

Prüfung WiSe 23-24 Stahlbau I – 1. Teil
Prüfungszeit 40 Minuten

Prof. Dr.-Ing. Marcus Rutner

Institut für Metall- und Verbundbau

Hamburg, den 11. März 2024

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl
1)	10	
2)	6	
3)	8	
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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

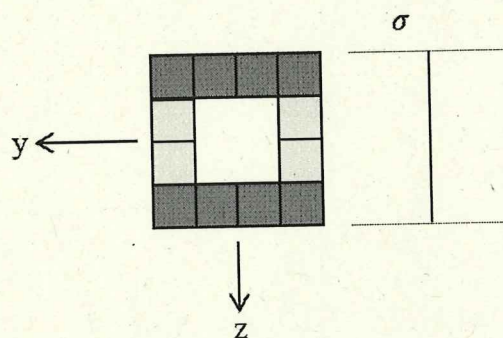
Aussagen:

- 1) Die Tragfähigkeit eines Druckstabes ist nachgewiesen, wenn gezeigt wird, dass der Betrag der einwirkenden Bemessungsdruckkraft N_{Ed} kleiner bleibt als die ideale Knicklast N_{cr} .
- 2) Alle Druckstäbe – auch diejenigen, die planmäßig zentrischen Druck aufnehmen sollen – werden bei der praktischen Ausführung noch ein Biegemoment bekommen, dessen Einfluss bei der Bemessung zu berücksichtigen ist.
- 3) Ein konstanter Momentenverlauf ist im Hinblick auf Biegedrillknicken am günstigsten.
- 4) Bei einem Träger mit I-Profil unter Gleichstreckenlast führt ein Angriff dieser Last auf Höhe des Zugflansches zu einer reduzierten Biegedrillknickgefahr im Vergleich zu einem Lastangriff in Höhe des Profilschwerpunktes.
- 5) Unter sonst gleichen Bedingungen kann die Wahl eines Stahls mit höherer Streckgrenze dabei helfen, die Systemverformungen unter Last zu reduzieren.
- 6) Je höher die Streckgrenze des verwendeten Stahls, umso größer sind die maximal erlaubten c/t – Verhältnisse für die Einstufung eines Querschnittes in eine bestimmte Querschnittsklasse.
- 7) Ein Querschnitt, der die Anforderungen für Querschnittsklasse 2 erfüllt, darf nur plastisch bemessen werden.
- 8) Die Tragfähigkeit einer SL-Verbindung auf Lochleibung ist proportional zur Dicke der verwendeten Bleche.
- 9) Die vollständige Ausnutzung des Steges eines I-Profils unter einer Querkraft V_z führt zu einer drastischen Reduktion des aufnehmbaren Momentes M_y .
- 10) Die Auslegung einer SL-Verbindung so, dass Lochleibung gegenüber Schraubenabscheren maßgebend wird, führt zu einer verbesserten Duktilität dieser Verbindung.

Aufgabe 2 (6 Punkte)

Auf das unten dargestellte doppelsymmetrische Hohlkastenprofil wird eine Zugnormalkraft aufgebracht, die $\frac{1}{5} N_{pl}$ entspricht. Zusätzlich wird ein positives Moment M_y aufgebracht, das so groß ist, dass der Querschnitt plastisch voll ausgenutzt wird. Bei der Beantwortung der folgenden Fragen ist noch zu berücksichtigen, dass das Material für die dunkler dargestellten Querschnittsteile eine zweimal höhere Streckgrenze hat als das Material für heller dargestellten Teile.

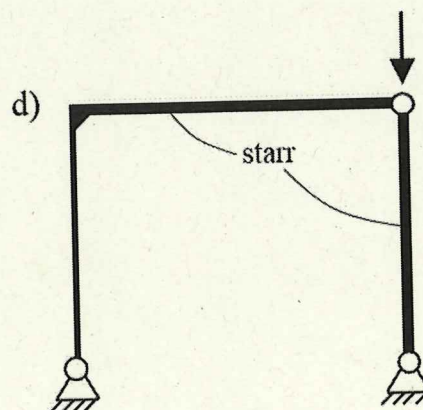
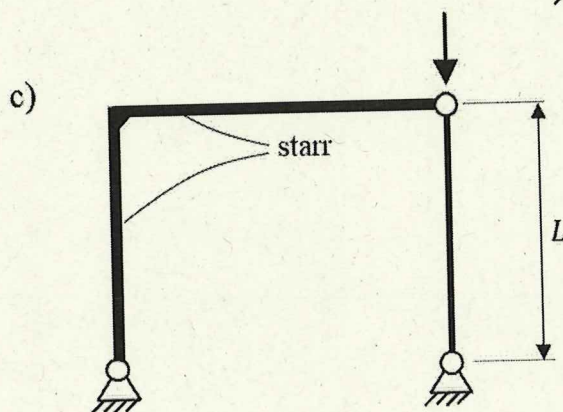
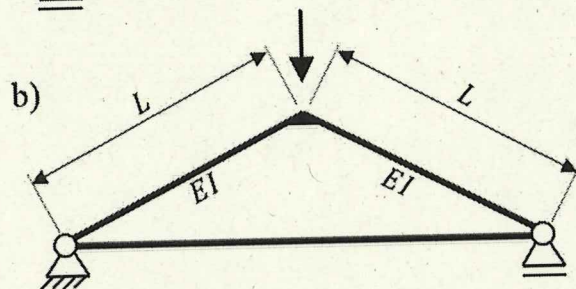
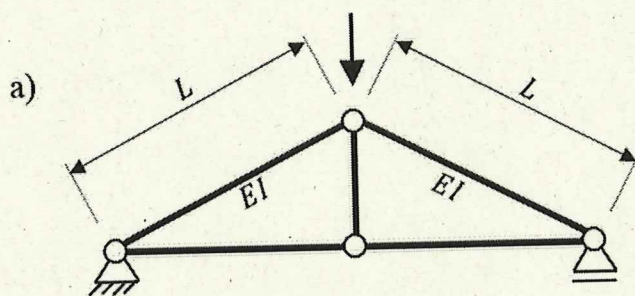
- Wo exakt verläuft die plastisch neutrale Achse (PNA) unter der gegebenen Schnittgrößenkombination? Die unten zu sehende zeichnerische Unterteilung des Querschnittes in mehrere gleich große Teilflächen soll die exakte Beantwortung dieser Frage erlauben.
- Zeichnen Sie noch den Normalspannungsverlauf über die Querschnittsbreite.



Aufgabe 3 (8 Punkte)

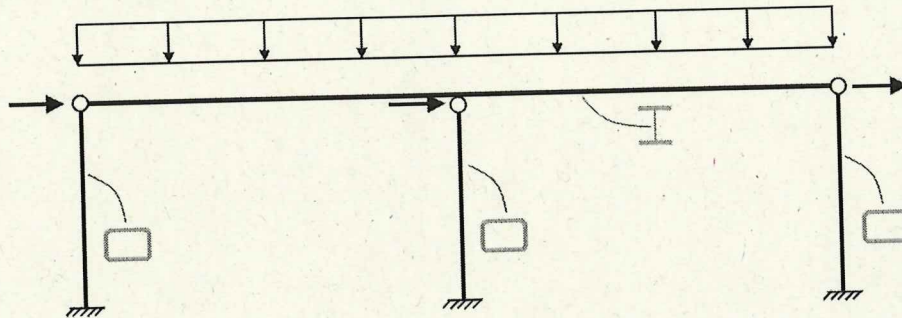
Zeichnen Sie für die unten dargestellten Systeme a) bis c) qualitativ die Knickbiegeline und machen Sie eine Abschätzung für die Knicklänge der druckbelasteten Stäbe. Für das System d) ist nur die qualitative Knickbiegeline zu zeichnen.

