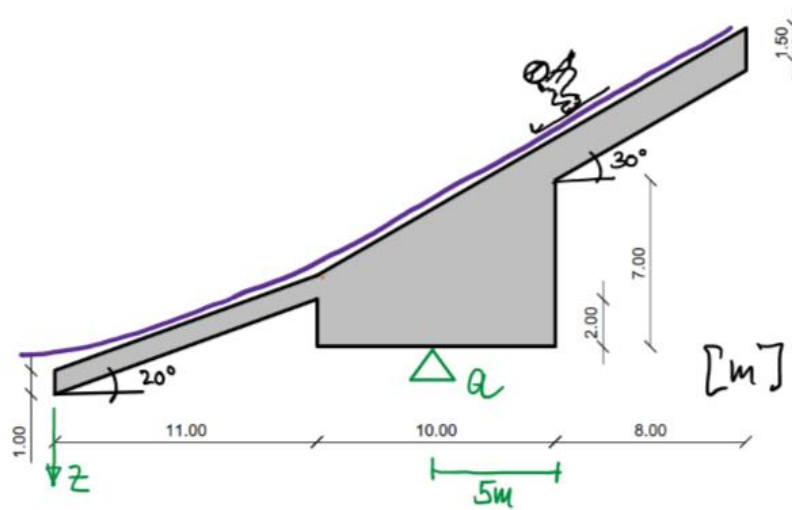


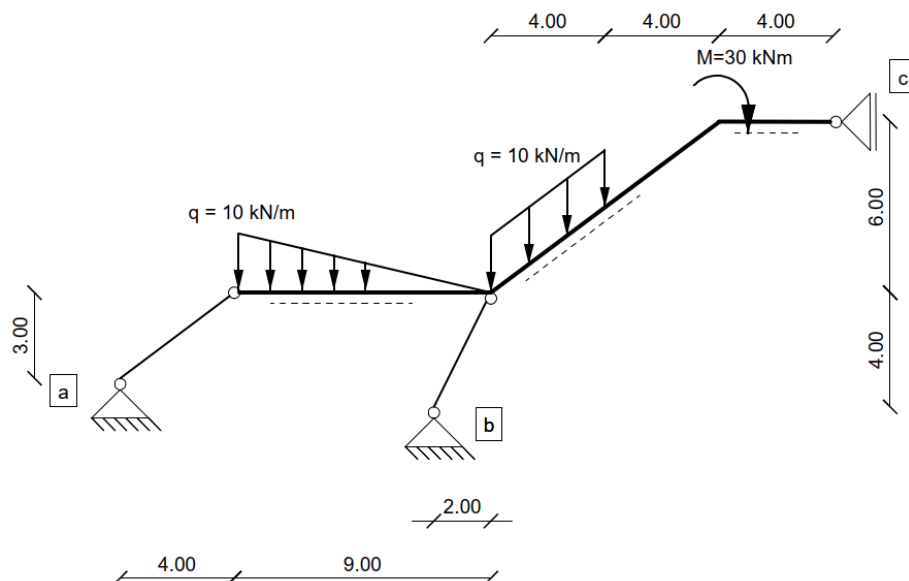
Aufgabe 3 (12 p)

- Bestimmen Sie für die dargestellte Skisprungschanze den Angriffspunkt der resultierenden Gewichtskraft (Schwerpunkt der schraffierten Fläche).
- Die Schanze soll im Lager a vertikal aufgelagert werden. Bestimmen Sie die Zugkraft Z, die erforderlich ist, um die Schanze gerade im Gleichgewicht zu halten.
- Zur Aufnahme der Zugkraft soll ein Quader aus Beton als Gegengewicht gebaut werden; wie groß muss dieses Fundament sein? Das Gewicht von Beton ist mit $2,5 \text{ t/m}^3$



Aufgabe 4 (18 p)

Der dargestellte Tragwerk ist durch zwei Pendelstäbe und ein einwertiges Lager gehalten. Tragen Sie in einer Skizze, die von Ihnen angenommene Wirkungsrichtung der Pendelstabkräfte und der Auflagerkraft ein. Berechnen Sie die Pendelstabkräfte und die Auflagerkräfte



Name:

Vorname:

Mat.-Nr.:

Unterschrift:

ERGEBNIS:

_____ / 99 Punkten

NOTE:

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.

