiges unterschreiben.
- Versehen Sie jedes beschriebene Blatt mit Name und Matrikelnummer.
- Sämtliche Blätter sind ausschließlich einseitig zu beschreiben.
- Benutzen Sie AUSSCHLIEßLICH das ausgeteilte Papier. Versehen Sie jedes beschriebene Blatt mit Name und Matrikelnummer
- Schreiben Sie mit Tinte oder Kugelschreiber - NICHT mit Bleistift. Bleistift darf bei Zeichnungen verwendet werden.
- Zugelassene Hilfsmittel:
  - Formelsammlung inklusive 2 selbst beschriebene Blätter (wird kontrolliert!)
  - Vorlesungsunterlagen
  - Taschenrechner
- Bitte legen Sie am Ende der Klausur Ihre beschriebenen Blätter in die Aufgabenstellung.
- Am Ende der Klausur werden Ihre Arbeiten in derselben Reihenfolge eingesammelt, wie die Aufgabenblätter ausgeteilt wurden. Wenn Sie die Abgabe verzögern, führt dies zu einem Punktabzug von 2 Punkten. Bitte respektieren Sie also die Zeit und die Ansage des Klausurendes.

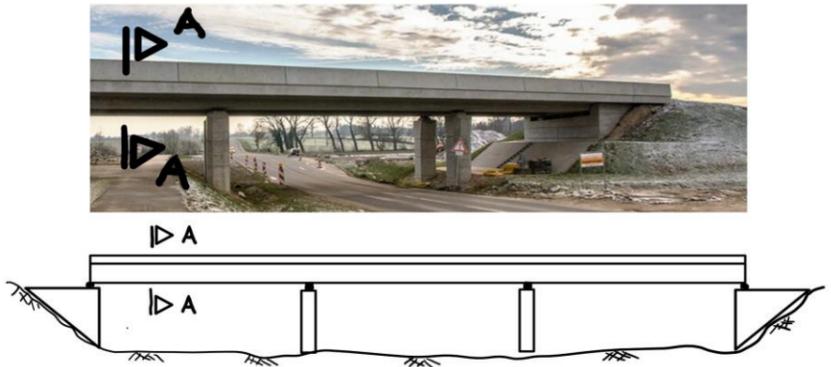
**Aufgabe 1 (40 p)**



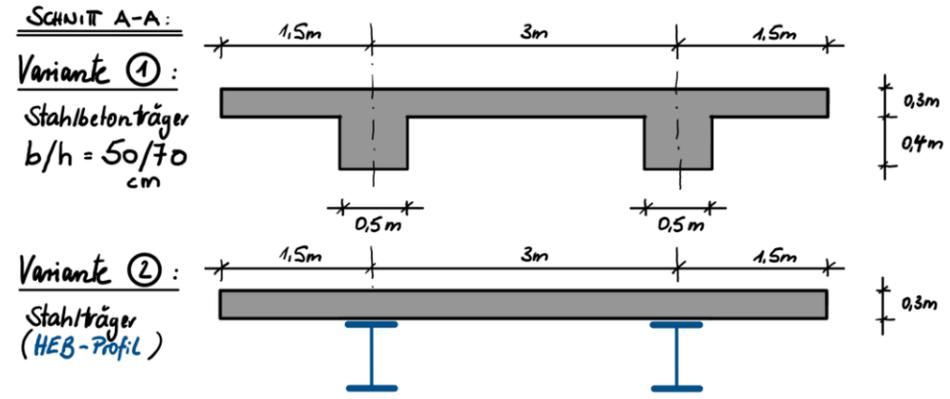
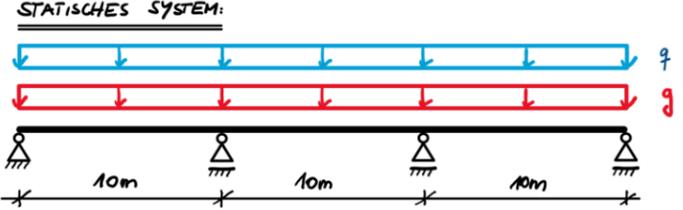
Folgendes ist für das dargestellte System sind die Schnittkräfte zu bestimmen. Die Auflagerkräfte sind gegeben:

- Bestimmen Sie die Schnittkräfte an den Stellen i, j, k, l, m und n. Stellen Sie hierzu jeweils in einer Skizze den betrachteten Teilschnitt dar.
- Stellen Sie die Schnittkraftlinien N, V und M dar. Berechnen Sie das maximale Moment und dessen Lage.

**Aufgabe 2 (30 p)**



Obige Brücke wird als 3-Feld-Träger mit folgenden Abmessungen geplant:

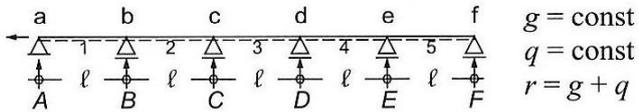


- Bestimmen sie die Linienlasten auf einen der Träger infolge:
  - der Betonplatte ( $h = 30 \text{ cm}$ , Wichte Beton =  $25 \text{ kN/m}^3$ ),
  - der Verkehrslast auf der Brücke von  $10 \text{ kN/m}^2$ .
- Bestimmen sie aus (a) die Bemessungs-Linienlasten  $g_d$  und  $q_d$  unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_g$  und  $\gamma_q$ . (das Eigengewicht der Träger ist zu vernachlässigen!)
- Bestimmen Sie mit der Anlage 1 das maximal auftretende Biegemoment des Trägers für die Belastungen aus (b). Berücksichtigen Sie dabei das Verhältnis  $q : r$  ihrer Bemessungs-Verkehrslast  $q_d$  zur Gesamtlast  $r = g_d + q_d$
- Variante 1 (Stahlbetonträger  $b/h = 50/70 \text{ cm}$ , es ist keine Optimierung der Abmessungen durchzuführen!) Ermitteln Sie für das Bemessungsmoment aus (c):
  - die erforderliche Biegebewehrung (Betondeckung  $c_{\text{nom}} = 4 \text{ cm}$ )
  - die Beton- und Stahldehnung für eine Betondruckspannung  $\sigma = f_{ck} = 4 \text{ kN/cm}^2$  (Beton C40/50)
  - fertigen Sie eine Bewehrungsskizze an.
- Variante 2 (Stahlträger) Ermitteln Sie für das Bemessungsmoment aus (c) das erforderliche HEB-Profil nach Anlage 2 für eine zulässige Stahlspannung  $\sigma = f_{y,d} = 32,3 \text{ kN/cm}^2$  (Stahlgüte S355).