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.

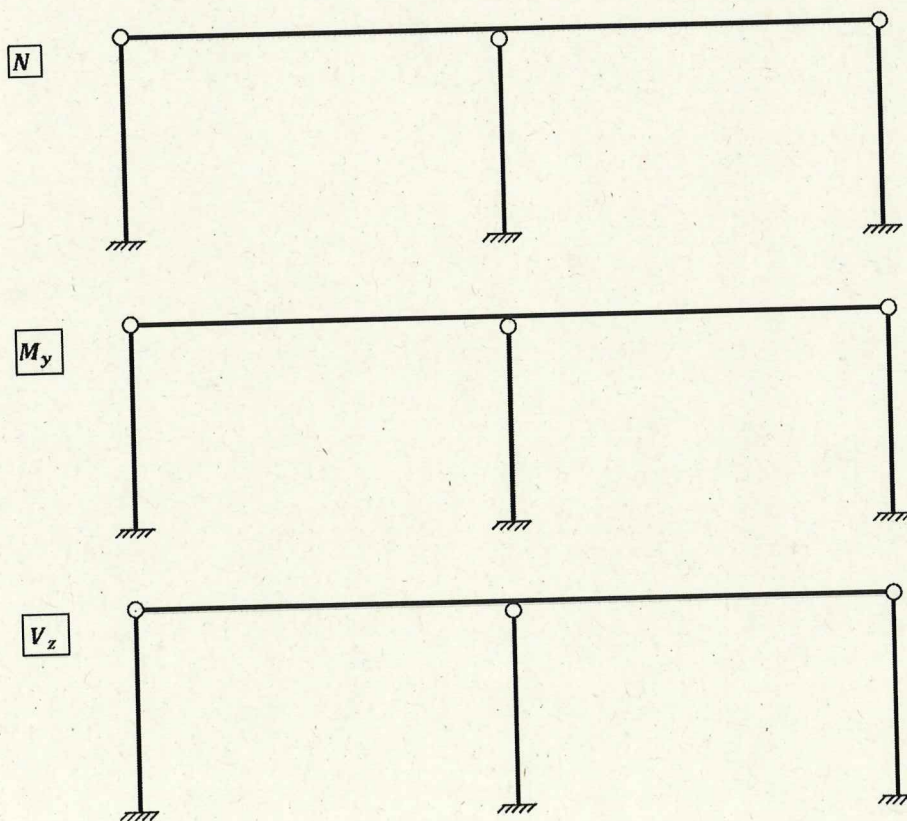


Aufgabe 4 (7 Punkte)

Unten dargestellt ist das statische System in Querrichtung für eine zweischiffige Industriehalle. Die verwendeten Profiltypen sind neben den jeweiligen Stäben zu sehen. Die drei Stützen sind gleich lang, haben den gleichen Querschnitt und erfahren gleich große Horizontalkräfte an ihrem oberen Ende.



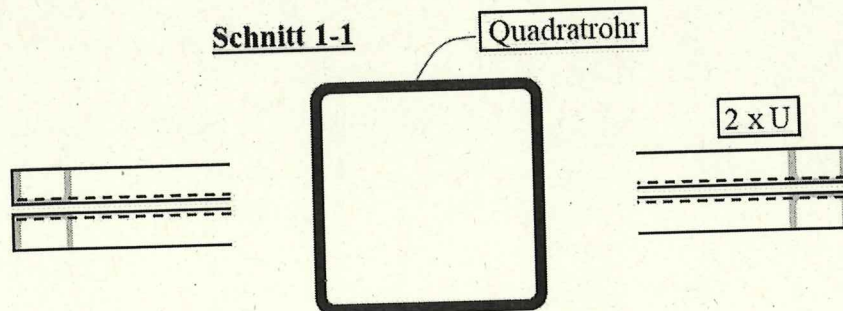
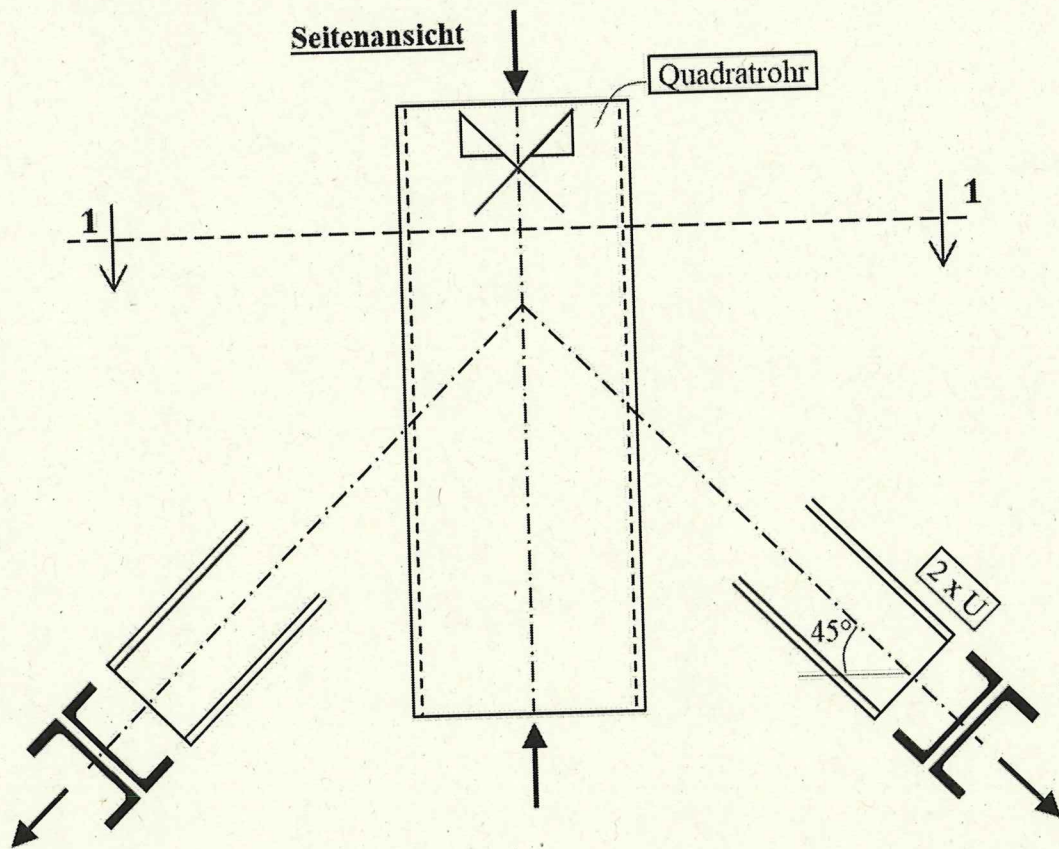
- Zeichnen Sie qualitativ die Schnittgrößenverläufe unter Angabe der Vorzeichen.
- Zählen Sie die erforderlichen Nachweise für die verschiedenen Bauteile auf.



Aufgabe 5 (9 Punkte)

Gegeben ist die unten dargestellte Anschlusssituation, bei der zwei unter 45° geneigte Zugstäbe mit Doppel-U Querschnitt und eine Stütze mit Quadratrohrquerschnitt miteinander zu verbinden sind. Die Achse der Stütze ist eine Symmetrieachse bezüglich Geometrie und Belastung. Machen Sie einen sinnvollen Konstruktionsvorschlag, der die Übertragung der Kräfte aus den Zugstäben ermöglicht. Vervollständigen Sie dazu die Zeichnungen unten.

Es sind keinerlei Berechnungen erforderlich.



