

Muster Lösung

Prüfung SoSe 24 Stahlbau I – 1. Teil
Prüfungszeit 40 Minuten

Prof. Dr.-Ing. Marcus Rutner

Institut für Metall- und Verbundbau

Hamburg, den 21. August 2024

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl
1)	10	
2)	8	
3)	6	
4)	7	
5)	9	
Summe	40	
		Note:

Bearbeitungshinweise:

- Alle Blätter sind mit Namen und Matrikelnummer zu versehen.
- Es dürfen keine grünen Farbstifte verwendet werden.
- Lösungen sind so darzustellen, dass der Lösungsweg lückenlos nachvollziehbar ist.
- Für diesen 1. Teil der Klausur sind KEINE Hilfsmittel zugelassen.
- Das Mitführen von Kommunikationsmitteln ist untersagt.

Aufgabe 1 (10 Punkte)

Kreuzen Sie in Tabelle 1 an, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind. Je richtig gesetztem Kreuz gibt es einen Punkt. Je falsch gesetztem Kreuz gibt es einen Punkt Abzug. Insgesamt kann die Aufgabe 1 jedoch nicht mit weniger als 0 Punkten bewertet werden.

Tabelle 1:

Aussage	Wahr	Falsch
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

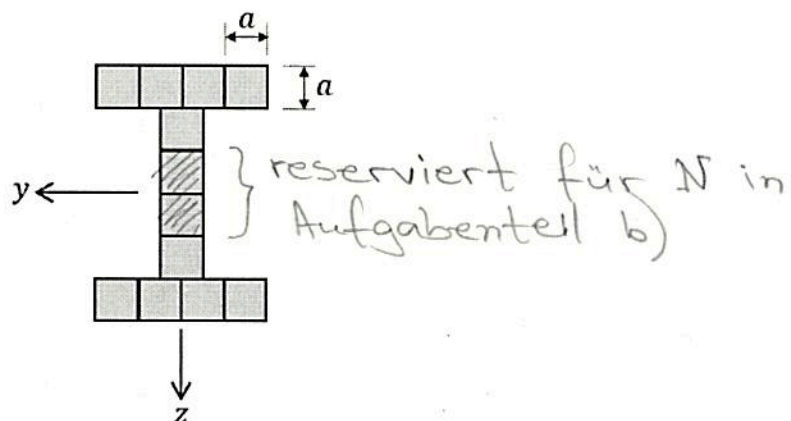
Aussagen:

- 1) Mit zunehmender Schlankheit eines Druckstabes nähert sich seine Tragfähigkeit asymptotisch der ideellen Knicklast N_{cr} .
- 2) Der Abminderungsfaktor χ bei einem Druckstabnachweis berücksichtigt u. a. den Einfluss von herstellungsbedingten Eigenspannungen im Querschnitt.
- 3) Die Tragfähigkeit einer sehr schlanken Stahlstütze ist proportional zur Streckgrenze des verwendeten Stahls.
- 4) Die ideelle Knicklast N_{cr} eines Druckstabs ist proportional zu $1/l_{cr}$, wo l_{cr} die Knicklänge bezeichnet.
- 5) Die elastisch- und die plastisch aufnehmbare Zugnormalkraft eines Stahlquerschnitts sind im Allgemeinen unterschiedlich.
- 6) Bei einem Träger mit I-Querschnitt, der unter einem Biegemoment M_y steht, kann Biegedrillknicken ausgeschlossen werden, wenn gleichzeitig noch eine Zugnormalkraft wirkt, die so groß ist, dass im gesamten Querschnitt nur Zugspannungen übrigbleiben.
- 7) Die Tragfähigkeit einer SL-Verbindung auf Lochleibung ist proportional zur Zugfestigkeit f_u der verwendeten Bleche.
- 8) Der maßgebende Beitrag zum aufnehmbaren Moment eines I-Querschnitts um die starke Achse kommt von den Flanschen.
- 9) Der maßgebende Beitrag zum aufnehmbaren Moment eines I-Querschnitts um die schwache Achse kommt vom Steg.
- 10) Im Zuge einer Umplanung bei einem Bauprojekt stellt sich heraus, dass bei einem der ursprünglich geplanten und schon nachgewiesenen Biegeträger mit I-Querschnitt aus Platzgründen die Flansche schmaler gemacht werden müssen. Wenn die Verkleinerung der Flanscbreite durch eine Vergrößerung der Flanschdicke kompensiert wird (so, dass die Flanschfläche unverändert bleibt), muss kein neuer Nachweis geführt werden.

Aufgabe 2 (8 Punkte)

Gegeben ist der unten dargestellte doppelsymmetrische I-Querschnitt, der zur Orientierung in gleich große Quadrate der Seitenlänge a unterteilt ist. Das Material im gesamten Querschnitt hat die Streckgrenze f_y .

- a) Berechnen Sie das plastische Moment $M_{pl,y}$ in Abhängigkeit von den Parametern a und f_y .
- b) Auf den Querschnitt wird eine Normalkraft vom Betrag $2 \cdot a^2 \cdot f_y$ aufgebracht. Wie groß wird jetzt das noch aufnehmbare Moment $M_{pl,y,N}$?



$$a) M_{pl,y} = \underbrace{f_y \cdot 4a^2 \cdot 5a}_{\text{Flansch-beitrag}} + \underbrace{f_y \cdot (4a^2) \cdot a}_4 = f_y \cdot a^3 \cdot (20 + 4) = \underline{\underline{24 \cdot f_y \cdot a^3}}$$

