

Prüfung WiSe 2022/2023 Stahlbau I – 1. Teil
Prüfungszeit 40 Minuten

Prof. Dr.-Ing. Marcus Rutner

Institut für Metall- und Verbundbau

Hamburg, den 24. März 2023

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

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

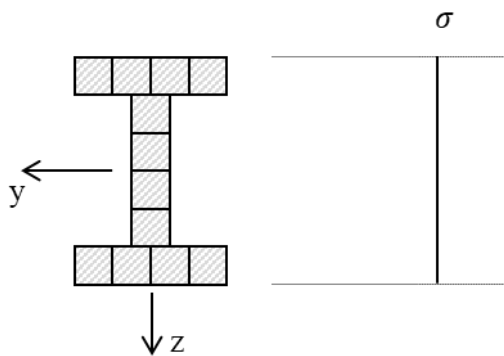
Aussagen:

- 1) Ein Träger mit I-Profil unter Biegung um die starke Achse, dessen Druckflansch über die Trägerlänge kontinuierlich seitlich gehalten ist, ist nicht biegedrillknickgefährdet.
- 2) Ein auf Biegung optimiertes I-Profil hat nach Erreichen des elastisch aufnehmbaren Momentes M_y noch eine erhebliche plastische Reserve bis zum Versagen.
- 3) Beim Knicknachweis eines Druckstabes berücksichtigt der Abminderungsfaktor χ den Einfluss einer praktisch unvermeidbaren Abweichung der Stabachse von der geraden Form.
- 4) Ein Querschnitt, der die Anforderungen für Querschnittsklasse 1 knapp nicht erfüllt, darf deshalb nur elastisch bemessen werden.
- 5) Die Wahl einer höheren Stahlfestigkeit verbessert die Chancen eines Querschnittes die Anforderungen für eine gegebene Querschnittsklasse zu erfüllen.
- 6) Mit zunehmender Stahlfestigkeitsklasse nimmt das Verhältnis zwischen Zugfestigkeit und Streckgrenze (f_u/f_y) ab.
- 7) Der Einschnürungsbeginn einer Probe im Zugversuch markiert das Erreichen der Streckgrenze f_y .
- 8) Eine SL-Verbindung ist bei dynamisch beanspruchten Konstruktionen ungeeignet.
- 9) Für eine Doppelkehlnaht, die nur durch Schubspannungen in Längsrichtung beansprucht wird, wird sich nach dem vereinfachten und dem richtungsbezogenen Verfahren die gleiche erforderliche Dicke ergeben.
- 10) Im Vergleich zu S 235 hat der Stahl S 355 eine ca. 50 % höhere Festigkeit, jedoch einen nur ca. 10 % höheren Preis. (Das ist tatsächlich wahr!) Im Sinne einer wirtschaftlichen Bemessung sollte deshalb immer S 355 bevorzugt werden.

Aufgabe 2 (6 Punkte)

Auf das unten dargestellte doppelsymmetrische I-Profil wird eine Zugnormalkraft aufgebracht, die $N_{pl}/6$ entspricht. Zusätzlich wird ein positives Moment M_y aufgebracht, das so groß ist, dass der Querschnitt plastisch voll ausgenutzt wird.

- 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 Querschnittshöhe.



Aufgabe 3 (5 Punkte)

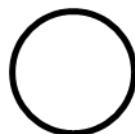
Gegeben sind 3 verschiedene Profiltypen A, B und C:



Profil A:
HEB



Profil B:
IPE



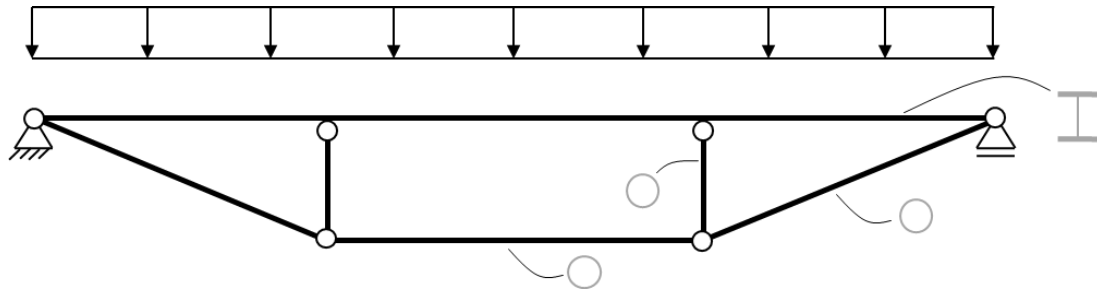
Profil C:
Rundrohr

Ordnen Sie jeder der unten gegebenen Beanspruchungssituationen einen Profiltyp zu, so dass sich ein möglichst wirtschaftlicher Materialeinsatz ergibt ($l_{cr,y}$ und $l_{cr,z}$ sind jeweils die Knicklängen um die y- und z-Achse des Querschnittes):