Prüfung WiSe 23-24 Stahlbau I – 2. Teil
Prüfungszeit 50 Minuten

Prof. Dr.-Ing. Marcus Rutner

Institut für Metall- und Verbundbau

Hamburg, den 11. März 2024

Name: _____

Vorname: _____

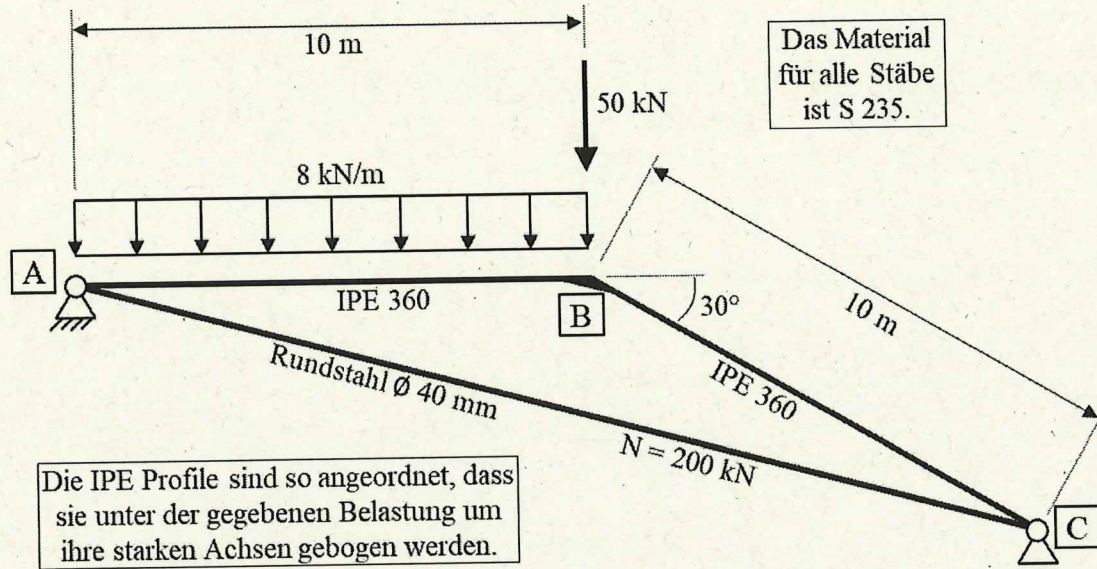
Matrikelnummer: _____

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl
1)	15	
2)	18	
3)	17	
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, bestehend aus zwei in einem flachen Winkel anschließenden IPE 360 Trägern, die durch einen Zugstab mit Rundstahlprofil unterspannt sind. Die Zugkraft in der Unterspannung ist mit 200 kN vorgegeben und braucht daher nicht am statisch unbestimmten System berechnet zu werden.

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 (18 Punkte)

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

- Nachweis des Rundstahlprofils der Unterspannung
- Alle erforderlichen Nachweise zum IPE 360 Träger im Abschnitt zwischen den Knoten B und C. Dabei können Sie an diesen zwei Knoten, sowie am Punkt auf der halben Strecke dazwischen, von einer Gabellagerung ausgehen.

Zusatzfrage: Kann man ohne weitere Berechnungen davon ausgehen, dass die geführten Nachweise für den Träger zwischen den Knoten B und C auch den Träger zwischen den Knoten A und B abdecken? Begründen Sie Ihre Antwort. Gehen Sie bei der Beantwortung dieser Frage von folgenden Annahmen aus:

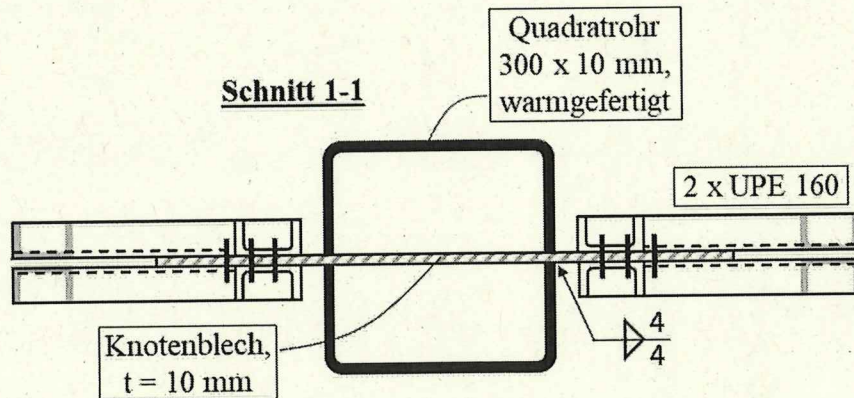
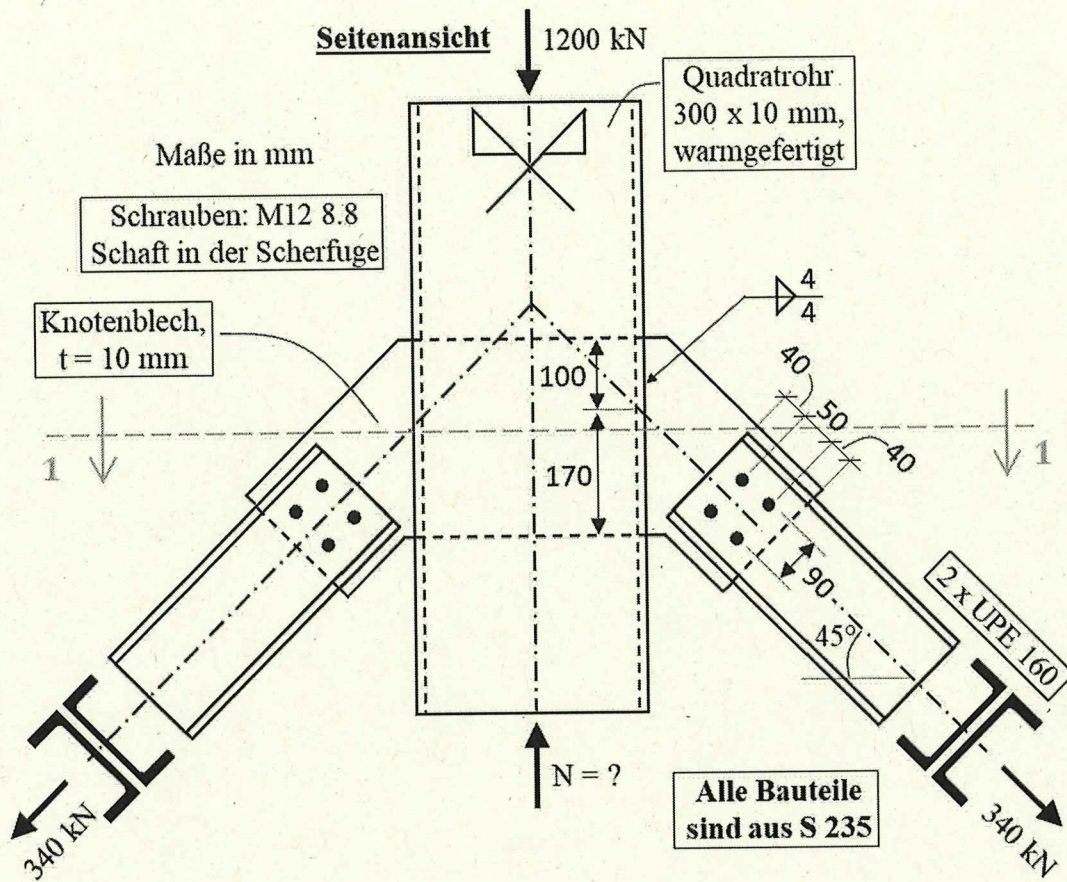
- Gabellagerung an den Knoten A und B, sowie am Punkt auf der halben Strecke dazwischen;
- Angriff der Gleichstreckenlast in Höhe des Profilschwerpunktes.