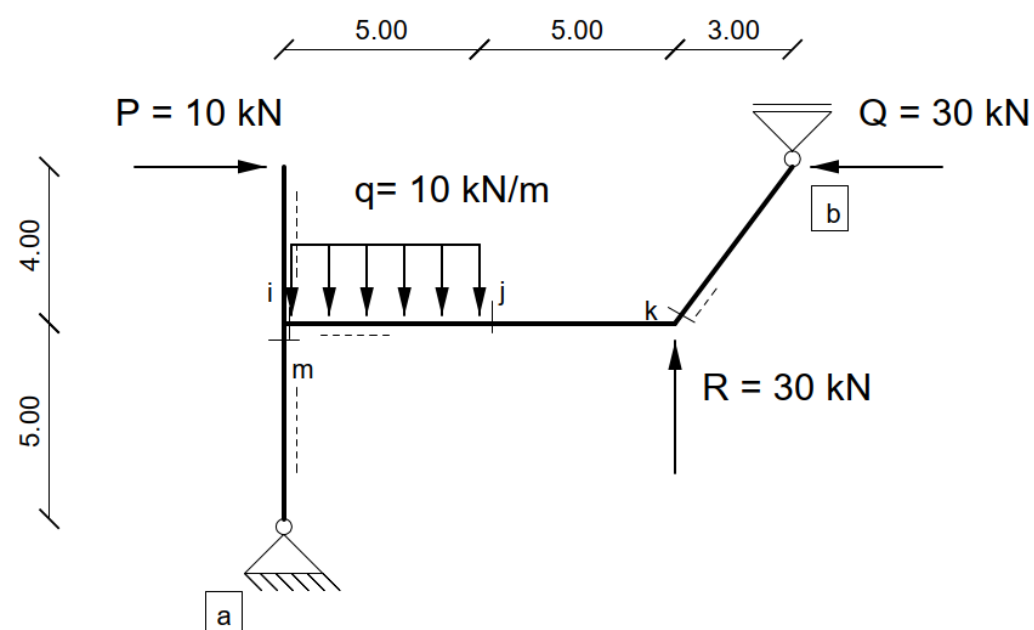
Hinweise:

1. Zu Beginn: auf dem Aufgabenblatt Ihren Namen und Matrikelnummer eintragen und selbiges unterschreiben.
2. Versehen Sie jedes beschriebene Blatt mit Name und Matrikelnummer.
3. Sämtliche Blätter sind ausschließlich einseitig zu beschreiben.
4. Benutzen Sie AUSSCHLIEßLICH das ausgeteilte Papier. Versehen Sie jedes beschriebene Blatt mit Name und Matrikelnummer
5. Schreiben Sie mit Tinte oder Kugelschreiber - NICHT mit Bleistift. Bleistift darf bei Zeichnungen verwendet werden.
6. Zugelassene Hilfsmittel:
 - Formelsammlung inklusive 2 selbst beschriebene Blätter (wird kontrolliert!)
 - Taschenrechner
7. Bitte legen Sie am Ende der Klausur Ihre beschriebenen Blätter in die Aufgabenstellung.
8. 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.

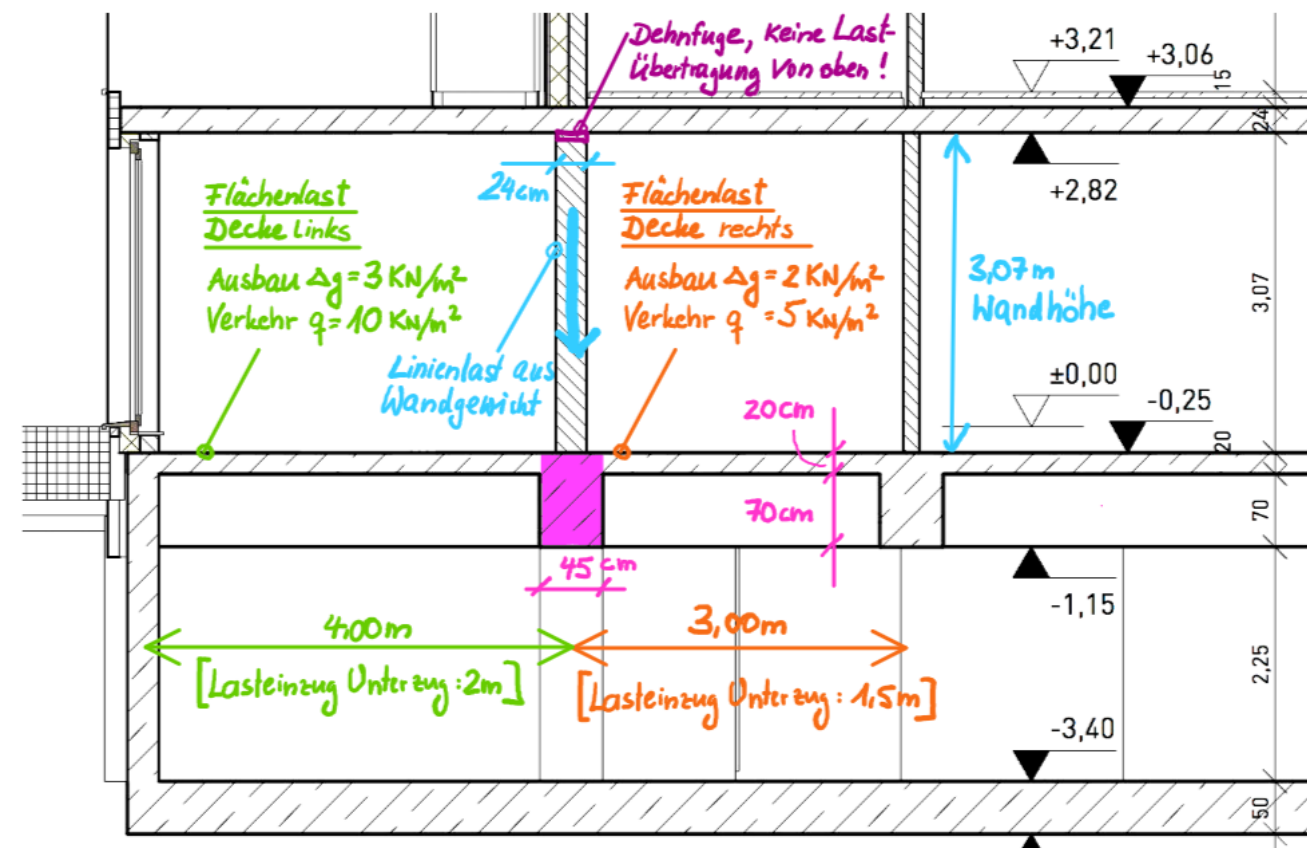
Aufgabe 1 (45 p)