Anlage 1

1.4.2 Durchlaufträger mit gleichen Stützweiten und Gleichstreckenlast ( $EI = \text{const}$ )<sup>1)</sup>

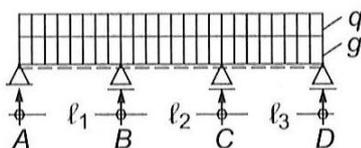
Größtwerte der Biegemomente, Auflager- und Querkräfte



**Momente = Tafelwert  $\cdot r l^2$**   
**Kräfte = Tafelwert  $\cdot r l$**

Felder	Kraftgrößen	$q : r$										
		0,0 nur g	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2	$M_1$	0,070	0,073	0,075	0,078	0,080	0,083	0,085	0,088	0,090	0,093	0,096
	$M_b$	-0,125	-0,125	-0,125	-0,125	-0,125	-0,125	-0,125	-0,125	-0,125	-0,125	-0,125
	A	0,375	0,382	0,388	0,394	0,400	0,407	0,413	0,418	0,426	0,431	0,437
	B	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
	$V_{bl}$	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625
3	$M_1$	0,080	0,082	0,084	0,086	0,088	0,090	0,092	0,095	0,097	0,099	0,101
	$M_2$	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075
	$M_b$	-0,100	-0,102	-0,103	-0,105	-0,107	-0,108	-0,110	-0,112	-0,113	-0,115	-0,117
	A	0,400	0,405	0,410	0,415	0,420	0,426	0,429	0,435	0,441	0,444	0,450
	B	1,099	1,110	1,117	1,132	1,141	1,151	1,159	1,172	1,181	1,188	1,202
	$V_{bl}$	-0,599	-0,602	-0,602	-0,606	-0,606	-0,610	-0,610	-0,613	-0,613	-0,613	-0,617
	$V_{br}$	0,500	0,508	0,515	0,526	0,535	0,541	0,549	0,559	0,568	0,575	0,585
4	$M_1$	0,077	0,079	0,081	0,084	0,086	0,088	0,090	0,093	0,095	0,097	0,100
	$M_2$	0,036	0,041	0,045	0,050	0,054	0,058	0,063	0,067	0,072	0,076	0,081
	$M_b$	-0,107	-0,108	-0,110	-0,111	-0,113	-0,114	-0,115	-0,117	-0,118	-0,119	-0,121
	$M_c$	-0,071	-0,075	-0,079	-0,082	-0,086	-0,089	-0,093	-0,096	-0,100	-0,104	-0,107
	A	0,392	0,398	0,403	0,408	0,415	0,420	0,426	0,431	0,435	0,441	0,446
	B	1,141	1,153	1,159	1,166	1,175	1,181	1,188	1,198	1,205	1,216	1,223
	C	0,930	0,948	0,970	0,996	1,016	1,036	1,058	1,082	1,098	1,124	1,142
	$V_{bl}$	-0,606	-0,610	-0,610	-0,613	-0,613	-0,613	-0,613	-0,617	-0,617	-0,621	-0,621
	$V_{br}$	0,535	0,544	0,549	0,556	0,562	0,568	0,575	0,581	0,588	0,595	0,602
	$V_{cl}$	-0,465	-0,474	-0,485	-0,498	-0,508	-0,518	-0,529	-0,541	-0,549	-0,562	-0,571
5	$M_1$	0,078	0,080	0,082	0,084	0,086	0,089	0,091	0,093	0,095	0,098	0,100
	$M_2$	0,033	0,038	0,042	0,047	0,052	0,056	0,061	0,065	0,070	0,075	0,079
	$M_3$	0,046	0,050	0,054	0,058	0,062	0,066	0,070	0,074	0,078	0,082	0,086
	$M_b$	-0,105	-0,107	-0,108	-0,110	-0,111	-0,112	-0,114	-0,115	-0,117	-0,118	-0,120
	$M_c$	-0,079	-0,082	-0,085	-0,089	-0,092	-0,095	-0,098	-0,102	-0,105	-0,108	-0,111
	A	0,395	0,400	0,405	0,410	0,415	0,422	0,426	0,431	0,437	0,442	0,447
	B	1,132	1,141	1,151	1,156	1,166	1,175	1,181	1,191	1,202	1,209	1,220
	C	0,974	0,993	1,013	1,031	1,053	1,072	1,091	1,111	1,127	1,146	1,170
	$V_{bl}$	-0,606	-0,606	-0,610	-0,610	-0,610	-0,613	-0,613	-0,613	-0,617	-0,617	-0,621
	$V_{br}$	0,526	0,535	0,541	0,546	0,556	0,562	0,568	0,578	0,585	0,592	0,599
	$V_{cl}$	-0,474	-0,483	-0,495	-0,505	-0,515	-0,526	-0,535	-0,546	-0,556	-0,565	-0,578
$V_{cr}$	0,500	0,510	0,518	0,526	0,538	0,546	0,556	0,565	0,571	0,581	0,592	

Beispiel



$l_1 = l_2 = l_3 = 5,0 \text{ m};$

$g = 6,0 \text{ kN/m}; \quad q = 1,5 \text{ kN/m}$

$r = 7,5 \text{ kN/m}; \quad q/r = 0,2$

$\max M_1 = \max M_3 = 0,084 \cdot 7,5 \cdot 5,0^2 = 15,8 \text{ kNm}$

$\max M_2 = 0,035 \cdot 7,5 \cdot 5,0^2 = 6,6 \text{ kNm}$

$\min M_b = \min M_c = -0,103 \cdot 7,5 \cdot 5,0^2 = -19,3 \text{ kNm}$

$\max A = \max D = 0,410 \cdot 7,5 \cdot 5,0 = 15,4 \text{ kN}$

$\max B = \max C = 1,117 \cdot 7,5 \cdot 5,0 = 41,9 \text{ kN}$

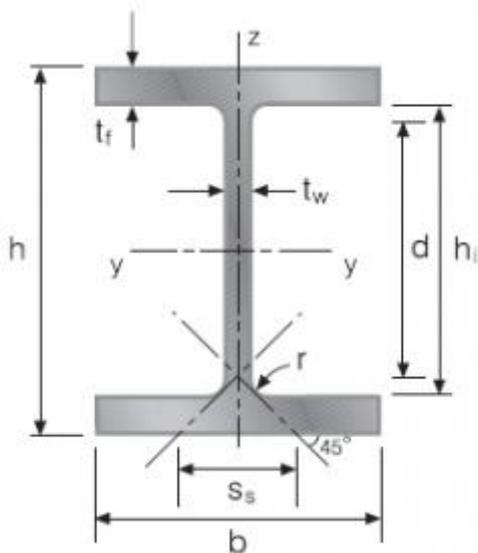
$\min V_{bl} = -\max V_{cr} = -0,602 \cdot 7,5 \cdot 5,0 = -22,6 \text{ kN}$