- Planmäßig mittiger Druck, bei $l_{cr,y} = l_{cr,z} \rightarrow C$
- Planmäßig mittiger Druck, bei $l_{cr,y} > l_{cr,z} \rightarrow A$
- Druck und zweiachsige Biegung (M_y und M_z), bei $l_{cr,y} = l_{cr,z} \rightarrow C$
- Einachsige Biegung $\rightarrow B$
- Druck und einachsige Biegung, bei $l_{cr,y} = l_{cr,z} \rightarrow A$

Aufgabe 4 (7 Punkte)

Gegeben ist ein unterspannter Träger unter Gleichstreckenlast, mit qualitativ dargestellten Profiltypen für die verschiedenen Bauteile:



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

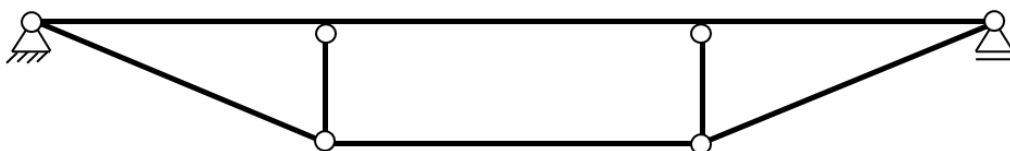
N



M_y

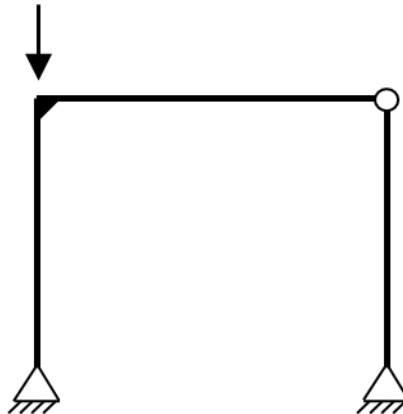


V_z



Aufgabe 5 (4 Punkte)

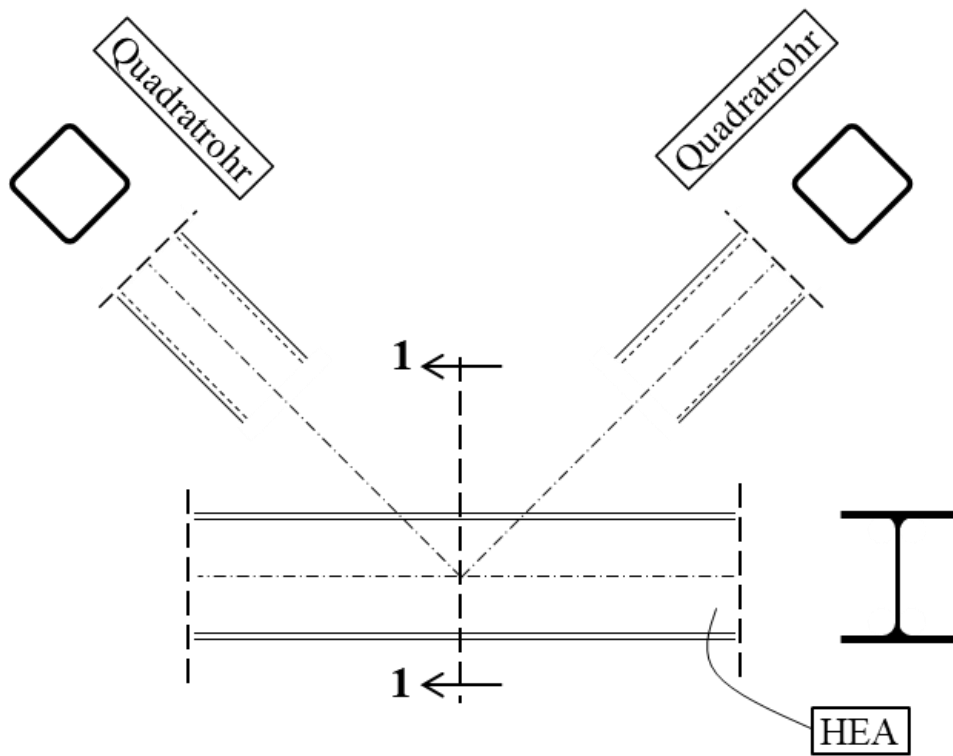
Zeichnen Sie qualitativ die Knickfigur für das unten dargestellte ebene System und machen Sie eine Abschätzung für den Knicklängenbeiwert β der druckbelasteten Stütze. Ein Ausknicken der Pendelstütze kann ausgeschlossen werden.