Folgendes ist für das dargestellte System zu bearbeiten:

- Bestimmen Sie die Auflagerkräfte
- Bestimmen Sie die Schnittkräfte an den Stellen i, j, k und m. 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)



Der im obigen Schnitt dargestellte Unterzug (b = 45cm, h = 90 cm) aus **Stahlbeton C25/30** wird durch die beiden Decken links (grün) und rechts (orange) belastet, sowie durch eine 24cm dicke Wand im Geschoss oben drüber aus **KS-Mauerwerk**.

Der Unterzug überspannt (senkrecht zur Blattebene) eine Tiefgarage und wird als 9m langer Einfeldträger ausgebildet.

Bestimmen Sie das Bemessungsmoment des Unterzugs aus ständigen Lasten (Ausbau, Eigengewicht Unterzug, Eigengewicht Decken, Eigengewicht Wand) und aus Verkehrslasten auf der aufgelagerten Decke.

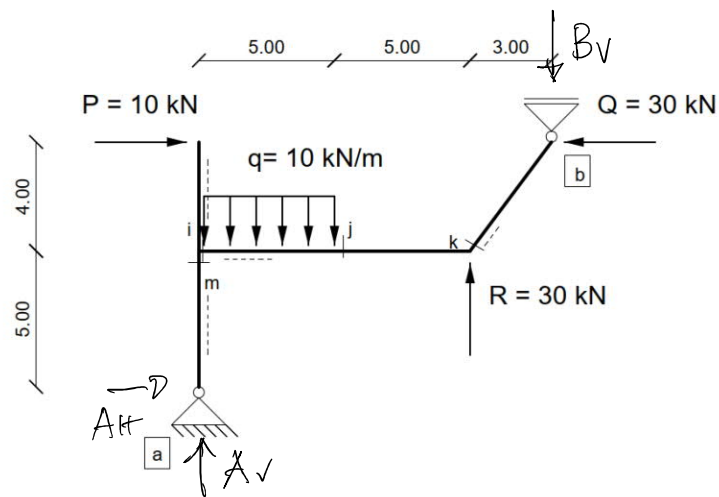
Wichte Stahlbeton: 25 kN/m³
Wichte KS-Mauerwerk: 22 kN/m³

Bestimmen Sie für das Bemessungsmoment die erforderliche Bewehrungsstahlmenge und wählen Sie Durchmesser und Anzahl der Bewehrungsstäbe.

Betondeckung: nom c = 4 cm

Bestimmen Sie einen Stahlträger aus der HEB-Reihe, der in der Lage wäre, den Stahlbetonquerschnitt des Unterzugs unter der Decke (b = 45cm, h = 70 cm) zu substituieren. Kann man im Vergleich zum Stahlbetonträger Konstruktionshöhe einsparen?