$\max V_{br} = -\min V_{cl} = 0,515 \cdot 7,5 \cdot 5,0 = 19,3 \text{ kN}$

Anlage 2

**Profilreihen IPE, HEA, HEB, HEM nach DIN EN 10 365, Tab. 1 und 2 (Fortsetzung)**

Profilreihe		HEB								
Nennhöhe		340	360	400	450	500	550	600	650	700
$h$	mm	340	360	400	450	500	550	600	650	700
$b$	mm	300	300	300	300	300	300	300	300	300
$t_w$	mm	12	12,5	13,5	14	14,5	15	15,5	16	17
$t_f$	mm	21,5	22,5	24	26	28	29	30	31	32
$r$	mm	27	27	27	27	27	27	27	27	27
$d$	mm	243	261	298	344	390	438	486	534	582
$A$	cm <sup>2</sup>	170,9	180,6	197,8	218	238,6	254,1	270	286,3	306,4
$A_{vy}$	cm <sup>2</sup>	129,0	135,0	144,0	156,0	168,0	174,0	180,0	186,0	192,0
$A_{vz}$	cm <sup>2</sup>	56,2	61	70,2	79,7	90,2	100	110,9	121,7	136,7
$A_w$	cm <sup>2</sup>	35,6	39,4	47,5	55,7	64,4	73,8	83,7	94,1	108
$g$	kN/m	1,342	1,418	1,553	1,711	1,873	1,994	2,119	2,248	2,405
$U$	m <sup>2</sup> /m	1,81	1,849	1,927	2,026	2,125	2,224	2,323	2,422	2,52
$a$	-	0,246	0,254	0,273	0,284	0,297	0,315	0,333	0,350	0,373
$d/t_w$	-	20,3	20,9	22,1	24,6	26,9	29,2	31,4	33,4	34,2
$c/t_f$	-	5,4	5,2	4,8	4,5	4,1	4	3,8	3,7	3,6
$I_y$	cm <sup>4</sup>	36660	43190	57680	79890	107200	136700	171000	210600	256900
$W_{el,y}$	cm <sup>3</sup>	2160	2400	2880	3550	4290	4970	5700	6480	7340
$W_{pl,y}$	cm <sup>3</sup>	2408	2683	3232	3982	4815	5591	6425	7320	8327
$k_{My}$	-	0,2376	0,2419	0,2535	0,2608	0,2677	0,2799	0,2916	0,303	0,3188
$a_{vy}$	-	0,754	0,746	0,727	0,716	0,703	0,685	0,667	0,650	0,627
$i_y$	cm	14,6	15,5	17,1	19,1	21,2	23,2	25,2	27,1	29



# Punktverteilung

Stabkräfte Wirkungsrichtung (1)

Resultierende (2)

Komponenten + Winkel  $2 \times (2) = (4)$

Momentengleichgewicht.

(3) + (1) für  $S_3$

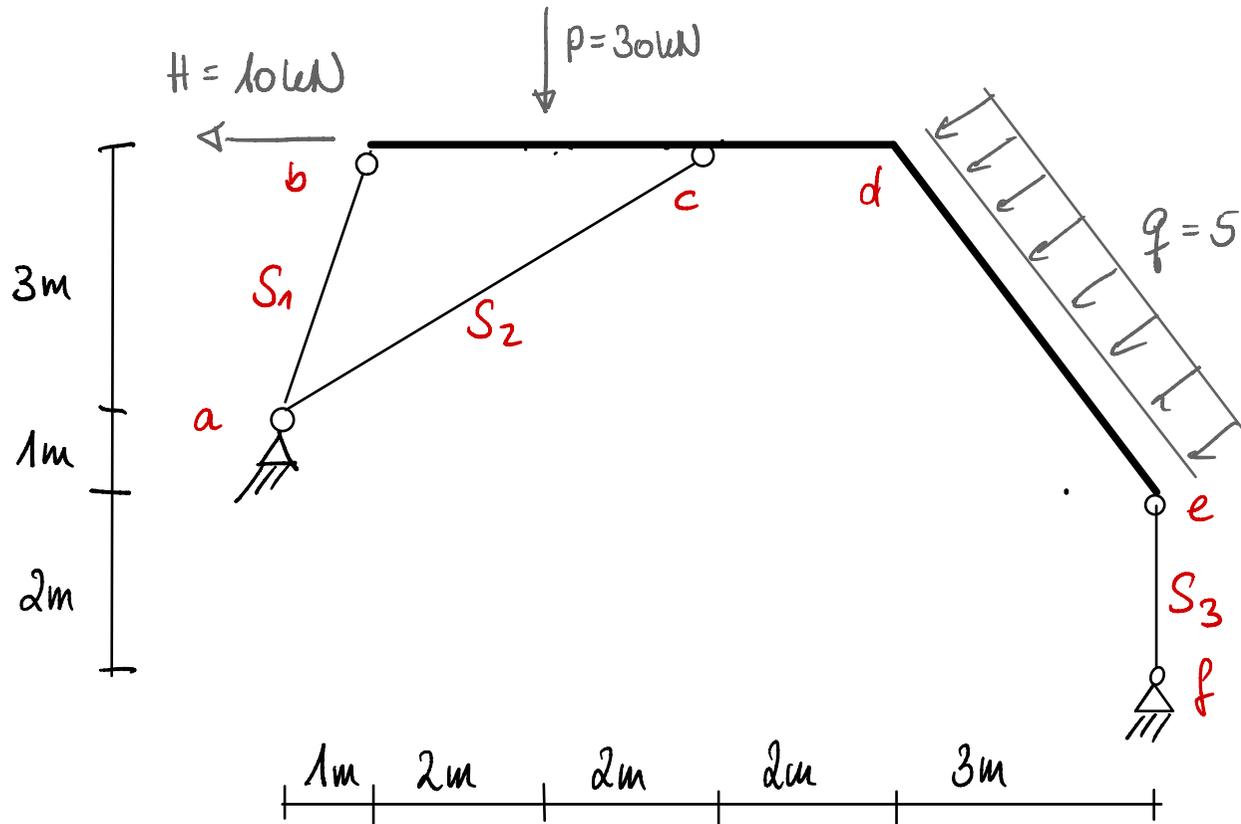
Momentengleichgewicht  $\rightarrow$  (3) + (1) oder  $\Sigma H$  oder  $\Sigma V$