} steg-beitrag

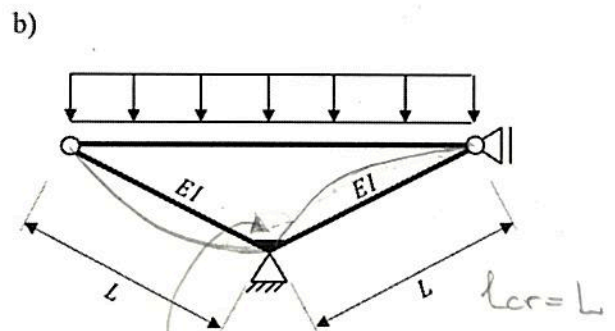
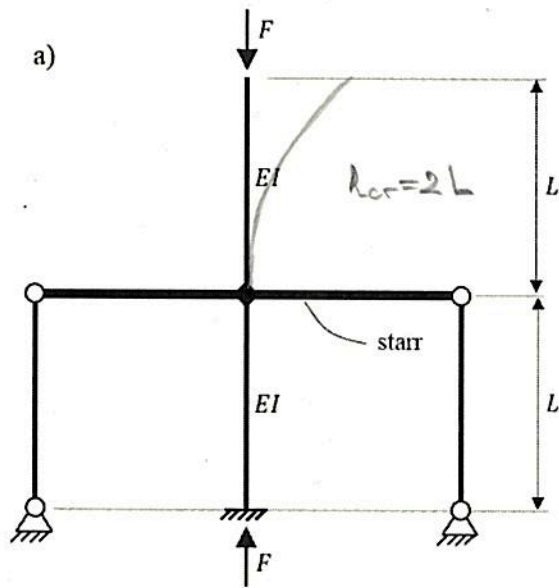
b) Für die gegebene Normalkraft $2 \cdot f_y \cdot a^2$ werden die 2 mittleren Kästchen gebraucht (s. Skizze).

$$\Rightarrow M_{pl,y,N} = M_{pl,y} - \frac{(2a)^2 \cdot a}{4} \cdot f_y = \underbrace{24 \cdot f_y \cdot a^3}_{\text{s. a)} - f_y \cdot a^3 = \underline{\underline{23 \cdot f_y \cdot a^3}}$$

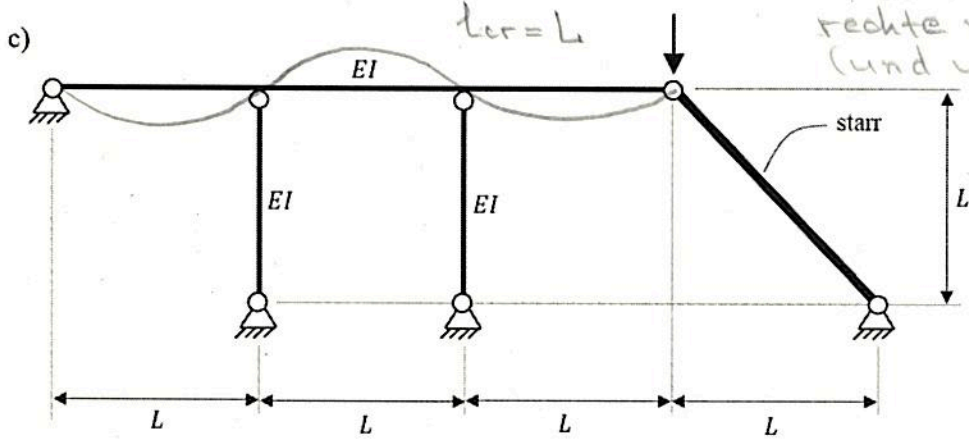
Aufgabe 3 (6 Punkte)

Zeichnen Sie für die unten dargestellten Systeme a) bis c) qualitativ die Knickbiegeline und machen Sie eine Abschätzung für die Knicklänge der druckbelasteten Stäbe.

Alle Stäbe können als dehnstarr ($EA \rightarrow \infty$) betrachtet werden; Stäbe, die in den Skizzen die Bezeichnung „starr“ tragen, sind noch als biegestarr ($EI \rightarrow \infty$) zu betrachten.

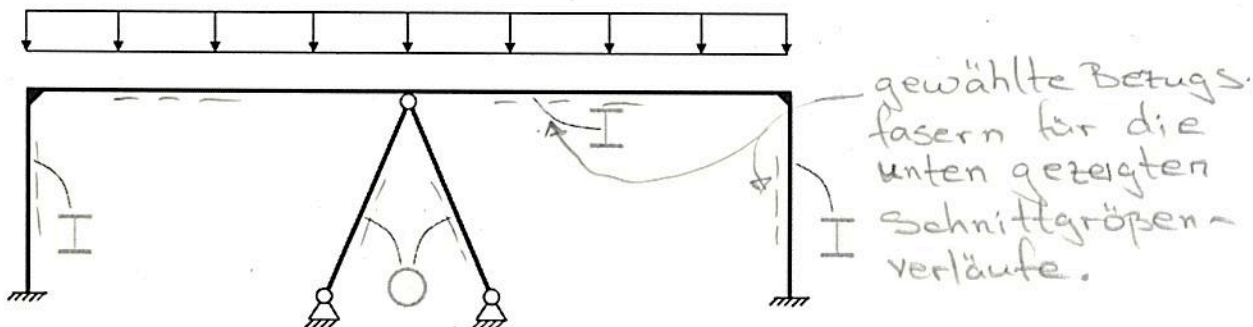


Der Winkel zwischen den Stäben bleibt erhalten \Rightarrow wenn der linke Stab nach unten ausknickt, knickt der rechte nach oben aus (und umgekehrt).