Aufgabe 3 (17 Punkte)

Das aus dem ersten Klausurteil schon bekannte Anschlussdetail soll wie unten dargestellt realisiert werden. Die Doppel-U Profile werden mit einem durchgehenden 10 mm dicken Knotenblech verschraubt, welches vorher durch vertikale Schlitze in der linken und rechten Profilwand der Stütze durchgesteckt und damit verschweißt wurde.

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

- Bestimmen Sie die Drucknormalkraft im Stützenprofil unterhalb des Anschlussknotens (s. Seitenansicht des Anschlusses).
- Führen Sie den Schrauben- und Lochleibungsnachweis für den Schraubanschluss.
- Führen Sie den Nachweis der Doppelkehlnaht zwischen Knotenblech und Profilwand der Stütze.
- Berechnen Sie die maximale Spannung im durch die Stütze gesteckten Teil des Knotenbleches.



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

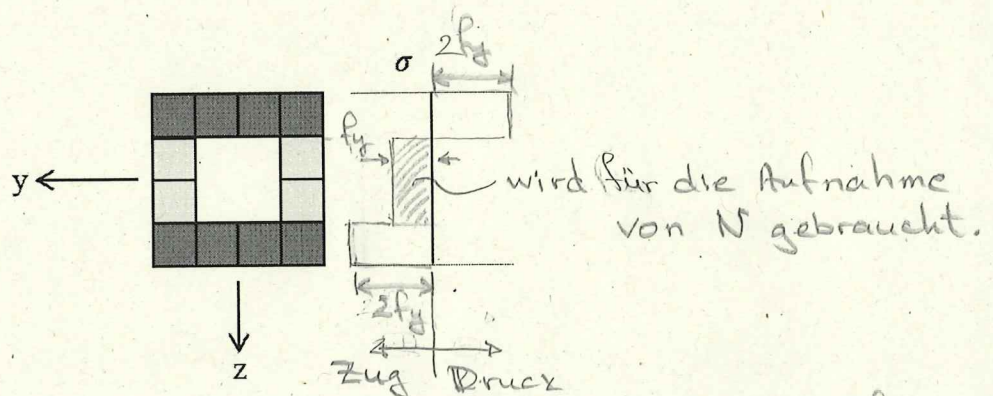
Aussagen:

- 1) Die Tragfähigkeit eines Druckstabes ist nachgewiesen, wenn gezeigt wird, dass der Betrag der einwirkenden Bemessungsdruckkraft N_{Ed} kleiner bleibt als die ideelle Knicklast N_{cr} .
- 2) Alle Druckstäbe – auch diejenigen, die planmäßig zentrischen Druck aufnehmen sollen – werden bei der praktischen Ausführung noch ein Biegemoment bekommen, dessen Einfluss bei der Bemessung zu berücksichtigen ist.
- 3) Ein konstanter Momentenverlauf ist im Hinblick auf Biegedrillknicken am günstigsten.
- 4) Bei einem Träger mit I-Profil unter Gleichstreckenlast führt ein Angriff dieser Last auf Höhe des Zugflansches zu einer reduzierten Biegedrillknickgefahr im Vergleich zu einem Lastangriff in Höhe des Profilschwerpunktes.
- 5) Unter sonst gleichen Bedingungen kann die Wahl eines Stahls mit höherer Streckgrenze dabei helfen, die Systemverformungen unter Last zu reduzieren.
- 6) Je höher die Streckgrenze des verwendeten Stahls, umso größer sind die maximal erlaubten c/t – Verhältnisse für die Einstufung eines Querschnittes in eine bestimmte Querschnittsklasse.
- 7) Ein Querschnitt, der die Anforderungen für Querschnittsklasse 2 erfüllt, darf nur plastisch bemessen werden.
- 8) Die Tragfähigkeit einer SL-Verbindung auf Lochleibung ist proportional zur Dicke der verwendeten Bleche.
- 9) Die vollständige Ausnutzung des Steges eines I-Profils unter einer Querkraft V_z führt zu einer drastischen Reduktion des aufnehmbaren Momentes M_y .
- 10) Die Auslegung einer SL-Verbindung so, dass Lochleibung gegenüber Schraubenabscheren maßgebend wird, führt zu einer verbesserten Duktilität dieser Verbindung.

Aufgabe 2 (6 Punkte)

Auf das unten dargestellte doppelsymmetrische Hohlkastenprofil wird eine Zugnormalkraft aufgebracht, die $\frac{1}{5} N_{pl}$ entspricht. Zusätzlich wird ein positives Moment M_y aufgebracht, das so groß ist, dass der Querschnitt plastisch voll ausgenutzt wird. Bei der Beantwortung der folgenden Fragen ist noch zu berücksichtigen, dass das Material für die dunkler dargestellten Querschnittsteile eine zweimal höhere Streckgrenze hat als das Material für heller dargestellten Teile.

- Wo exakt verläuft die plastisch neutrale Achse (PNA) unter der gegebenen Schnittgrößenkombination? Die unten zu sehende zeichnerische Unterteilung des Querschnittes in mehrere gleich große Teilflächen soll die exakte Beantwortung dieser Frage erlauben.
- Zeichnen Sie noch den Normalspannungsverlauf über die Querschnittsbreite.



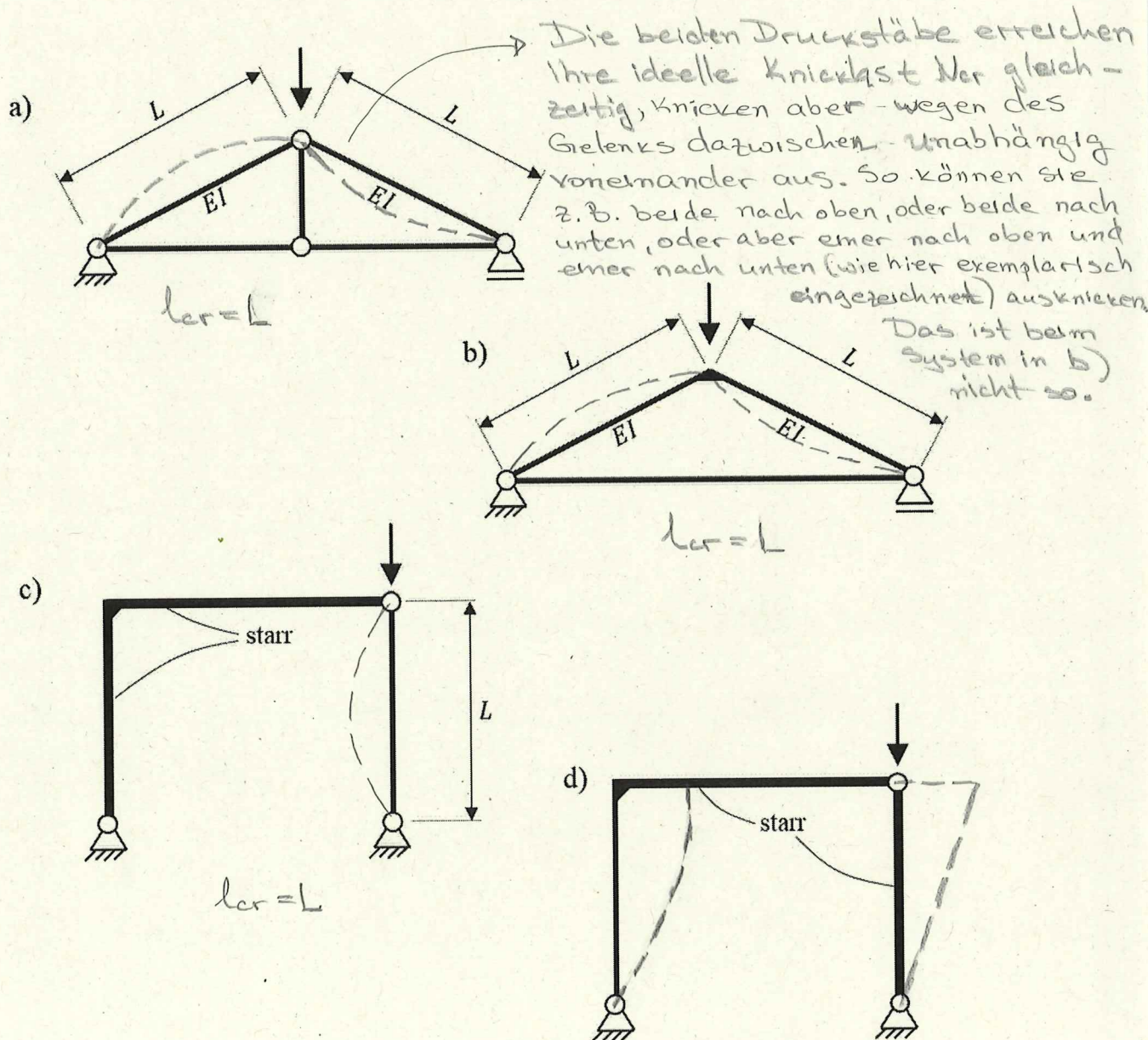
Es gibt 8 dunkle Kästchen mit der Streckgrenze $2f_y$ und 4 helle Kästchen mit der Streckgrenze f_y . Ein dunkles Kästchen entspricht in der aufnehmbaren Normalkraft zwei hellen.
 $\Rightarrow N_{pl} = 8 \cdot 2f_y + 4 \cdot f_y = 20f_y$