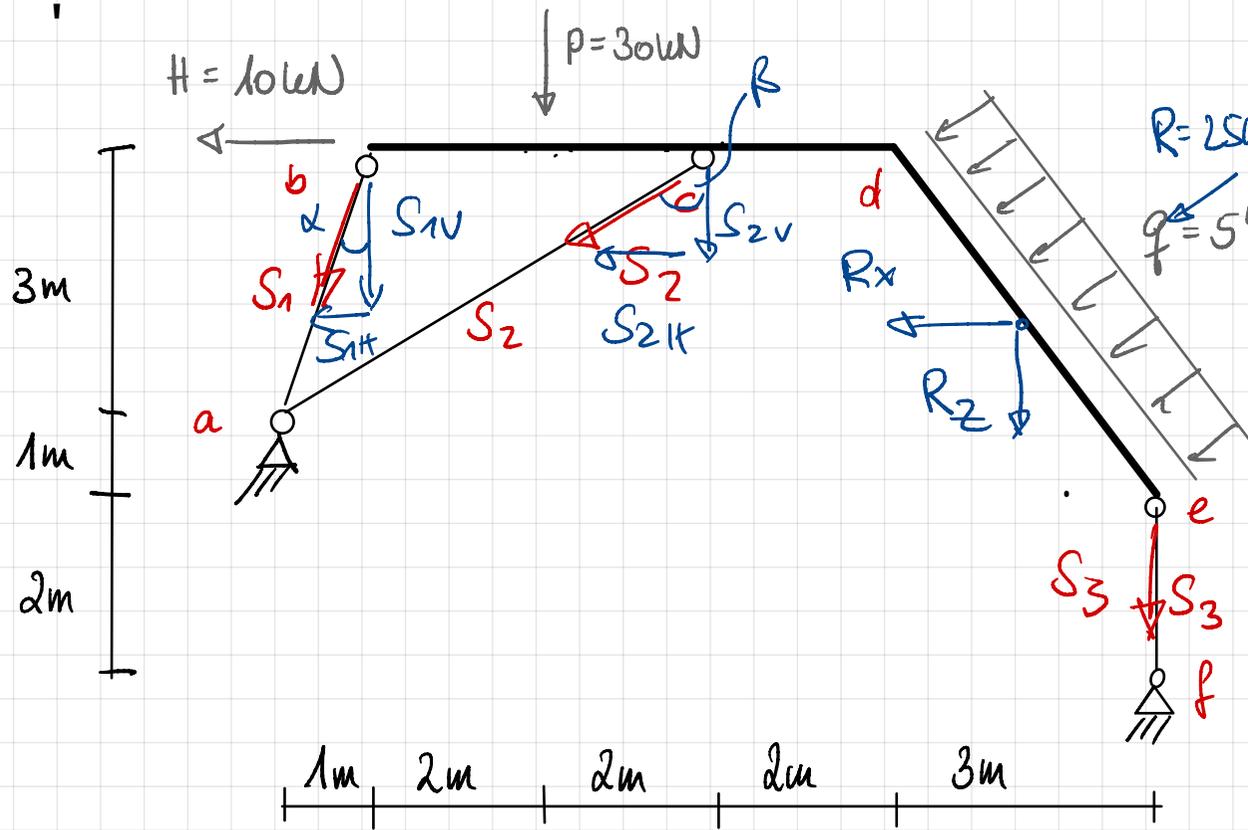
(2) + (2)

$S_1 \rightarrow (2)$

$S_2 \rightarrow (2)$

$\Sigma 19 P$





$$\alpha = \arctan\left(\frac{1}{3}\right)$$

$$R_x = 20 \text{ kN}$$

$$R = 25 \text{ kN}$$

$$q = 5 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 18,34^\circ$$

$$R_z = 15 \text{ kN}$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{5}{3}\right)$$

$$\beta = 59,0^\circ$$

$$\sum M_a \curvearrowright = 0$$

$$10 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m} - 30 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m}$$

$$+ 20 \text{ kN} \cdot 1 \text{ m} - 15 \text{ kN} \cdot 8,5 \text{ m}$$

$$- S_3 \cdot 10 \text{ m} = 0$$

$$S_3 = -16,75 \text{ kN}$$

$$\sum M_b \curvearrowright = 0 : -30 \cdot 2 \text{ m} - S_{2v} \cdot 4 \text{ m} - 20 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} - 15 \text{ kN} \cdot 7,5 \text{ m} - (-16,75) \cdot 9 \text{ m} = 0$$