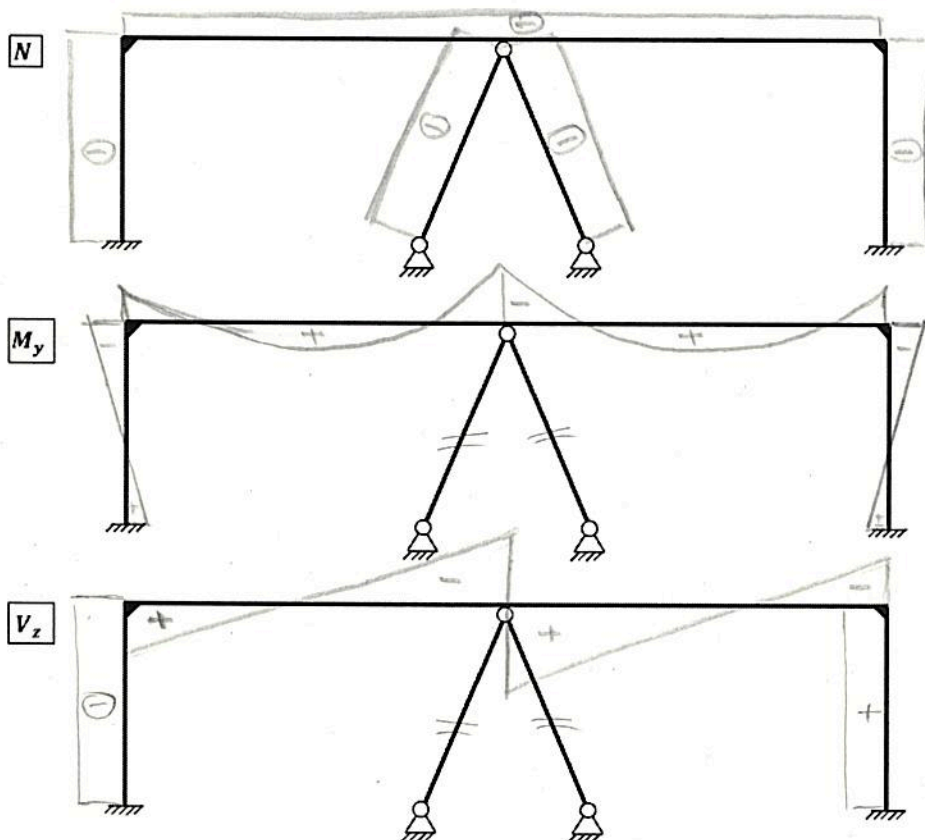


Aufgabe 4 (7 Punkte)

Unten dargestellt ist das statische System in Querrichtung für eine Industriehalle. Die verwendeten Profiltypen sind neben den jeweiligen Stäben zu sehen.



- Zeichnen Sie qualitativ die Schnittgrößenverläufe unter Angabe der Vorzeichen.
- Zählen Sie die erforderlichen Nachweise für die verschiedenen Bauteile auf.



Nachweise:

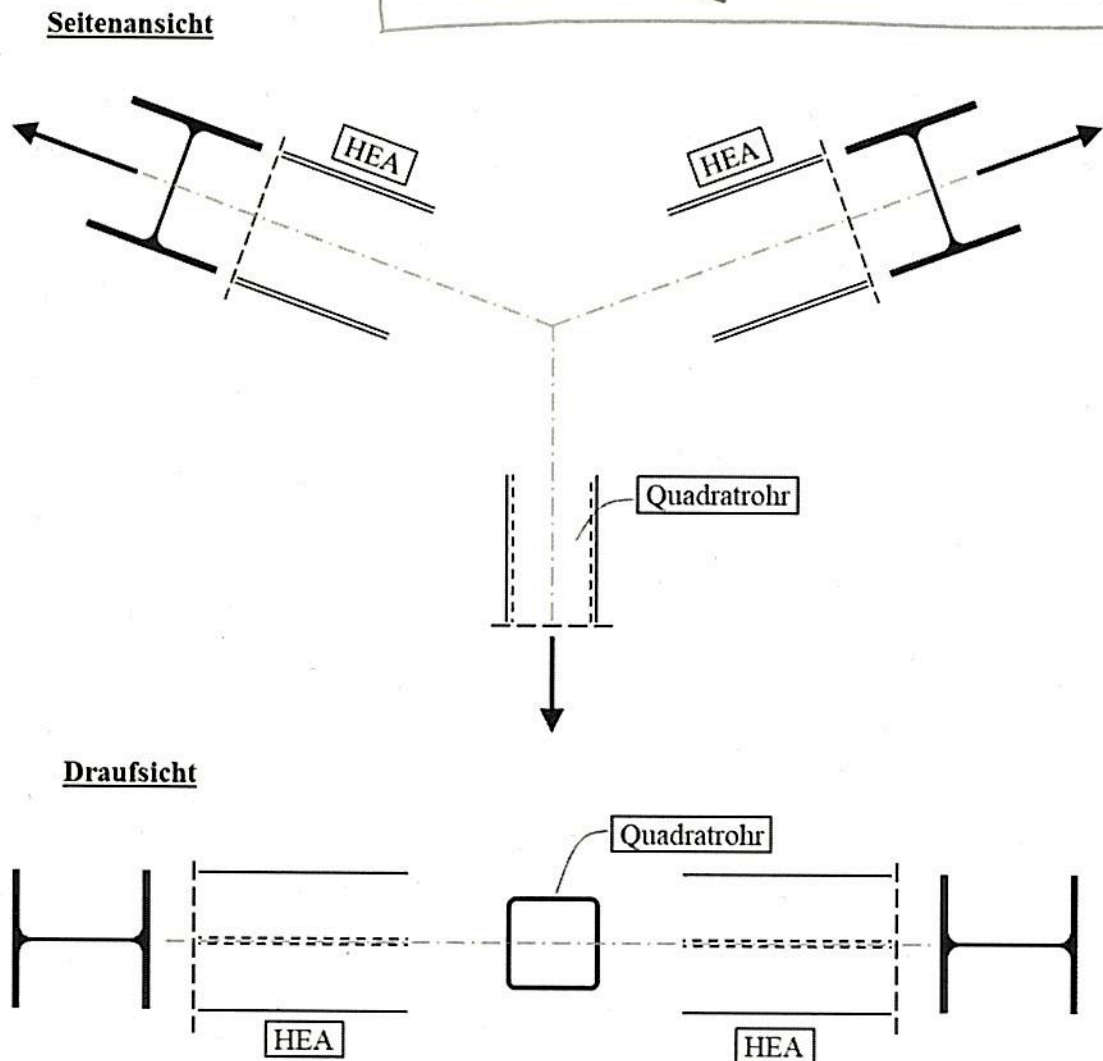
- Riegel und Stützen links und rechts:
 - Knicken + Biegedrillkn
 - Querschnittsnachweise an Stabenden
- Diagonalstäbe in der Mitte:
 - Knicken

Aufgabe 5 (9 Punkte)

Gegeben ist die unten dargestellte Anschlusssituation, bei drei Zugstäbe – ein vertikales Quadratrohr und zwei HEA Profile, die leicht gegen die Horizontale geneigt sind – miteinander zu verbinden sind. Die Achse des vertikalen Quadratrohrs ist eine Symmetrieachse bezüglich Geometrie und Belastung. Machen Sie einen sinnvollen Konstruktionsvorschlag, der die Übertragung der Kräfte unter den Zugstäben ermöglicht. Vervollständigen Sie dazu die Zeichnungen unten.