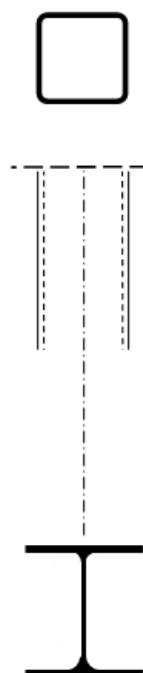
Aufgabe 6 (8 Punkte)

Gegeben ist ein Knotendetail eines ebenen Fachwerkes, bei dem zwei Diagonalen auf den Untergurt zulaufen (s. nächste Seite). Für die Diagonalen werden Quadratrohre (quadratische Hohlprofile) und für den Untergurt ein HEA-Profil verwendet. Als Teile eines Fachwerkes sind alle Stäbe überwiegend durch Normalkräfte beansprucht. Machen Sie einen sinnvollen Konstruktionsvorschlag, der den Austausch dieser Kräfte unter den ankommenden Stäben ermöglicht. Vervollständigen Sie dazu die Zeichnungen auf der nächsten Seite.

Es sind keinerlei Berechnungen erforderlich.

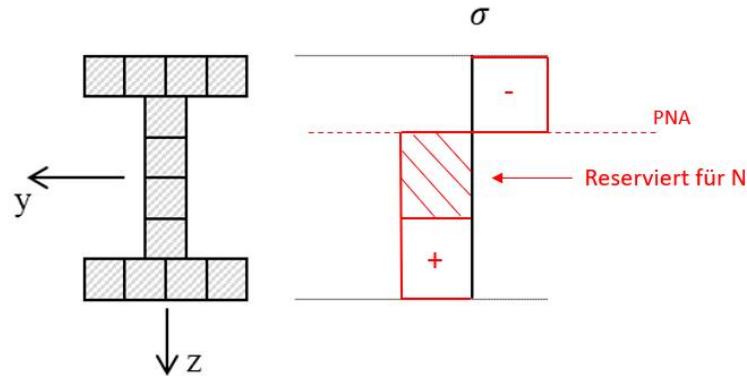


Schnitt 1-1:



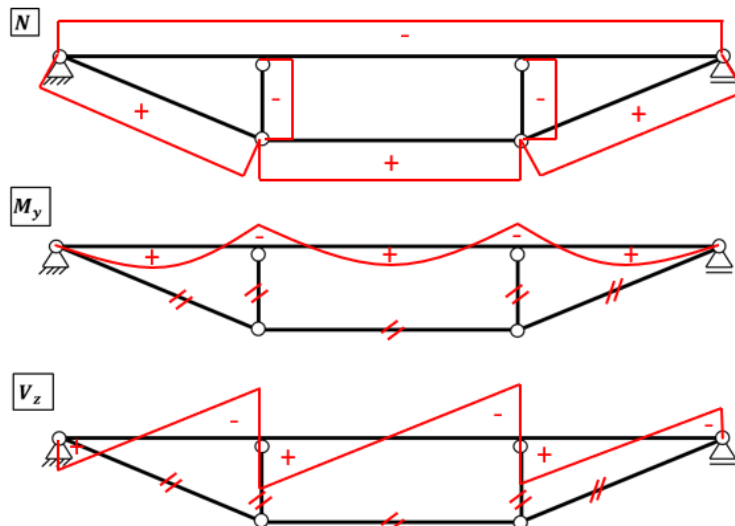
MUSTERLÖSUNG – 1. Teil

Aufgabe 2



$N = \frac{1}{6} N_{pl}$ bedeutet, dass $\frac{1}{6}$ des Querschnitts (2 Kästchen) – und zwar vom Schwerpunkt ausgehend symmetrisch nach oben und unten – durch N reserviert wird. Das führt zu einem Spannungsverlauf wie oben dargestellt.