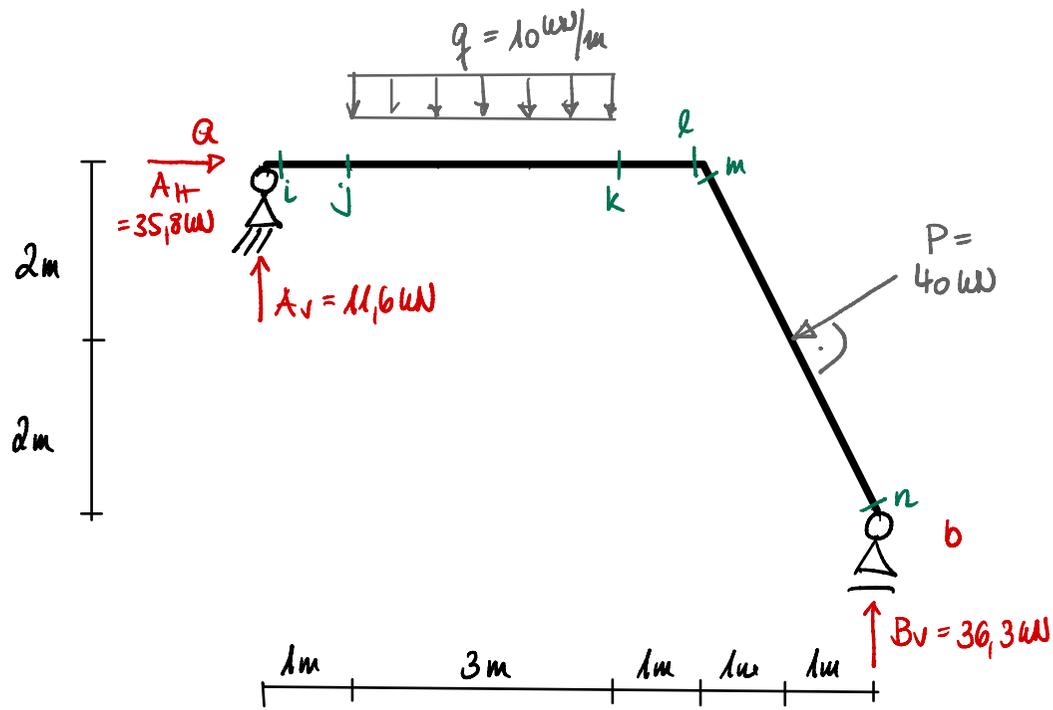
$$S_{2v} = -15,43 \text{ kN}$$

$$S_2 = S_{2v} / \cos 59^\circ = -29,97 \text{ kN}$$

$$\sum F_{z \downarrow} = 0 : S_{1v} + 30 \text{ kN} + S_{2v} + 15 \text{ kN} + S_3 = 0$$

$$S_{1v} = -12,82 \text{ kN}$$

$$S_1 = S_{1v} / \cos 18,34^\circ = -13,50 \text{ kN}$$



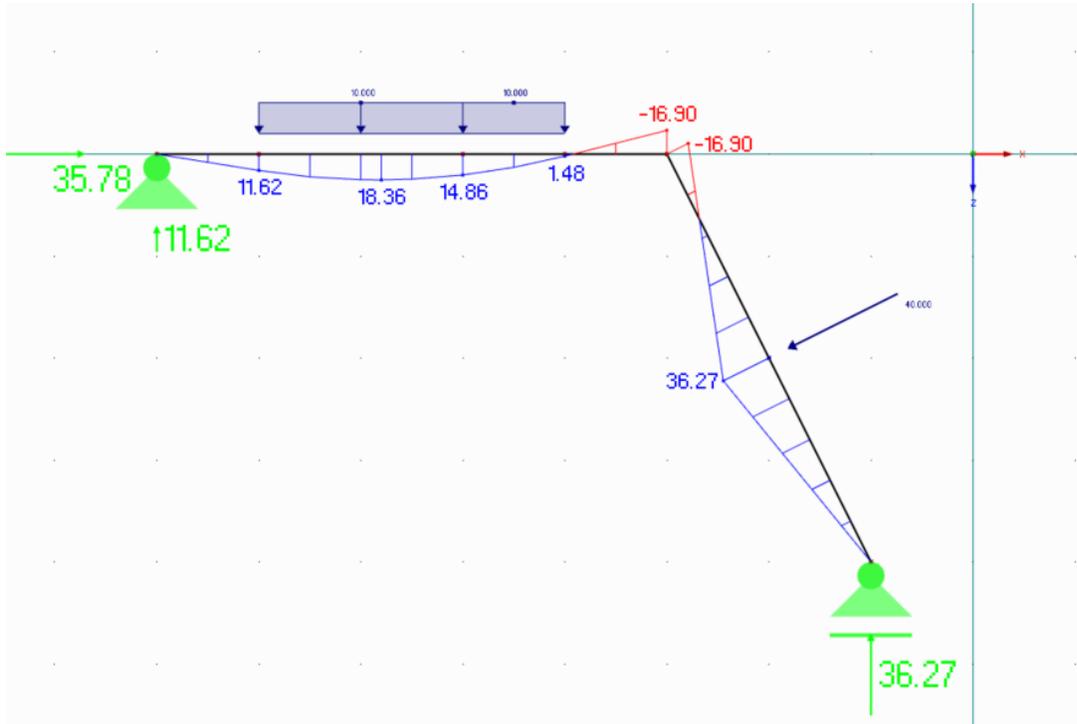
Punkteverteilung  
 Resultierende + Lage (1)  
 Komponenten P (2)

Schnitt i	-0,1	1	0,5	2,5
j :	0,5	0,5	1	2
k :	0,5	2	2	4,5
l :	0,5	0,5	1	2
m :	3	3	0,5	6,5
n :	1	2	0,5	3,5
				<hr/> 21,0