Streckgrenze Stahl $f_{yd} = f_y / \gamma_{m0} = 35,5 \text{ kN/cm}^2 / 1,0 = 35,5 \text{ kN/cm}^2$



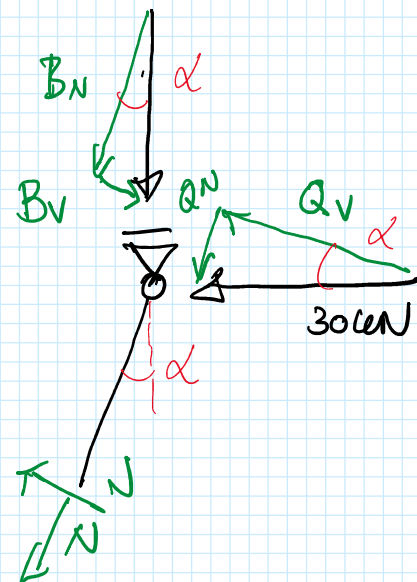
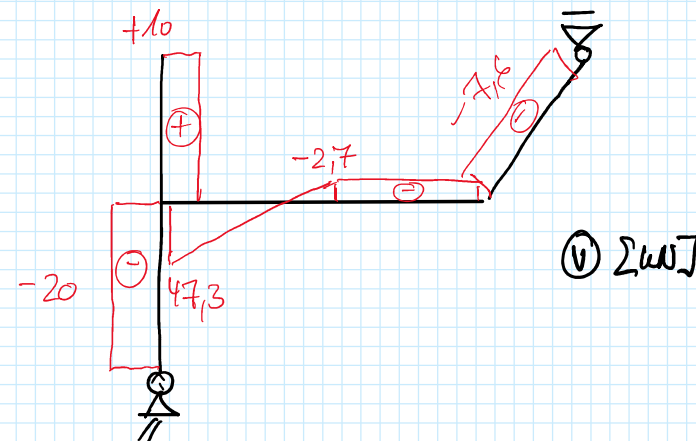
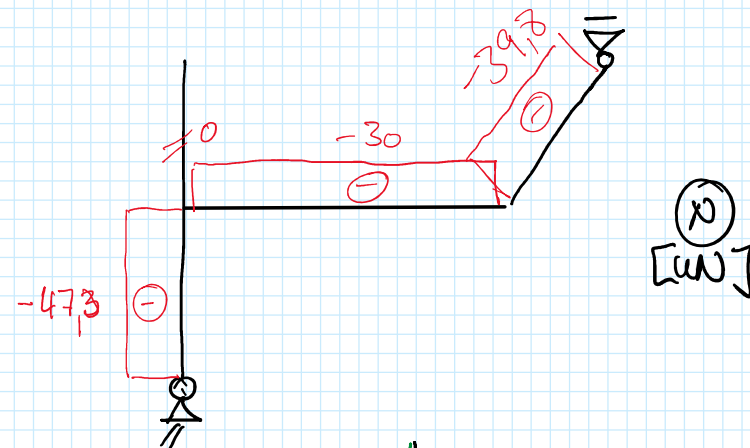
$$\sum M_A = 0 \quad -10 \cdot 9 \text{ m} - 50 \cdot 2.5 \text{ m} + 30 \cdot 10 \text{ m} + 30 \cdot 9 \text{ m} - B_V \cdot 13 \text{ m} = 0$$

$$B_V = 27.3 \text{ kN}$$

$$\sum F_z = 0: 50 \text{ kN} - 30 \text{ kN} + 27.3 \text{ kN} = A_V$$

$$A_V = 47.3 \text{ kN}$$

$$\sum F_x = 0: A_H = 20 \text{ kN}$$



$$\alpha = \arctan\left(\frac{3}{4}\right) = 36.86^\circ$$

$$V_b = -\cos \alpha \cdot 30 \text{ kN} + \sin \alpha \cdot 27.3 \text{ kN}$$

$$= -7.6 \text{ kN}$$

$$N_b = -\cos \alpha \cdot 27.3 - \sin \alpha \cdot 30 \text{ kN}$$

$$= -39.8 \text{ kN}$$

$$\sum M = 40 - 100 = -60 \text{ kNm}$$

Skizze ①
Auflagerkräfte

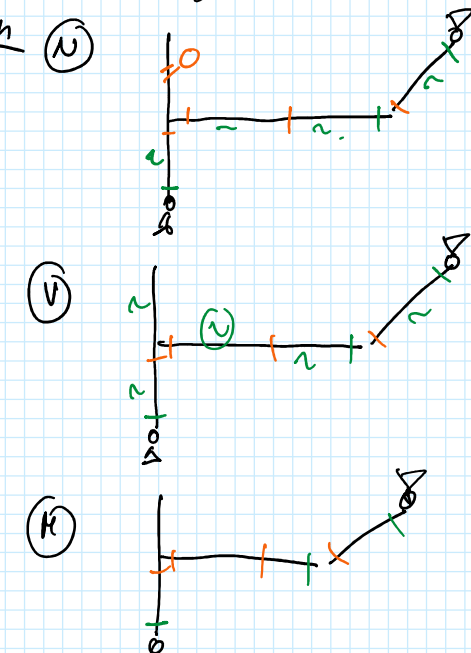
$$\sum F_x \quad (2)$$

$$\sum \Pi \quad (3)$$

$$\sum F_z \quad (2)$$

Schnitt:

	Skizze	+	M	V	N	
m	-0	0,5	M (1,5)	V (1)	N (1)	1,4
j	-0	0,5	M (1,5)	V (1)	N (1)	1,4
j	-0	0,5	M (1,5)	V (1)	N (0,5)	1,35
k	-0	1,5	M (2)	V (3)	N (3)	1,35
Linien	(1)					20



$$4 \times \text{eintragen } (0,5) = 2$$

$$\text{kragarm } (0,5)$$

$$3 \text{ mal übernehmen je } (0,5) = 1,5$$

$$\text{Linien } 4 \times (0,5) = 2 \quad / 6$$

$$4 \times \text{eintragen } (0,5) = 2$$

$$\text{kragarm } 1 + 0,5 = 1,5$$

$$3 \text{ mal übernehmen je } (0,5) = 1,5$$

$$\text{Linien } 4 \times 0,5 + 1 \times 1 = 3 \quad / 8$$

$$4 \times \text{eintragen } 0,5 = 2$$

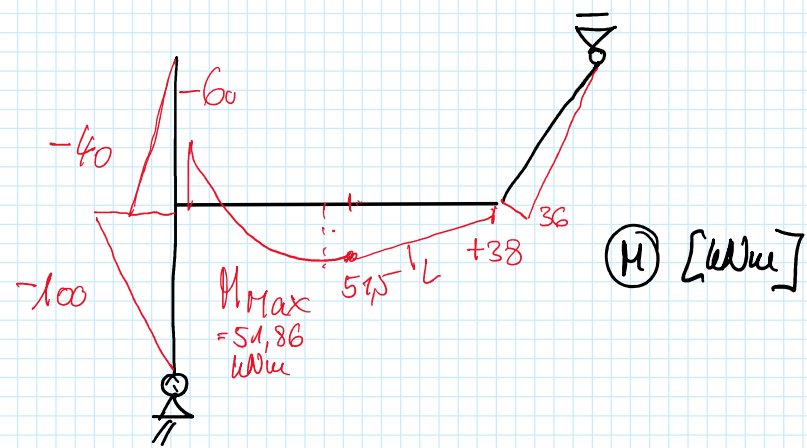
$$\text{kragarm } 1,5$$

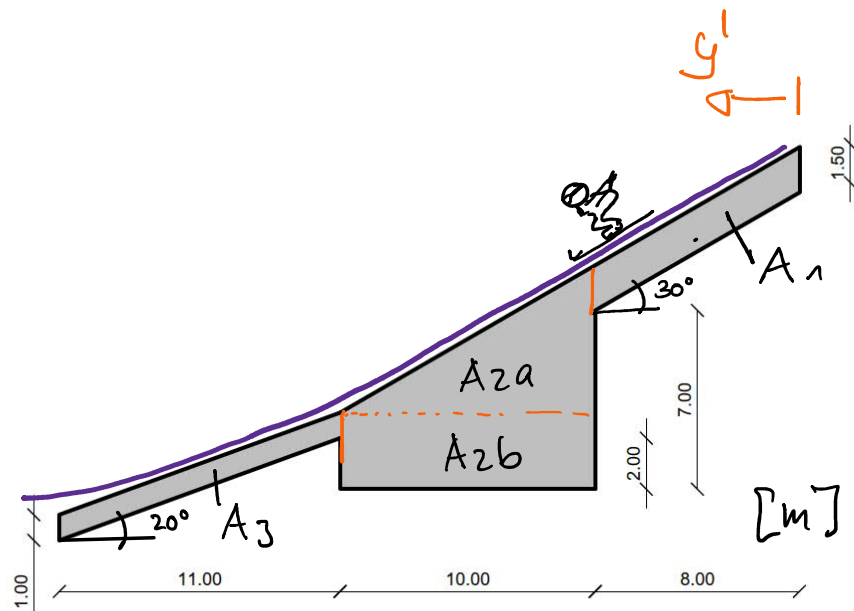
$$3 \text{ mal übernehmen je } 0,5 = 1,5$$

$$\text{Linien } 4 \times 0,5 + 1 \times 1 = 3$$

$$0,5 \times 1 + 0 = 3 \quad / 11$$

$\Sigma 45$





Lage des Schwerpunktes

$$A_1 = 1,5m \cdot 8m \cos 30^\circ = 13,86m^2$$

$$y'_1 = 4m$$

$$A_2 = (8,5 + 3) \cdot 10m = 57,5m^2$$

$$A_{2a} = \frac{1}{2} \cdot 5,5 \cdot 10m = 27,5m^2$$

$$A_{2b} = 3 \cdot 10m = 30m^2$$

$$y'_2 = \frac{27,5 \cdot (8 + 10/3) + 30(5 + 8)}{57,5} = 12,2m$$

$$A_3 = 1m \cdot 11m \cos 20^\circ = 11,7m^2$$

$$y'_3 = 18 + 11/2 = 23,5m$$

$$y'_s = \frac{13,86 \cdot 4 + 57,5 \cdot 12,2 + 11,7 \cdot 23,5}{13,86 + 57,5 + 11,7} = 12,42m$$