Aufgabe 4

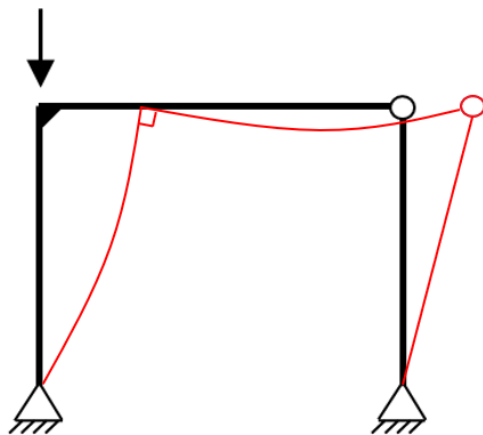


Nachweise:

- Horizontaler Träger: Nachweis unter einachsiger Biegung und Druck (Interaktion Biegedrillknicken-Knicken); Querschnittsnachweis an den Stellen der maximalen Stützmente

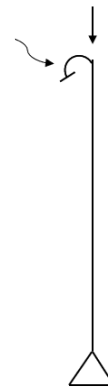
- Vertikale Pfosten: Knicknachweis
- Unterspannung: Zugnachweis (je nach Anschlussart mit Berücksichtigung des Nettoquerschnitts)

Aufgabe 5



Ersatzsystem

Drehfeder mit
 $0 \leq c_\varphi \leq \infty$,
je nach Riegel-
biegesteifigkeit

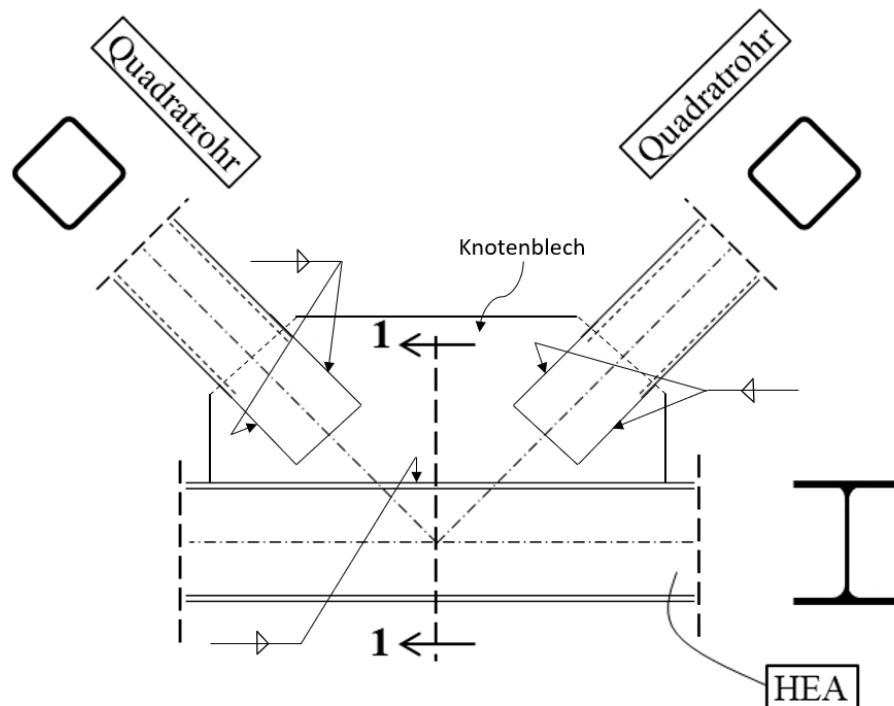


für $c_\varphi \rightarrow 0$ gilt $\beta \rightarrow \infty$

für $c_\varphi \rightarrow \infty$ gilt $\beta \rightarrow 2$

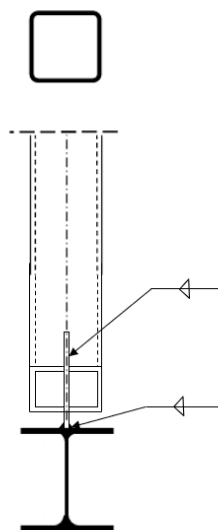
$\Rightarrow 2 \leq \beta \leq \infty$

Aufgabe 6



Die Rohre werden im Bereich des Knotenbleches in Längsrichtung geschlitzt. Das Knotenblech wird in den Schlitz eingeschoben und mit dem Rohr verschweißt.