Für die Aufnahme der Normalkraft $\frac{1}{5} N_{pl} = \frac{1}{5} \cdot 20f_y = 4f_y$ werden 4 helle Kästchen gebraucht – das sind die mittleren 4. Alle dunklen Kästchen stehen für die Aufnahme des Momentes zur Verfügung.

Aufgabe 3 (8 Punkte)

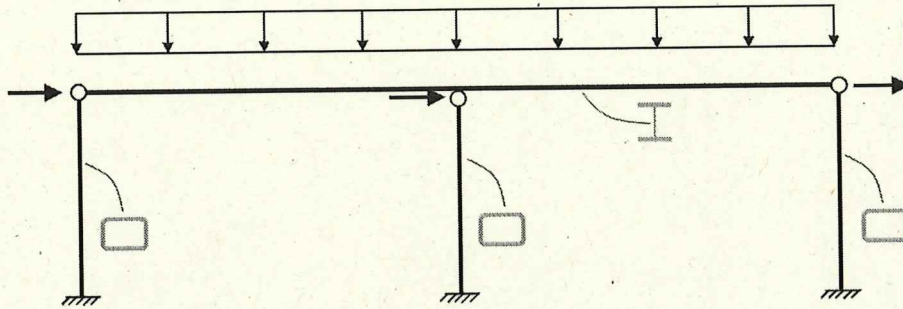
Zeichnen Sie für die unten dargestellten Systeme a) bis c) qualitativ die Knickbiegeline und machen Sie eine Abschätzung für die Knicklänge der druckbelasteten Stäbe. Für das System d) ist nur die qualitative Knickbiegeline zu zeichnen.

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.

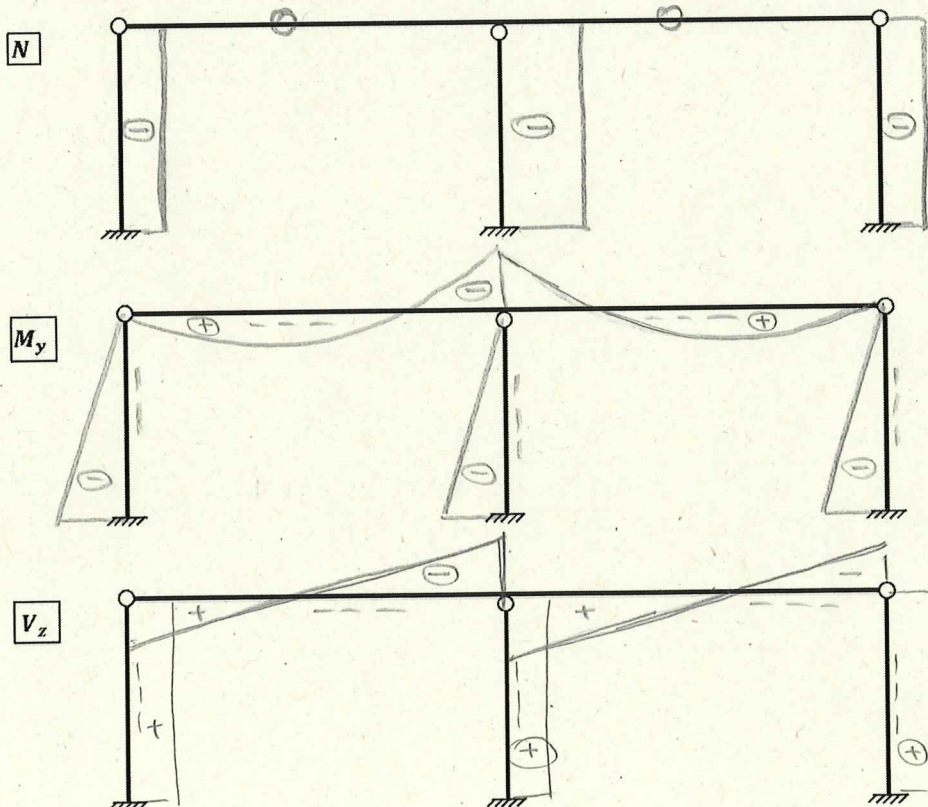


Aufgabe 4 (7 Punkte)

Unten dargestellt ist das statische System in Querrichtung für eine zweischiffige Industriehalle. Die verwendeten Profiltypen sind neben den jeweiligen Stäben zu sehen. Die drei Stützen sind gleich lang, haben den gleichen Querschnitt und erfahren gleich große Horizontalkräfte an ihrem oberen Ende.