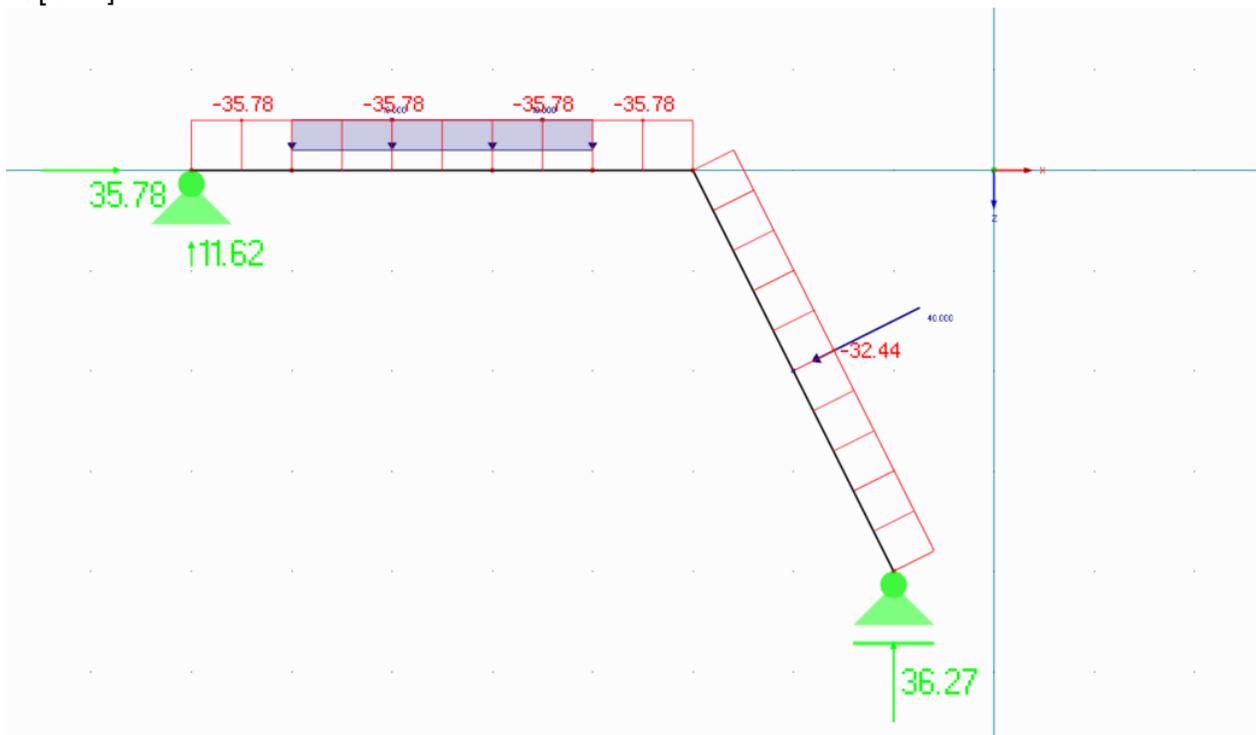
Darstellung

- (10) (2)
  - (V) 1 + 2 + 1 + 1 + 1 = (5)
  - (H) 1 + 2 + 1 + 1 + 1 = (5)
  - M<sub>max</sub> } (5)
  - x<sub>0</sub> } (5)
- / (17)

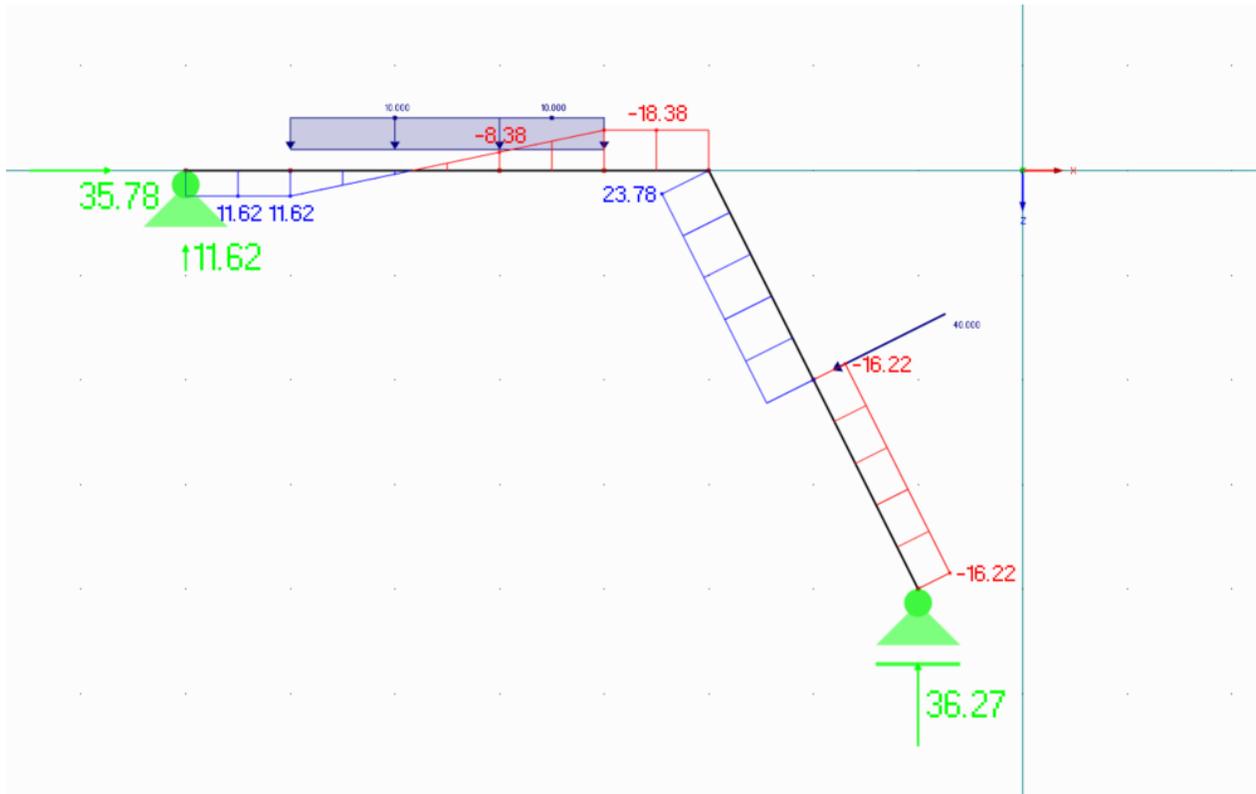
Gesamt : 41 Punkte



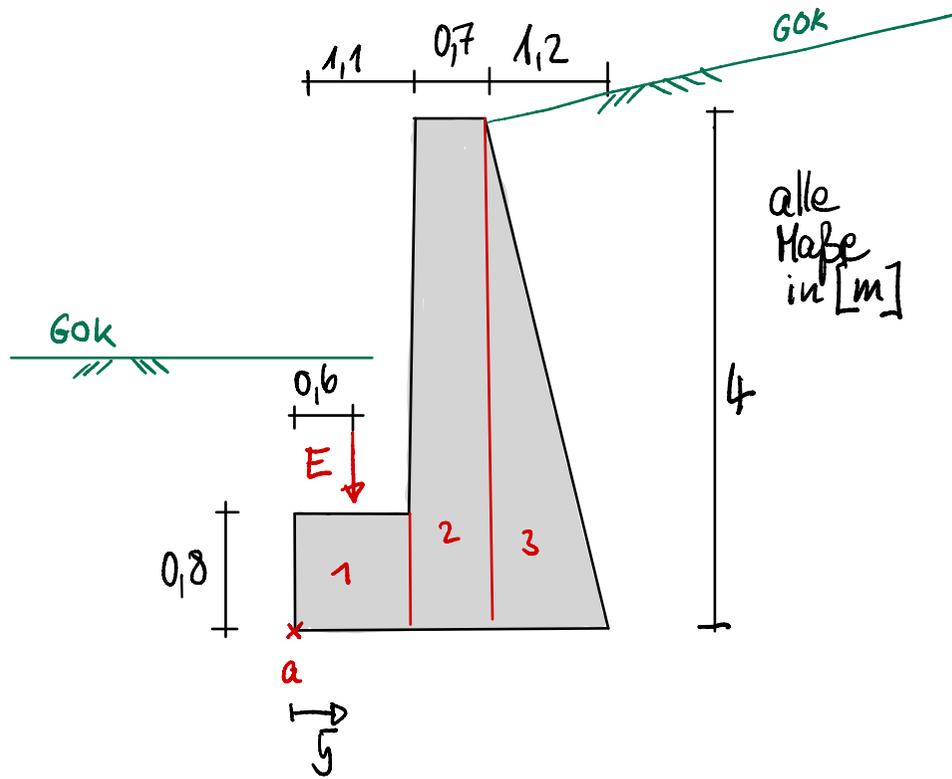
M [kNm]