Es sind keinerlei Berechnungen erforderlich.

siehe Aufgabe 3 in Teil II



Prüfung SoSe 24 Stahlbau I – 2. Teil
Prüfungszeit 50 Minuten

Prof. Dr.-Ing. Marcus Rutner

Institut für Metall- und Verbundbau

Hamburg, den 21. August 2024

Name: _____

Vorname: _____

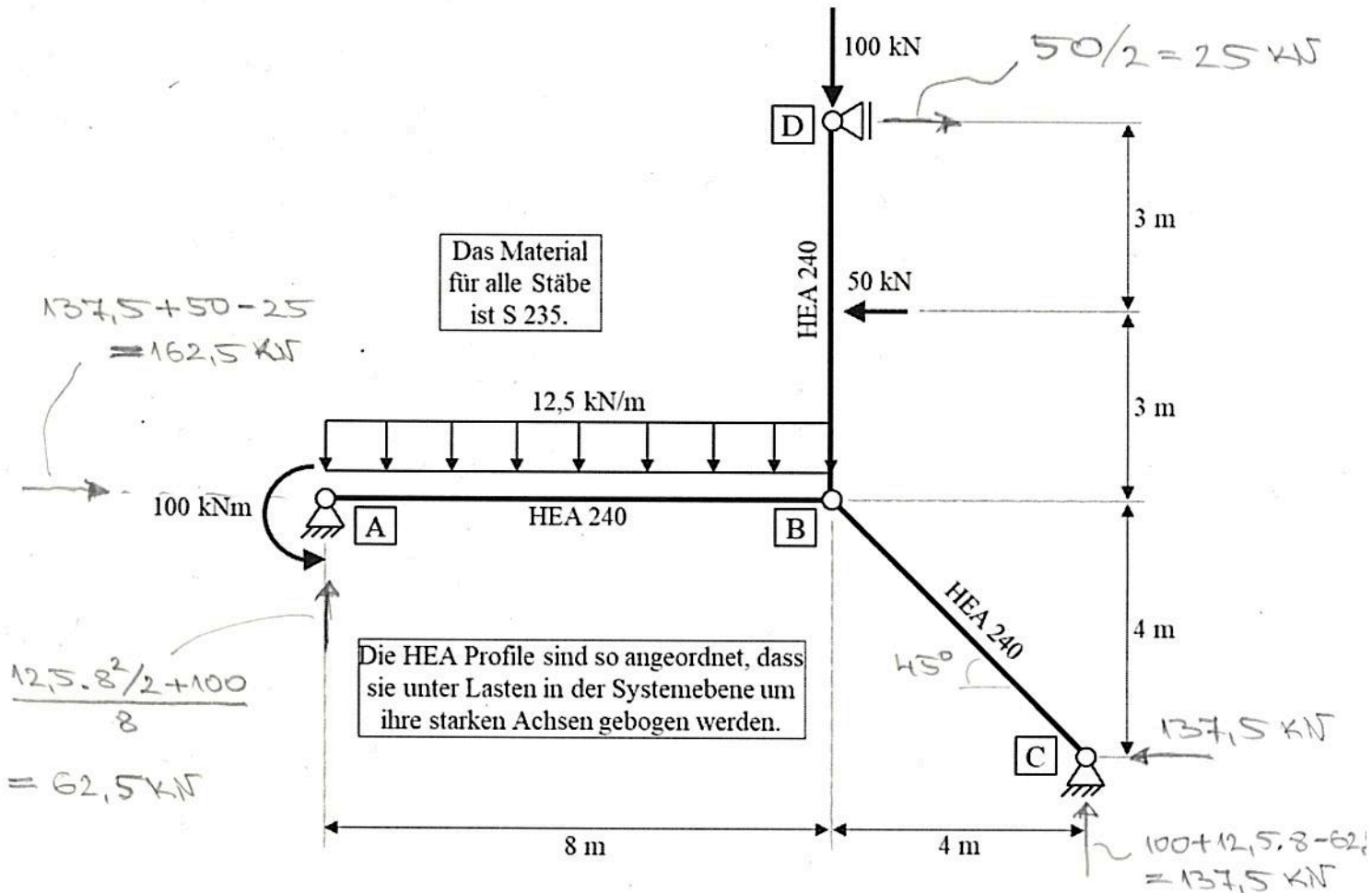
Matrikelnummer: _____

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl
1)	15	
2)	17	
3)	18	
Summe	50	
		Note:

Bearbeitungshinweise:

- Alle Blätter sind mit Namen und Matrikelnummer zu versehen.
- Es dürfen keine grünen Farbstifte verwendet werden.
- Lösungen sind so darzustellen, dass der Lösungsweg lückenlos nachvollziehbar ist.
- Für diesen 2. Teil der Klausur sind Hilfsmittel zugelassen.
- Das Mitführen von Kommunikationsmitteln ist untersagt.

Aufgabe 1 (15 Punkte)



Gegeben ist das oben dargestellte System. Alle weiteren Informationen zu Querschnitten, Materialien, Abmessungen und Belastungen sind der Skizze zu entnehmen. Die angegebenen Werte für die Belastung sind Bemessungswerte. Das Eigengewicht der Stäbe soll nicht zusätzlich berücksichtigt werden.