①

①,5

①

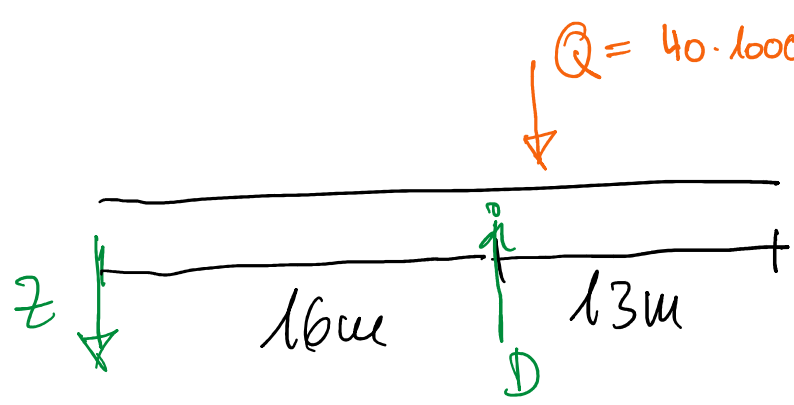
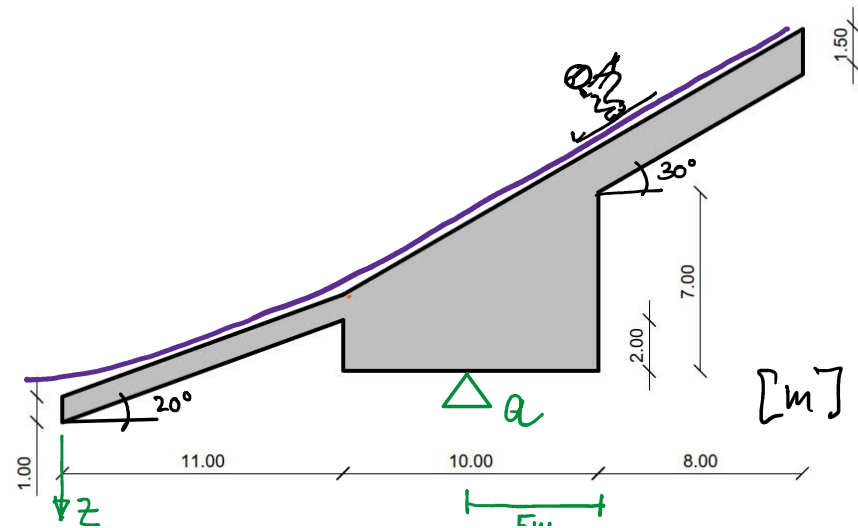
①

①

①,5

①

6



$$Q = 40 \cdot 1000 / 100 = 400kN$$

$$\sum M_O B = 0 \quad 400kN \cdot (13 - 12,42) = z \cdot 16m$$

$$z = 14,5kN \approx 1,45t$$

$$V = 1,45t \cdot 12,571m^3 = 0,59m^3$$

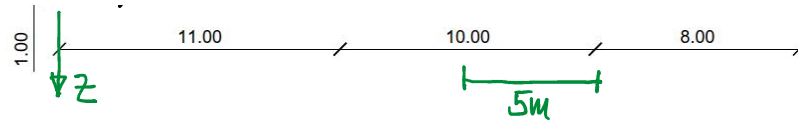
①

①

①

②

1

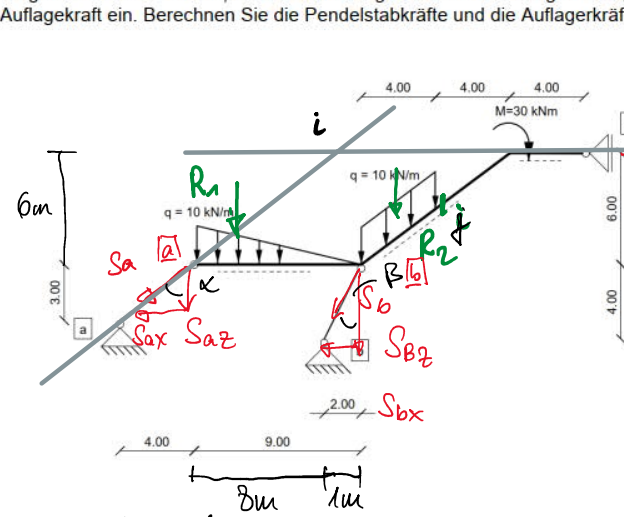


Quader : $V = 1,45 \pm 2,5 \pm 1 \text{ m}^3 = 0,84 \text{ m}^3$
 ↳ Seitenlängen $a = 0,84 \text{ m}$