N [kN]



V [kN]



a) Lage Schwerpunkt

$$\bar{y}_S = \frac{0,8 \cdot 1,1 \cdot (1,1/2) + 0,7 \cdot 4 \cdot (1,1 + 0,35) + 1,2 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot (1,8 + 0,4)}{0,8 \cdot 1,1 + 0,7 \cdot 4 + 1,2 \cdot 4 \cdot 0,5} \quad (4)$$

$$= \frac{9,824 \text{ m}^3}{6,08 \text{ m}^2} = 1,615 \text{ m} \quad (1)$$

b)  $A = 6,08 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m} \rightarrow V = 6,08 \text{ m}^3$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3 \quad (2)$$

$$G = 152 \text{ kN}$$

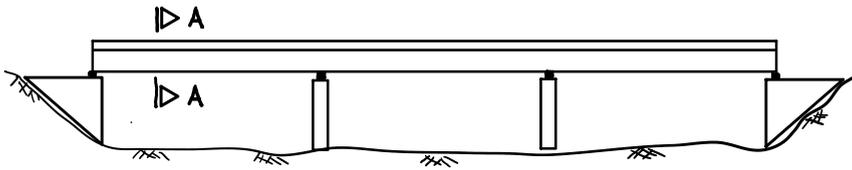
c)  $M_a = 0,6 \cdot E + 1,615 \cdot G$

$$= 305,5 \text{ kNm} \quad (2)$$

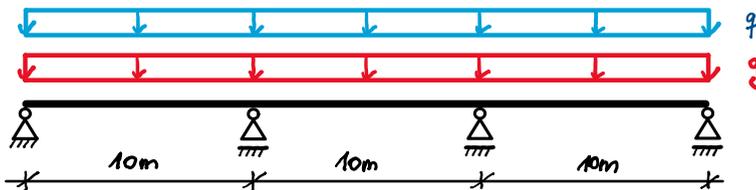
$$\bar{y}_R = \frac{305,5}{(252 \text{ kN})} = 1,21 \text{ m} \quad (2)$$

# Klausuraufgabe Bemessung

Donnerstag, 29. Februar 2024 15:15



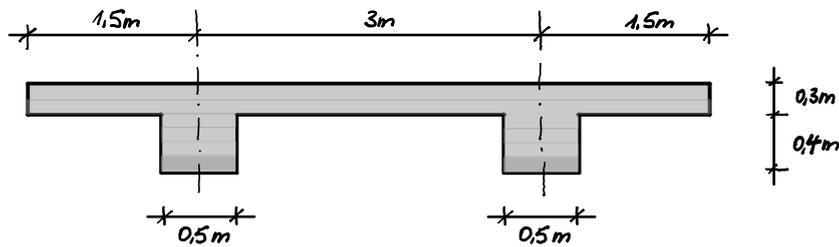
STATISCHES SYSTEM:



SCHNITT A-A:

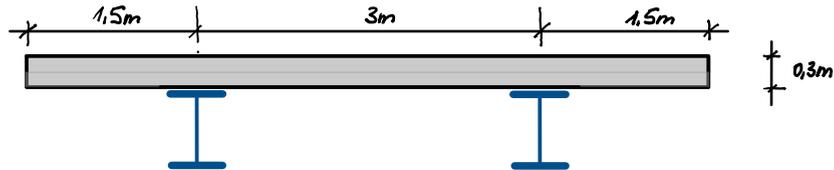
Variante ①:

Stahlbetonträger  
b/h = 50/70  
cm



Variante ②:

Stahlträger  
(HEB-Profil)



$$\begin{aligned}
 \text{a) } q_d &= 1,35 \cdot 3\text{m} \cdot 0,3\text{m} \cdot 25 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} = 30,375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \\
 \text{b) } q_d &= 1,50 \cdot 3\text{m} \cdot 10 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 45 \frac{\text{KN}}{\text{m}}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{a) } q_d \\ \text{b) } q_d \end{aligned}} \right\} \begin{aligned} & \frac{q_d}{q_d + q_d} = \frac{45}{30,375 + 45} \approx 0,6 \end{aligned}$$

	$M_1$	0,080	0,082	0,084	0,086	0,088	0,090	0,092	0,095	0,097	0,099	0,101
	$M_2$	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075
	$M_B$	-0,100	-0,102	-0,103	-0,105	-0,107	-0,108	-0,110	-0,112	-0,113	-0,115	-0,117
3	A	0,400	0,405	0,410	0,415	0,420	0,426	0,429	0,435	0,441	0,444	0,450
	B	1,099	1,110	1,117	1,132	1,141	1,151	1,159	1,172	1,181	1,188	1,202
	$Q_{st}$	0,599	-0,602	-0,602	-0,606	-0,606	-0,610	-0,610	-0,613	-0,613	-0,613	-0,617
	$Q_{br}$	0,500	0,508	0,515	0,526	0,535	0,541	0,549	0,559	0,568	0,575	0,585

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= -0,11 \cdot 75,375 \cdot 10^2 \\
 &= -829 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

# Klausuraufgabe Bemessung

Donnerstag, 29. Februar 2024 15:15

$$a) \left. \begin{aligned} g_d &= 1,35 \cdot 3m \cdot 0,3m \cdot 25 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} = 30,375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \\ q_d &= 1,50 \cdot 3m \cdot 10 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 45 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \end{aligned} \right\} \frac{q_d}{g_d + q_d} = \frac{45}{30,375 + 45} \approx 0,6$$