- Zeichnen Sie die Schnittgrößenverläufe N, Q und M für alle Stäbe und geben Sie Zahlenwerte für die maßgebenden Stellen an.

Aufgabe 2 (17 Punkte)

Für das System aus Aufgabe 1 sind auf Basis der berechneten Schnittgrößen folgende Nachweise zu führen:

- Nachweis des Stabs zwischen den Knoten B und C
- Alle erforderlichen Nachweise zum Balken zwischen den Knoten A und B. Dabei können Sie an diesen zwei Knoten von einer Gabellagerung ausgehen. Die Gleichstreckenlast wirkt auf Höhe der Profiloberkante.

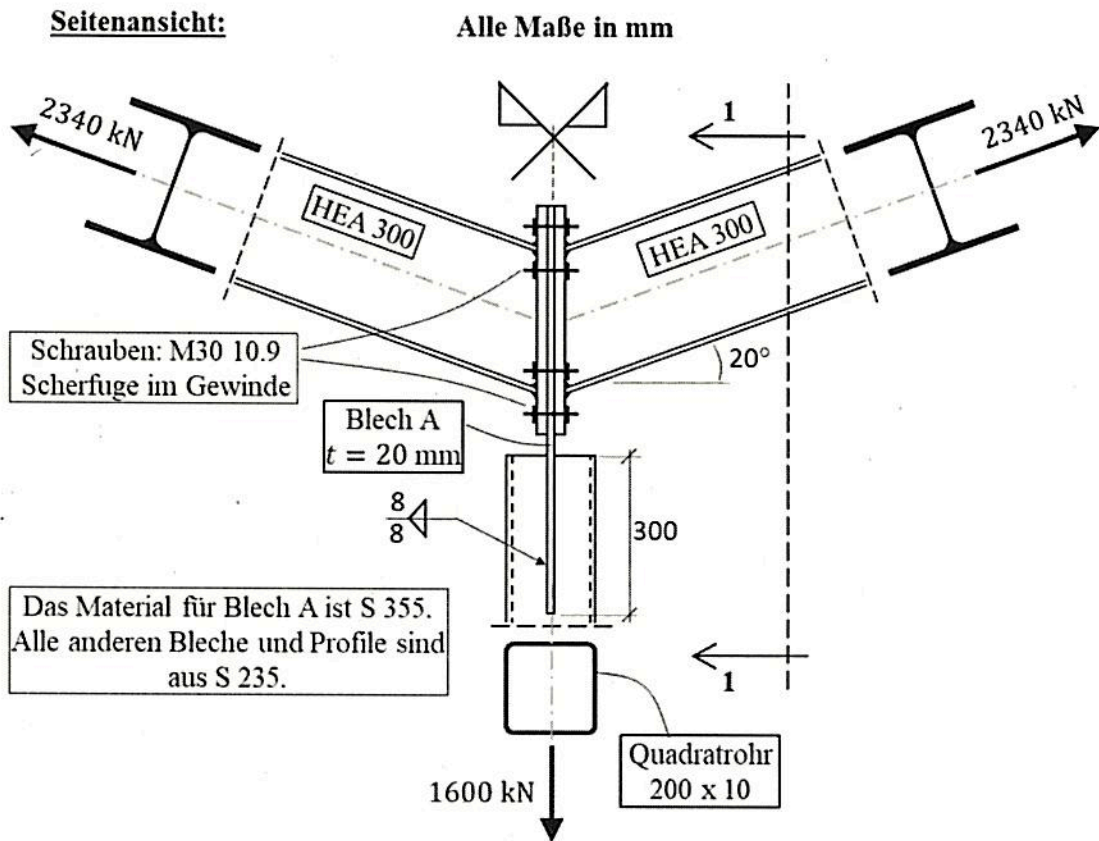
Aufgabe 3 (18 Punkte)

Das aus dem ersten Klausurteil schon bekannte Anschlussdetail soll wie unten dargestellt realisiert werden. Das vertikale Quadratrohr wird in Längsrichtung geschlitzt und dann mit einem in die Schlitz eingeführten Blech (bezeichnet mit „Blech A“ in der Skizze) verschweißt. Dieses Blech wird dann über 8 Schrauben an die HEA Profile angeschlossen, welche für den Schraubanschluss jeweils mit einer entsprechend gelochten Stirnplatte verschweißt sind.

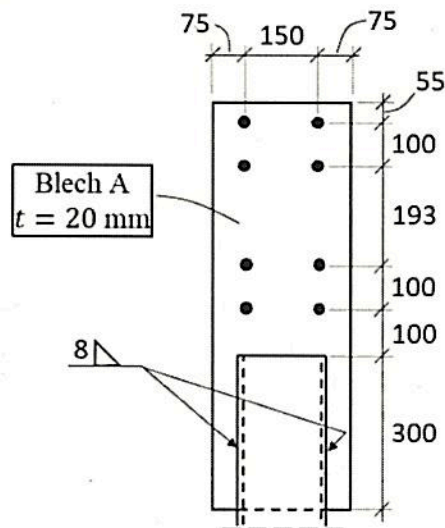
Alle Informationen, die zur Bearbeitung der folgenden Aufgabenpunkte erforderlich sind, sind in den unteren Skizzen enthalten. Die Kräfte sind mit ihren Bemessungswerten angegeben.