(2)
 (1) / 5

Aufgabe 4 (18 P)

Der dargestellte Tragwerk ist durch zwei Pendelstäbe und ein einseitiges Lager gehalten. Tragen Sie in einer Skizze, die von Ihnen angenommene Wirkungsrichtung der Pendelstabkräfte und der Auflagerkraft ein. Berechnen Sie die Pendelstabkräfte und die Auflagerkräfte



$$R_1 = 10 \cdot 9/2 = 45 \text{ kN}$$

$$R_2 = 50 \text{ kN}$$

$$\sum M_i = 0 \quad 45 \text{ kN} \cdot 5 \text{ m} - 50 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m} - 30 \text{ kNm} - S_{b2} \cdot 1 \text{ m} - S_{bx} \cdot 6 \text{ m} = 0$$

$$45 = S_b \cdot (\cos \beta \cdot 1 \text{ m} + \sin \beta \cdot 6 \text{ m})$$

$$S_b = 126 \text{ kN}$$

$$S_{b2} = 11,27 \text{ kN}$$

$$S_{bx} = 562 \text{ kN}$$

$$\sum M_a = 0 \quad -45 \cdot 3 \text{ m} - 11,27 \cdot 9 \text{ m} - 50 \cdot 11 \text{ m} - 30 - C \cdot 6 \text{ m} = 0$$

$$C = -136,07 \text{ kN}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$S_{az} + 45 + 50 + 126 = 0$$

$$S_{az} = -107 \text{ kN}$$

$$S_a = -107 \text{ kN} \quad |\cos 53,1^\circ = -178 \text{ kN}$$

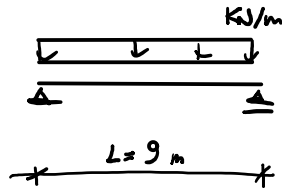
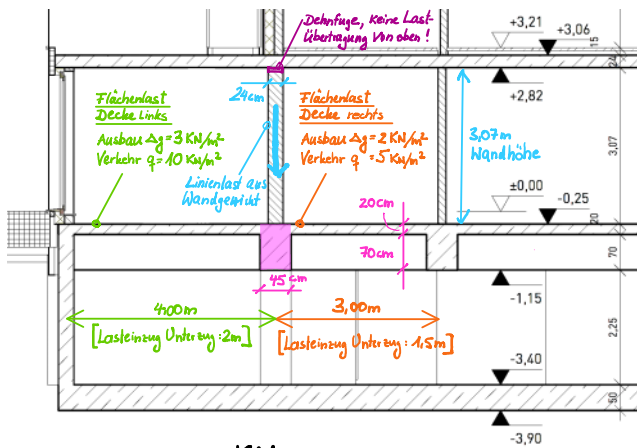
$$S_{ax} = -138,8 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{4}{3}\right) = 53,1^\circ$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{2}{4}\right) = 26,8^\circ$$

Skizze → ① Resultierende + Lage → ③
 $\sum M$ 1. Punkt → Lage Drehpunkt ②
 $\rightarrow ③ + ②$
 \sum 2. Punkt ③ + ②
 $\sum F_x$ ② + ①
 / 18 Punkte

Bemessung Stahlbeton



$$q = 0,45 \cdot 0,7 \cdot 25 = 7,9$$

$$g_{\text{Decke}} = 3,5 \cdot 0,2 \cdot 25 = 17,5$$

$$g_{\text{Wand}} = 0,24 \cdot 3,07 \cdot 22 = 16,2$$

$$\Delta g = 3 \cdot 2 + 2 \cdot 1,5 = 9$$

$$\underline{\underline{50,6}}$$

$$q = 10 \cdot 2 + 5 \cdot 1,5 = 27,5$$

$$M_d = \frac{(1,35 \cdot 50,6 + 1,5 \cdot 27,5) \cdot 9^2}{8} = 1109 \text{ KNm}$$

1
1
1
1
1
1
1
3

9

ggf: $f_{\text{Beton}} : 25$
 $\lambda_{\text{MW}} : 22$
 Betondeckung nom C = ~~3~~⁴ cm
 C25/30

Stahlbeton-Vorbemessung für Rechteckquerschnitte VORLAGE

c) Stahlprofil: $\sigma = \frac{M}{W}$
 $f_{y,d} = 342 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \sigma_{f,y} = \frac{110900 \text{ KNcm}}{323416 \text{ cm}^3} = 342 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \text{HEB 450}$