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



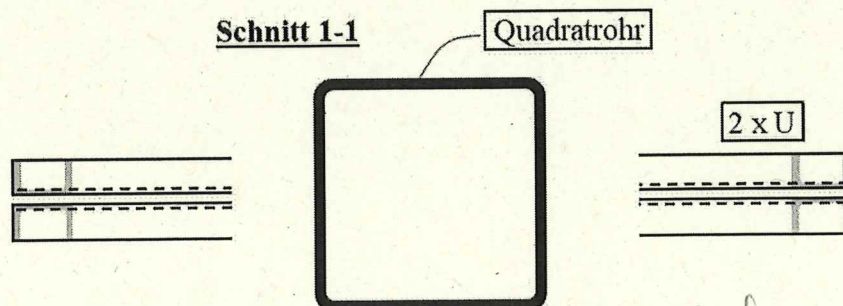
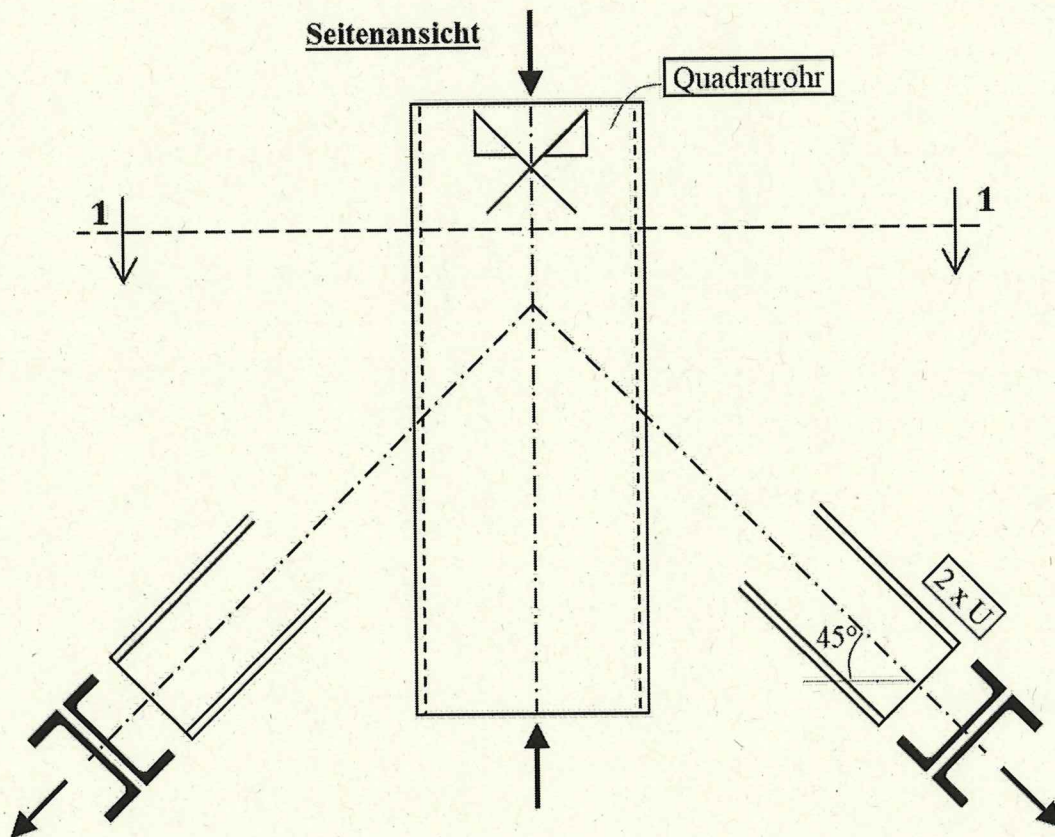
Nachweise:

- Stützen: Querschnittsnachweis an der Einspannstelle, Biegemomentsnachweis
- Riegel: Querschnittsnachweis an der Mittelstütze, Biegedrillknicknachweis

Aufgabe 5 (9 Punkte)

Gegeben ist die unten dargestellte Anschlusssituation, bei der zwei unter 45° geneigte Zugstäbe mit Doppel-U Querschnitt und eine Stütze mit Quadratrohrquerschnitt miteinander zu verbinden sind. Die Achse der Stütze ist eine Symmetrieachse bezüglich Geometrie und Belastung. Machen Sie einen sinnvollen Konstruktionsvorschlag, der die Übertragung der Kräfte aus den Zugstäben ermöglicht. Vervollständigen Sie dazu die Zeichnungen unten.

Es sind keinerlei Berechnungen erforderlich.



Eine mögliche Ausführung ist in Aufgabe 3 von Teil 2 zu finden.

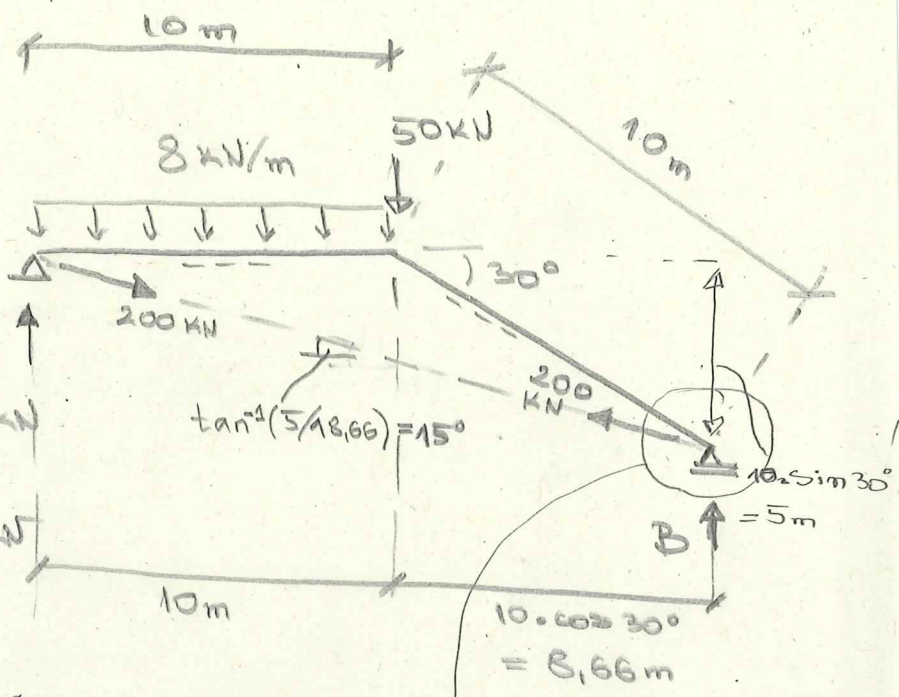
Stahlbau I, Teil II

Aufgabe 1:

Auflagerreaktionen
A und B:

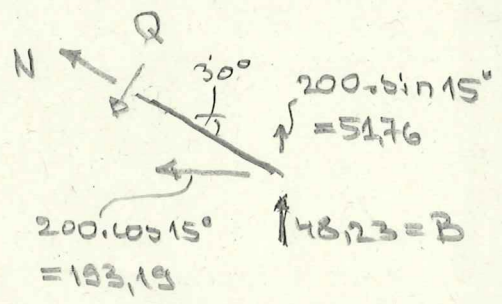
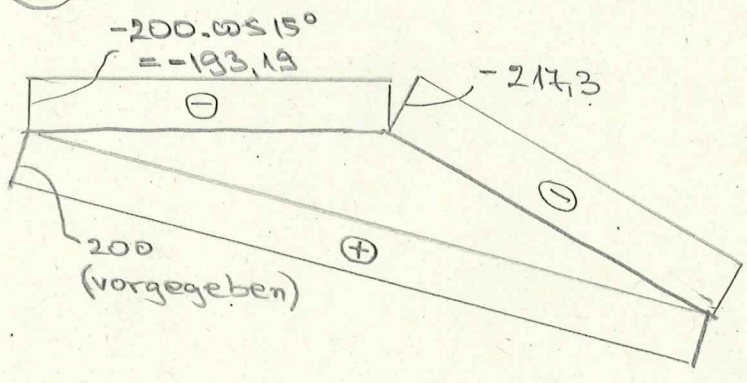
$$B = \frac{8 \cdot 10^2 / 2 + 50 \cdot 10}{18,66} = 48,23 \text{ kN}$$

$$A = 8 \cdot 10 + 50 - 48,23 = 81,77 \text{ kN}$$

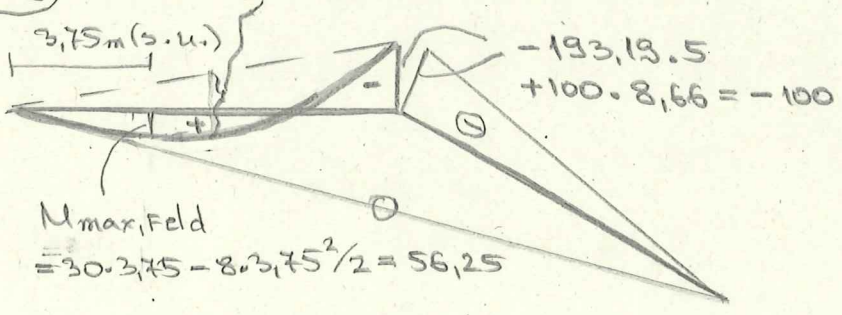


Schnittgrößenverläufe:

(N) [kN]

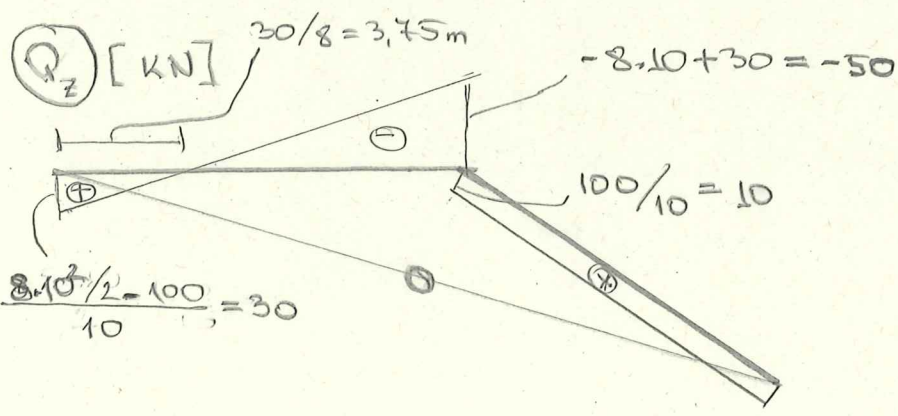


(M_y) [kNm] $8 \cdot 10^2 / 8 = 100$



$$\begin{aligned} & N + 193,19 \cdot \cos 30^\circ \\ & + \underbrace{(51,76 + 48,23)}_{\approx 100 \text{ kN}} \cdot \sin 30^\circ = 0 \\ \Rightarrow & N = -217,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

(Q_z) [kN]



Stahlbau I, Teil II

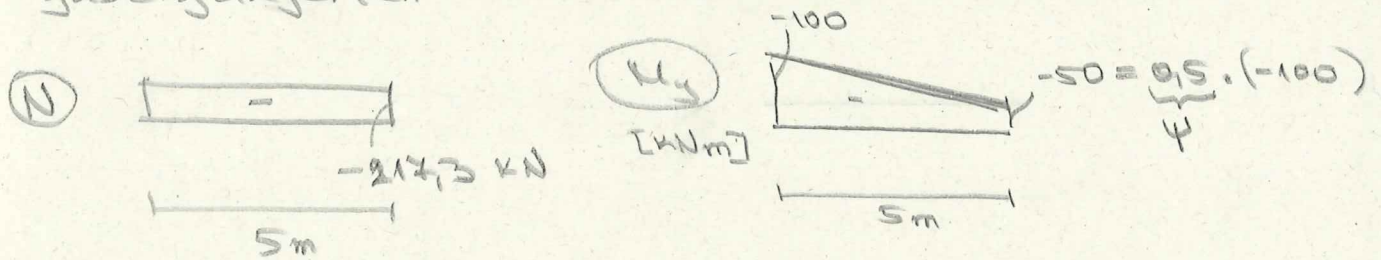
Aufgabe 2:

- Rundstahlprofil:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{200 \text{ kN}}{\pi \cdot 4^2 / 4} = 15,9 \text{ kN/cm}^2 < 23,5 \checkmark$$

- Trägerabschnitt zw. B und C:

Schnittgrößen N und M im maßgebenden gabelgelagerten Abschnitt:

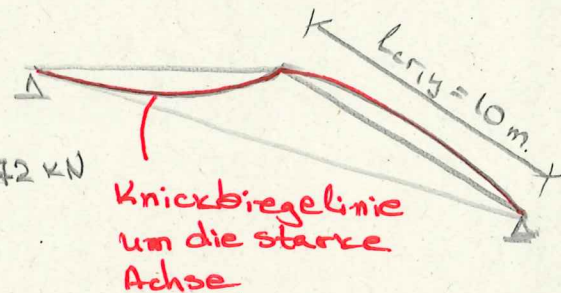


- Knicken um die starke Achse:

$$l_{cr,y} = 10 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 16270}{1000^2} = 3372 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{727 \cdot 23,5}{3372}} = 0,71$$



$\chi_y = 0,845$ abgelesen für Knicklinie 'a'

Ausnutzungsgrad:

$$\eta_y = \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{217,3}{0,845 \cdot 727 \cdot 23,5 / 1,1} = 0,165 < 1$$

Stahlbau I, Teil IIAufgabe 2:- Knicken um die z-Achse

$$l_{cr,z} = 5 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 1040}{500^2} = 863 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{72,7 \cdot 23,5}{863}} = 1,4$$

 $\chi_z = 0,385$ abgelesen für Knicklinie 'b'

Ausnutzungsgrad:

$$\eta_z = \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{217,3}{0,385 \cdot 72,7 \cdot 23,5 / 1,1} = 0,36 < 1$$

- Belegedrillknicken

$$M_{cr} = \zeta \cdot N_{cr,z} \cdot \sqrt{e^2} \quad \text{mit } z_{cp} = 0$$

Momentenbeiwert ζ :

$$\zeta = 1,77 - 0,77 \cdot \psi = 1,77 - 0,77 \cdot 0,5 = 1,385$$

Drehradius e :

$$e^2 = (I_w + 0,039 \cdot l^2 \cdot I_T) / I_z = (313600 + 0,039 \cdot 500^2 \cdot 373) / 1040 = 650 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow M_{cr} = 1,385 \cdot 863 \cdot \sqrt{650} / 100 = 305 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1019 \cdot 23,5 / 100}{305}} = 0,89$$

 $h/b = 360/170 > 2 \Rightarrow$ Knicklinie 'c' $\Rightarrow \chi_{LT} = 0,71$

Ausnutzungsgrad:

$$\eta_y = \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{100}{0,71 \cdot \frac{1019 \cdot 23,5}{100} / 1,1} = 0,647 < 1$$

Stahlbau I, Teil II

Aufgabe 2:

Es ist noch nachzuweisen, dass:

$$n_y + k_{yy} \cdot m_y \leq 1 \Rightarrow 0,165 + \overset{\text{s.u.}}{0,65} \cdot 0,647 = 0,59 < 1 \quad \checkmark$$

$$\text{und } n_z + k_{zy} \cdot m_y \leq 1 \Rightarrow 0,36 + \underset{\text{s.u.}}{0,93} \cdot 0,647 = 0,96 < 1 \quad \checkmark$$

$$k_{yy} = C_{my} [1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot n_y] = 0,6 \cdot [1 + (0,71 - 0,2) \cdot 0,165] = \underline{\underline{0,65}}$$

mit $C_{my} = 0,6$

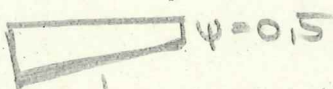


My-Verlauf entlang l_{erig}

$$< 0,6 \cdot [1 + 0,8 \cdot 0,165] = 0,68$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \cdot n_z = 1 - \frac{0,1 \cdot 1,4}{0,8 - 0,25} \cdot 0,36 = 0,91$$

mit $C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot 0,5 = 0,8$



My-Verlauf entlang des maßgebenden gabelgelagerten Abschnitts

$$< 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot n_z = 1 - \frac{0,1 \cdot 1,4}{0,8 - 0,25}$$

$$= \underline{\underline{0,93}}$$

↳ maßgebend

→ Es ist abschließend die Querschnittstragfähigkeit am Knoten B zu überprüfen:

$$\text{elastischer Nachweis: } \sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{2173}{72,7} + \frac{100 \cdot 10^2}{904} = 14,1 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$< \frac{23,5}{1,1} \quad \checkmark$$

Die größte Querkraft (l_{ines} am Knoten B)

bleibt mit 80 kN kleiner als $0,5 \cdot V_{pl,z} = 0,5 \cdot \frac{351 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 216 \text{ kN}$
so dass die Querkraft keinen Einfluss auf die aufnehmbaren N und M_y hat.