Folgende Nachweise sind zu führen:

- Nachweis der Schrauben
- Lochleibungsnachweis für Blech A
- Nachweis von Blech A als Zugstab
- Nachweis der Schweißnähte zwischen Blech A und dem vertikalen Quadratrohr



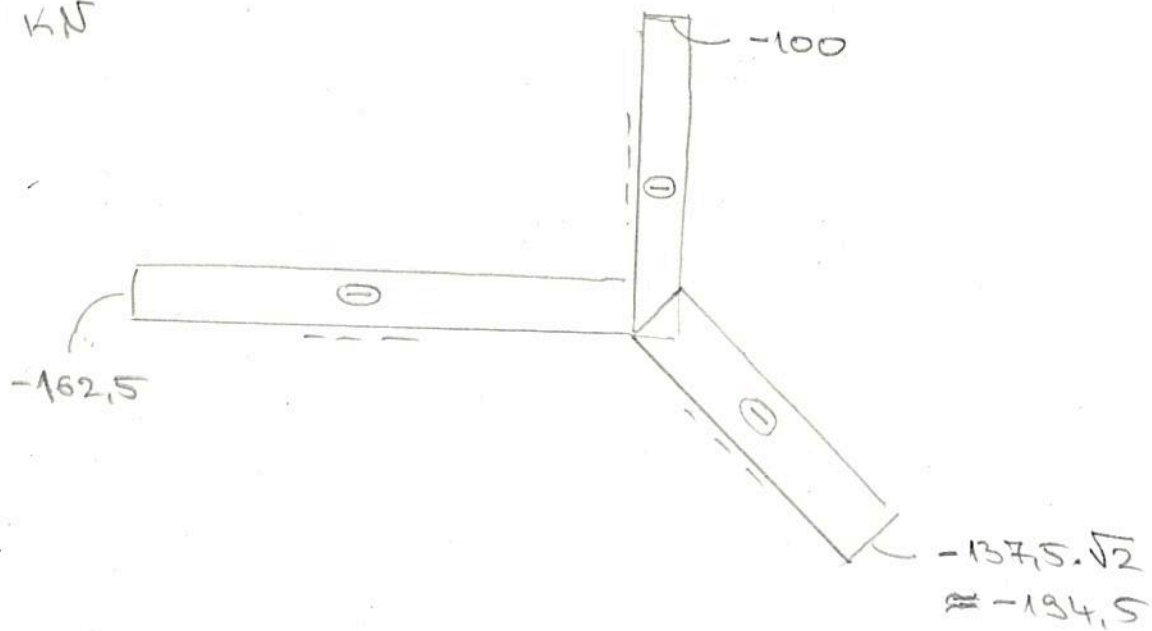
Schnitt 1-1 (nur Blech A und das Quadratrohr sind hier sichtbar):



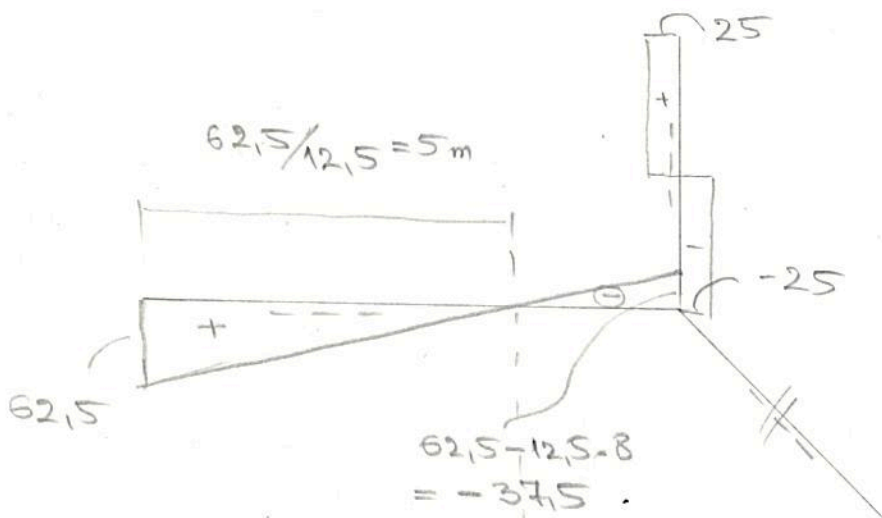
Stahlbau I, Teil II

Aufgabe 1: - Auflagerkräfte: s.o.

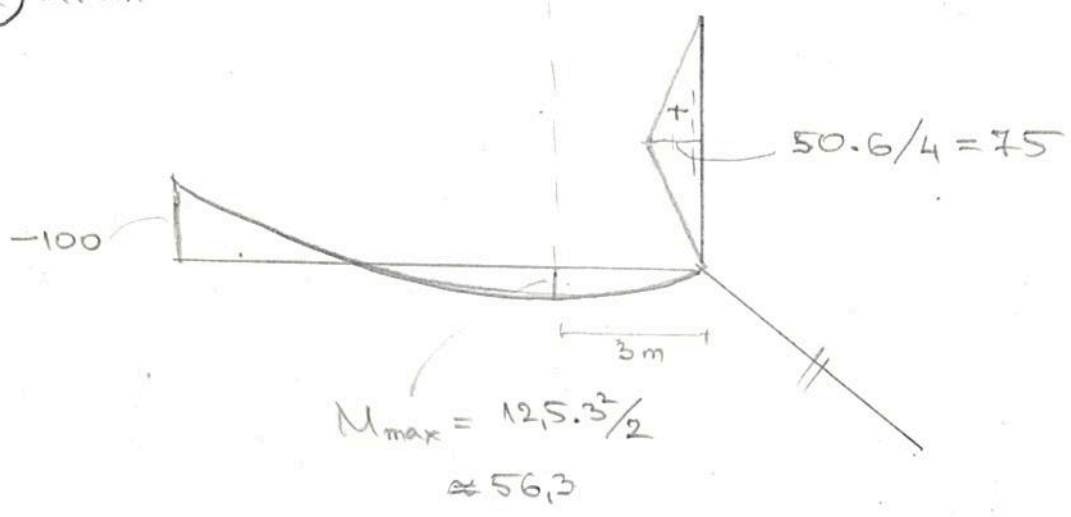
(N) KN



(Q) KN



(M) KNm



Stahlbau 1, Aufg 2

o Nachweis des Trägers zw. B und C

$$l = l_{cr,z} = 4 \cdot \sqrt{2} = 5,66 \text{ m}$$

$$N = 194,5 \text{ kN (Druck)}$$

Knicken um z maßgebend: Enkelinie 'c'.