① Einwirkendes Moment: $M_{s,d}$ bestimmen = $M_g \cdot 1,35 + M_q \cdot 1,5$
 (Eigengewicht) (Verkehrslast + Schnee)
 Sicherheitsbeiwerte Lastseite: $\gamma_g = 1,35$ $\gamma_q = 1,5$
 zusätzlich berücksichtigen

② Querschnitt als \square vorgeben:
 $b = 45$ $h = 90$
 $q_{tr\ddot{a}ger} = b \cdot h \cdot 25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

③ Innerer Hebelarm: $z = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot (h - \text{Betondeckung})$
 (Betondeckung wird vorgegeben)

$d = h - \text{nom } c = 86$ $z = 69 \text{ cm}$ ①

④ Bewehrung auf Zugseite vorgeben

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

mit Mindestabstand: $a > 20 \text{ mm}$ oder $a > \phi_{\text{Stab}}$ überprüfen, wie viele Stäbe hineinpassen
 $n = \frac{(b - 2 \cdot \text{nom } c)}{2 \cdot \phi} \Rightarrow A_s = n \cdot A_{\phi}$ ①

⑤ $F_{s,d}$ berechnen: $F_{s,d} = A_s \cdot f_{y,d} = A_s \cdot \frac{50 \text{ N/mm}^2}{1,15} = 1608 \text{ kN}$ ①

⑥ $M_{r,d} = F_{s,d} \cdot z = 1109 \text{ kNm}$ ①

$100\% \geq \frac{M_{s,d}}{M_{r,d}} \geq 80\%$ ✓ ⑦ = 1! ①

$\frac{M_{s,d}}{M_{r,d}} < 80\%$ unwirtschaftlich \rightarrow ② Querschnitt verkleinern / Stahlmenge verringern

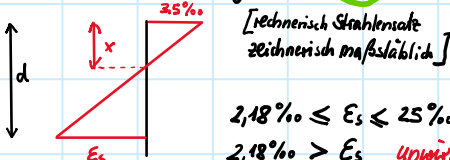
$\frac{M_{s,d}}{M_{r,d}} > 100\%$ unsicher \rightarrow ② Querschnitt vergrößern / Stahlmenge vergrößern

⑦ Vorgabe Betonfestigkeit $f_{ck} = 25$ ①

⑧ Betondruckzone berechnen

$f_{cd} = 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{1,5} = 1,42$ $F_{cd} = 0,95 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h_b$ mit $F_{cd} \stackrel{!}{=} F_{s,d} \Rightarrow h_b = \frac{F_{s,d}}{0,95 \cdot f_{cd} \cdot b}$ Höhe der Betondruckzone: $x = \frac{h_b}{0,8}$ ①

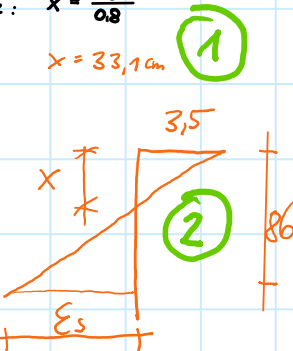
⑨ Stahldehnung bestimmen ①



$2,18\% \leq \epsilon_s \leq 25\%$ ✓ \rightarrow ⑩

$2,18\% > \epsilon_s$ unwirtschaftlich \rightarrow ② Querschnitt verkleinern oder \rightarrow ④ Stahl reduzieren

$\epsilon_s > 25\%$ unsicher \rightarrow ② Querschnitt vergrößern oder \rightarrow ④ Stahl erhöhen



$\frac{33,1}{3,5} = \frac{86}{3,5 + \epsilon_s}$ ②

$33,1 \cdot 3,5 + 33,1 \cdot \epsilon_s = 86 \cdot 3,5$

$\epsilon_s = 5,6\%$ ✓ ①

⑩ Innerer Hebelarm:

$z = d - \frac{1}{2} h_b$ $\begin{cases} z \geq 0,95 \cdot z_{\text{aus}} \text{ ③ } \checkmark \\ z < 0,95 \cdot z_{\text{aus}} \text{ ③ } \rightarrow \text{ ② Querschnitt vergrößern } \end{cases}$

$z = 86 - \frac{1}{2} 26,5 = 72,7 \text{ cm}$ ✓ ①

Kenngroße	Festigkeitsklassen											
	C16/20	C25/30	C35/45	C45/55	C12/15	C20/25	C30/37	C40/50	C50/60			
1	f_{ck}	12 ^a	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	$f_{ck, \text{cube}}$	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75

$z < 0,95 \cdot z_{\text{aus}} \textcircled{3} \rightarrow \textcircled{2} \text{ Querschnitt vergrößern}$

$$z = 86 - \frac{1}{2} 26,5 = 72,7 \text{ cm} \checkmark \textcircled{1}$$

$\textcircled{1}$

~~16~~