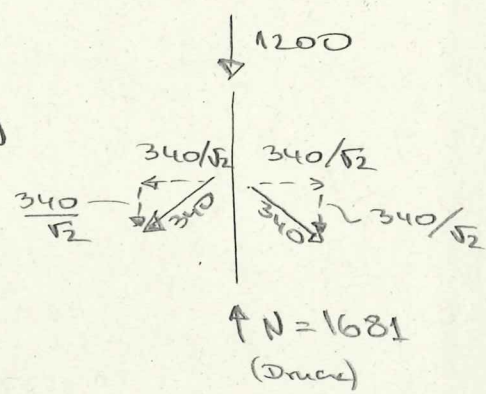
Zusatzfrage: Durch die oben geführten Nachweise ist auch der Abschnitt zw. A und B abgedeckt, da der M-Verlauf dort weniger voll und N kleiner ist, während alle anderen Einflussfaktoren gleich sind.

Stahlbau I, Teil II

Aufgabe 3:

- Druckkraft in der Stütze unterhalb des Anschlussknotens:

$$N = 1200 + 2 \cdot 340 / \sqrt{2} = 1681 \text{ kN (Druck)}$$



- Nachweise:

- Schraubenabscheren:

$$F_{v,Ed} = \frac{1}{2} \cdot \frac{340}{4} = 42,5 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 43,4 \text{ kN} \quad \checkmark$$

(pro Scherfuge) 2 Scherfugen pro Schraube (M12, 8.8 Schaft in der Scherfuge)

- Lochleibung:

Das Knotenblech ist maßgebend, da es mit $t = 10 \text{ mm}$ dünner ist als die 2 UPE 160-Stege ($2 \cdot t_w = 2 \cdot 5,5 = 11 \text{ mm}$), während alle anderen Einflussfaktoren gleich sind.

$$F_{b,Ed} = \frac{340}{4} = 85 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 86,4 \text{ kN} \quad \checkmark$$

(mit $e_1 = 40 \text{ mm}$, $p_1 = 50 \text{ mm}$, $e_2 > 1,5 \cdot 13 = 19,5 \text{ mm}$, $p_2 > 3 \cdot 13 = 39 \text{ mm}$)

- Nachweis der Doppelkehlnaht:

Diese Naht muss nur die vertikale Komponente der Diagonalkraft aufnehmen. Die horizontalen Komponenten werden im durchgesteckten Teil des Knotenbleches aufgenommen (s. letzten Aufgabenteil).

$$t_{II} = \frac{340 / \sqrt{2}}{2 \cdot 0,4 \cdot 27} = 11,1 \text{ kN/cm}^2 < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot p_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{36}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} = 20,8 \text{ kN/cm}^2$$

Stahlbau I, Teil II

Aufgabe 3:

- Spannungen im durchgesteckten Teil des Knotenbleches:

Die maximale σ -Spannung entsteht am Oberrand des durchgesteckten Knotenblech teils, da sich dort die Zugspannungen aus N und M (s. Erläuterungen rechts) überlagern:

$$\sigma_{max} = \frac{240}{1.27} + \frac{840}{1.27^2/6} = \frac{15,8 \text{ kN}}{\text{cm}^2} < 23,5$$

(Zug)

Am Blechunterrand ergibt sich mit

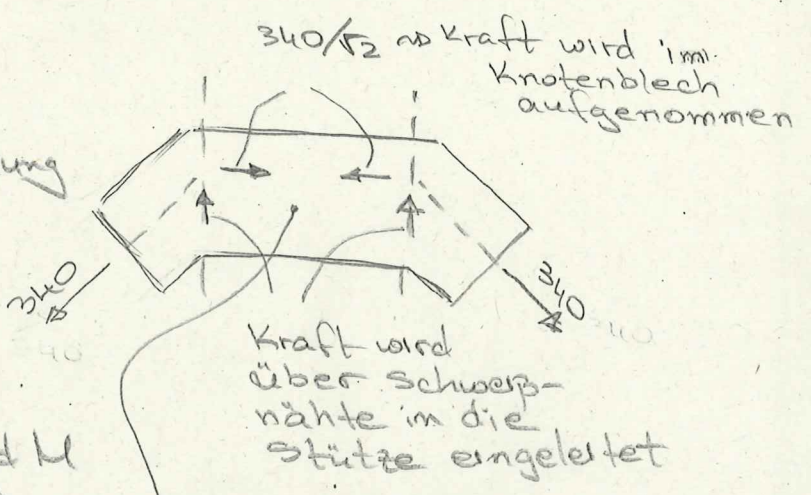
$$\sigma_u = \frac{240}{1.27} - \frac{840}{1.27^2/6} \approx 2 \text{ kN/cm}^2$$

→ immer noch eine Zugspannung, so dass keine Beulgefahr besteht.

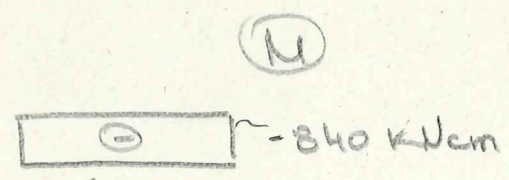
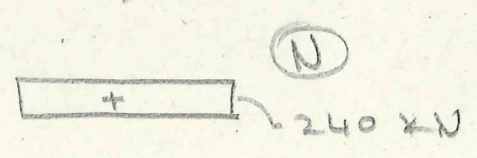
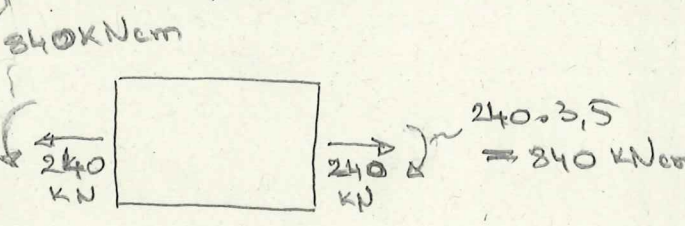
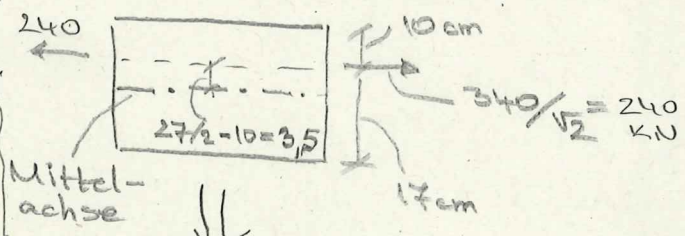
Maßgebend für den Knotenblechnachweis ist eigentlich der vertikale Schnitt außerhalb der Stütze, wo noch eine Schubspannung wirkt. Der plastische Nachweis würde so aussehen:

$$\sigma_{y,red} = \sqrt{\sigma_y^2 - 3\tau^2} = \sqrt{23,5^2 - 3\left(\frac{240}{27}\right)^2} = 17,75 \text{ kN/cm}^2$$

Das ist die reduzierte ansetzbare Streckgrenze, die den Einfluss der Schubspannungen berücksichtigt → $\sigma_{y,red} = 17,75 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > \sigma_{max} = 15,8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ (s.o.) ⇒ Nachweis erfüllt.



Kräfte am durchgesteckten Teil des Knotenbleches:



(Zug am Oberrand)

Das ist kein Teil der Aufgabe und wird hier nur der Vollständigkeit halber gezeigt.