$$\lambda_{z} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{76,8}{113 \cdot 23,5} \cdot \frac{11^2 \cdot 21000 \cdot \frac{566}{2763}}{566^2}} = \frac{1,0}{0,98}$$

$$\chi_z = \frac{0,54}{0,98} \rightarrow \text{Abgelesen aus Tabelle}$$

Nachweis:

$$\frac{194,5}{0,54 \cdot 0,98 \cdot \frac{76,8}{113 \cdot 23,5} \cdot 1,1} = \frac{0,27}{0,54} < 1 \quad \checkmark$$

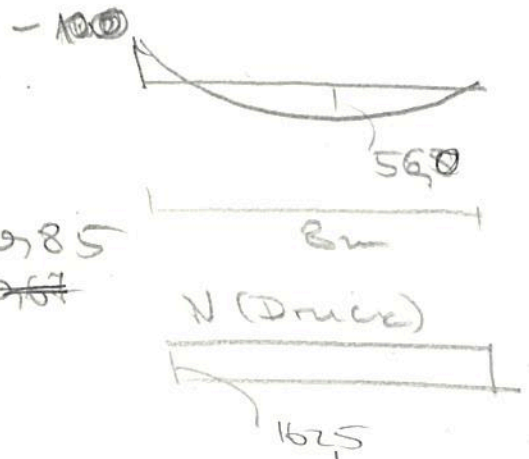
o Nachweis des Trägers zw. A und B:

o Knicken um y KL b

$$l_{cr,y} = 8 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{76,8}{113 \cdot 23,5} \cdot \frac{11^2 \cdot 21000 \cdot \frac{18260}{2763}}{800^2}} = \frac{0,85}{0,77}$$

$$\chi_y = \frac{0,635}{0,77} \text{ (Abgelesen)}$$



$$M_y = \frac{162,5}{0,635 \cdot \frac{76,8}{113 \cdot 23,5} \cdot 1,1} = \frac{0,142}{0,635} < 1 \quad \checkmark$$

Stahlbau I, Aufg 2.

- Knicen um z1: χ_{L1}

$N_{cr,z} = 8m$

$$\eta_z = \sqrt{\frac{768125 \cdot 23,5}{11 \cdot 21000 \cdot \frac{6310}{2769}}} = \frac{1,42}{1,11}$$

$\chi_z = \frac{0,343}{\underline{\underline{0,465}}}$ (abgelesen)
 $N_{cr,z} = \frac{2043,5}{896,7}$

$$\eta_z = \frac{162,5}{\frac{0,465 \cdot 11 \cdot 23,5}{0,343 \cdot 76,8}} = \frac{0,29}{\underline{\underline{0,1114}} < 1} \checkmark$$

- Biegedrillknicken: (I-Profil, $h/b \leq 2 \rightarrow \chi_{L'b}$)

$M_{cr} = \zeta \cdot N_{cr,z} \cdot \left[\sqrt{e^2 + 0,25 \cdot z_p^2} + 0,5 \cdot z_p \right]$

$\zeta = 2,25$

$z_p = -h/2 = -\frac{23}{2} = -11,5 \text{ cm}$

$N_{cr,z} = \frac{2043,5}{896,7} \text{ kN (b.o.)}$

$e^2 = (I_w + 0,039 \cdot l_{cr,z}^2 \cdot I_T) / I_z$
 $= \left(\frac{328500}{42 \cdot 10^8} + 0,039 \cdot 800^2 \cdot \frac{41,55}{2769} \right) / \frac{493}{6310} = \frac{527,2}{527,2} \text{ cm}^2$

$\Rightarrow M_{cr} = 2,25 \cdot \frac{2043,5}{896,7} \left[\sqrt{\frac{527,2}{493} + 0,25 \cdot 11,5^2} + 0,5 \cdot 11,5 \right] / 100$
 $= \underline{\underline{227}} \text{ kNm}$

Stahlbau I, Aufg 2

$$\chi_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{744,6 \cdot 23,5 / 100}{346,8}} = \underline{\underline{0,71}}$$

$$\chi_{LT} = 0,865 \text{ (abgelesen)}$$

χ_{LT}

$$m_y = \frac{100}{0,865 \cdot \frac{744,6 \cdot 23,5 / 100}{1,1}} = 0,73$$

Überlagerung:

$$|M_{s1}| = 56,0 < |M_{s1}| = 100$$

$$\alpha_s = 0,56 \quad \alpha_s = -0,56$$

$$\Rightarrow C_{my} = C_{mLT} = 0,1 \left(1 - \frac{\psi}{0} \right) - 0,8 \alpha_s$$

$$= 0,1 + 0,8 \cdot 0,56 = 0,548$$

$$\chi_{yy} = \frac{0,548}{0,73} \cdot \left(1 + (0,85 - 0,2) \cdot 0,142 \right) = 0,59$$

$$\chi_{zy} = 1 - \frac{0,1}{0,548 - 0,25} \cdot 0,29 = 0,9$$

• Interaktionsbeziehungen:

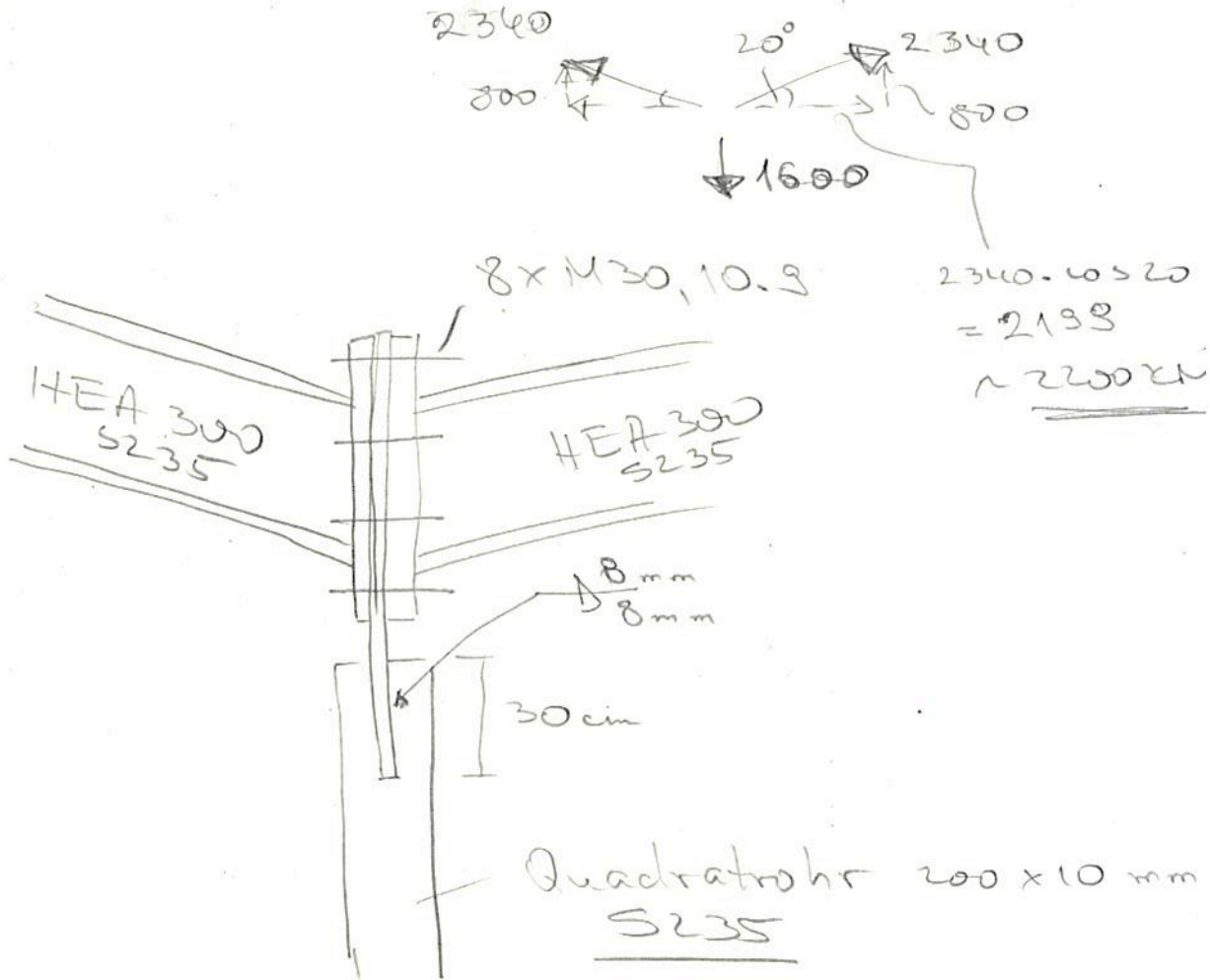
$$n_y + \chi_{yy} \cdot m_y = 0,142 + 0,6 \cdot 0,73 = 0,58 < 1 \quad \checkmark$$

$$n_z + \chi_{zy} \cdot m_y = 0,29 + 0,9 \cdot 0,73 = 0,547 < 1 \quad \checkmark$$

Stahlbau 1

- 1 -

July 3.



• Nachweis Schrauben:

$$F_{t,Ed} = \frac{2200}{8} = 275 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 404 \text{ kN}$$

2-schrittig

$$F_{v,Ed} = \frac{1600}{8} = 200 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 224 \text{ kN}$$

Interaction:

$$\frac{200}{224} + \frac{275}{1.4 \cdot 404} = 0.93 < 1 \quad \checkmark$$

Aufg. 3

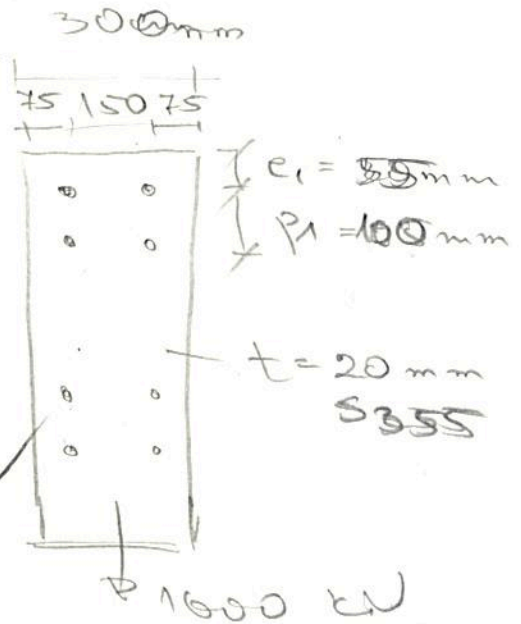
o Lochreibung Blech A:

e_1 maßgebend

$$F_{b,Rd} = \underbrace{120}_{\substack{\text{Wert} \\ \text{aus} \\ \text{Tab.}}} \cdot \underbrace{2}_{t=2} \cdot \frac{49}{36} = 326,6 \text{ kN}$$

$f_{t,5355}$
 $f_{t,5235}$

$$F_{b,Ed} = \frac{1600}{8} = 200 \text{ kN} < F_{b,Rd} \checkmark$$



o Zugnachweis Bl. A:

$$F_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 35,5 \cdot 30 \cdot 2 = 2130 \\ 0,9 \cdot \frac{49}{1,25} \cdot 2 \cdot (30 - 2 \cdot 3,5) = \underline{\underline{1651 \text{ kN}}} \end{array} \right.$$

$$F_{t,Ed} = 1600 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 1651 \checkmark$$

o Schweißnähte zw. Bl. A und QRD:

$$T_{II} = \frac{1600}{30 \cdot 0,8} \rightarrow 4 \text{ Schweißnähte} = \underline{\underline{16,6 \text{ kN/cm}^2}} < 20,7 = f_{w,Rd} \checkmark$$

Schubsp. in der Profilwand des QRD:
(kein Teil der Aufgabe)

$$T = \frac{1600/4}{30 \cdot 1} = 13,3 \text{ kN/cm}^2 < 13,56 \text{ kN/cm}^2 = T_{rd} \checkmark$$