	M <sub>1</sub>	0,080	0,082	0,084	0,086	0,088	0,090	0,092	0,095	0,097	0,099	0,101
	M <sub>2</sub>	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075
	M <sub>b</sub>	-0,100	-0,102	-0,103	-0,105	-0,107	-0,108	-0,110	-0,112	-0,113	-0,115	-0,117
3	A	0,400	0,405	0,410	0,415	0,420	0,426	0,429	0,435	0,441	0,444	0,450
	B	1,099	1,110	1,117	1,132	1,141	1,151	1,159	1,172	1,181	1,188	1,202
	Q <sub>uL</sub>	0,599	-0,602	-0,602	-0,606	-0,606	-0,610	-0,610	-0,613	-0,613	-0,613	-0,617
	Q <sub>uR</sub>	0,500	0,508	0,515	0,526	0,535	0,541	0,549	0,559	0,568	0,575	0,585

$$M_{\max} = -0,11 \cdot 75,375 \cdot 10^2 = -829 \text{ KNm}$$

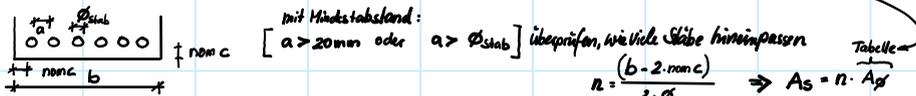
① **Einwirkendes Moment:**  
 $M_{s,d}$  bestimmen =  $M_g \cdot 1,35 + M_q \cdot 1,5 = 829 \text{ KNm}$   
*zusätzlich berücksichtigen Aufgabenstellung*

② **Querschnitt als  $\square$  vorgeben:**  
 $b = 50 \text{ cm}$   $h = 70 \text{ cm}$   $g_{\text{Träger}} = b \cdot h \cdot 25 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$

③ **Innerer Hebelarm:**  $z = \alpha \cdot d = \alpha \cdot (h - \text{Betondeckung}) = 0,8(70 - 0,04) = 0,528 \text{ m}$   
 (Betondeckung wird vorgegeben)

④ **Bewehrung auf Zugseite vorgeben**

8 mm	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	20 mm	25 mm	28 mm
0,50 cm <sup>2</sup>	0,79 cm <sup>2</sup>	1,13 cm <sup>2</sup>	1,54 cm <sup>2</sup>	2,01 cm <sup>2</sup>	3,14 cm <sup>2</sup>	4,91 cm <sup>2</sup>	6,16 cm <sup>2</sup>



⑤  $F_{s,d}$  berechnen:  $F_{s,d} = A_s \cdot f_{y,d} = A_s \cdot \frac{500 \text{ N/mm}^2}{1,15} = 431 \cdot \frac{50}{1,15} = 1875 \text{ kN}$   $n = \frac{50 - 2 \cdot 4}{2 \cdot 2,8} = 7,5 \Rightarrow A_s = 7 \cdot 4,91 = 43,4 \text{ cm}^2$

⑥  $M_{\text{red}} = F_{s,d} \cdot z = 1875 \cdot 0,528 = 990 \text{ KNm}$

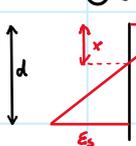
$100\% \geq \frac{M_{s,d}}{M_{\text{red}}} \geq 80\% \checkmark \rightarrow \textcircled{7}$   
 $\frac{M_{s,d}}{M_{\text{red}}} < 80\%$  unwirtschaftlich  $\rightarrow \textcircled{2}$  Querschnitt verkleinern  $\frac{829}{330} = 84\%$   
 $\frac{M_{s,d}}{M_{\text{red}}} > 100\%$  unsicher  $\rightarrow \textcircled{2}$  Querschnitt vergrößern

⑦ **Vorgabe Betonfestigkeit**  $f_{cu} \text{ C}40/50 = f_{ck} = 4 \text{ N/cm}^2$

⑧ **Betondeckung berechnen**  
 $f_{cd} = 0,95 \cdot \frac{f_{ck}}{1,5} = 2,27$   $F_{cd} = 0,95 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h_b$  mit  $F_{cd} = \frac{1}{2} F_{s,d} \Rightarrow h_b = \frac{F_{s,d}}{0,95 \cdot f_{cd} \cdot b}$  Höhe der Betondeckung:  $x = \frac{h_b}{0,8}$

$h_b = \frac{1875}{0,95 \cdot 2,27 \cdot 50} = 17,4 \text{ cm}$   $x = \frac{17,4}{0,8} = 21,7 \text{ cm}$

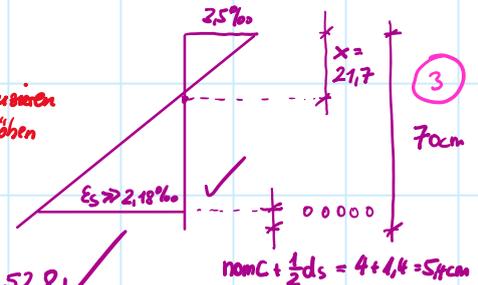
⑨ **Stahldehnung bestimmen**  
 [technisch Stahlstabe  
 zeichnerisch maßstäblich]



$2,18\% \leq \epsilon_s \leq 25\% \checkmark \rightarrow \textcircled{10}$   
 $2,18\% > \epsilon_s$  unwirtschaftlich  $\rightarrow \textcircled{2}$  Querschnitt verkleinern oder  $\rightarrow \textcircled{4}$  Stahl reduzieren  
 $\epsilon_s > 25\%$  unsicher  $\rightarrow \textcircled{2}$  Querschnitt vergrößern oder  $\rightarrow \textcircled{4}$  Stahl erhöhen

⑩ **Innerer Hebelarm:**  
 $z = d - \frac{1}{2} h_b$   $\left\{ \begin{aligned} z &\geq 0,95 \cdot z_{\text{aus } \textcircled{1}} \checkmark \\ z &< 0,95 \cdot z_{\text{aus } \textcircled{3}} \rightarrow \textcircled{2} \text{ Querschnitt vergrößern} \end{aligned} \right.$

$z = 70 - \text{nom}c - \frac{1}{2} \phi_s - \frac{1}{2} 17,4 \text{ cm} = 70 - 4 - 1,4 - 0,5 \cdot 17,4 = 55,9 \text{ cm} > 0,95 \cdot 52,8 \checkmark$



c) **Stahlprofil:**  $\sigma = \frac{M}{W}$

$f_{y,d} = 323 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \text{erf} W = \frac{82900 \text{ KNcm}}{32,3 \text{ KN/cm}^2} = 2566,6 \text{ cm}^3 \Rightarrow \text{HEB 400}$

③  
 ⑬  
 ⑮  
 ⑮  
 f<sub>cd</sub> = ④  
 ③  
 ③  
 ②  
 ③  
 21  
 + 9  
 30