Schnitt 1-1:



Prüfung WiSe 2022/2023 Stahlbau I – 2. Teil
Prüfungszeit 50 Minuten

Prof. Dr.-Ing. Marcus Rutner

Institut für Metall- und Verbundbau

Hamburg, den 24. März 2023

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl
1)	15	
2)	20	
3)	15	
Summe	50	
		Note:

Bearbeitungshinweise:

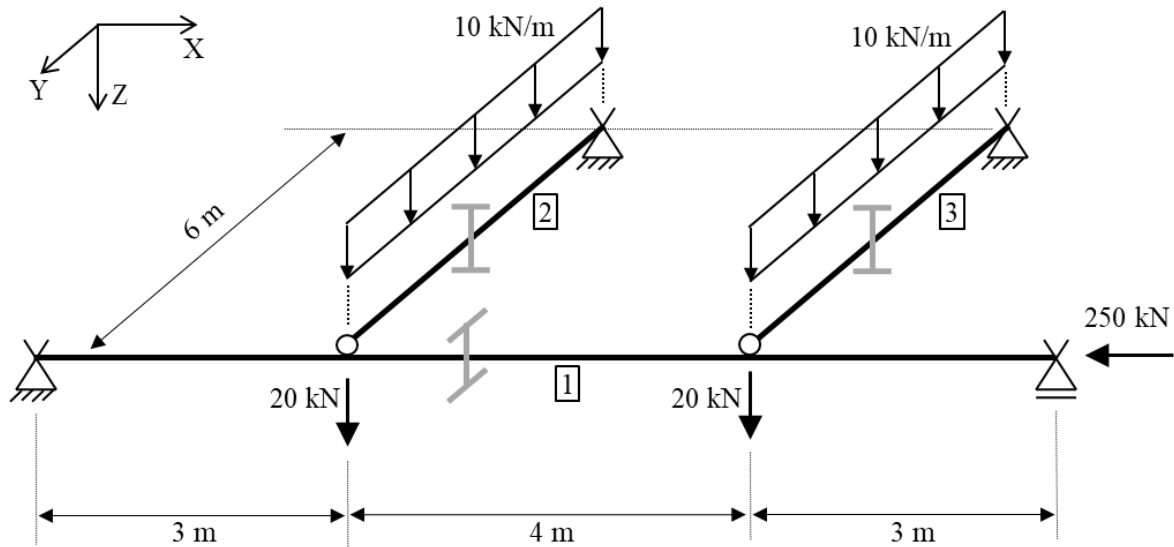
- Alle Blätter sind mit Namen und Matrikelnummer zu versehen.
- Es dürfen keine grünen Farbstifte verwendet werden.
- Lösungen sind so darzustellen, dass der Lösungsweg lückenlos nachvollziehbar ist.
- Für diesen 2. Teil der Klausur sind Hilfsmittel zugelassen.
- Das Mitführen von Kommunikationsmitteln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

Aufgabe 1 (15 Punkte)

Isometrische Darstellung:

Querschnitte:

- Träger 1: HEA 300, S 235
- Träger 2 und 3: IPE 300, S 235



Gegeben ist ein Trägerrost, bestehend aus zwei 6 m langen Nebenträgern (Stäbe 2 und 3), die unter 90° auf einen 10 m langen Hauptträger (Stab 1) zulaufen und daran gelenkig anschließen. An allen Lagerpunkten sind die Verdrehungen der Stäbe um ihre jeweiligen Längsachsen gesperrt, so dass eine Gabellagerung realisiert wird; alle anderen Stabverdrehungen sind an den Auflagern zugelassen. An seinem rechten Ende ist Stab 1 in seiner Längsrichtung (globale X-Richtung) verschieblich gelagert. Dort wird in diesen Stab eine Horizontalkraft eingeleitet.

Alle Informationen zu Querschnitten, Materialien, Abmessungen und Belastungen sind der Skizze zu entnehmen. Wie in der Skizze angedeutet, sind alle Querschnitte so orientiert, dass sie unter der gegebenen Belastung um ihre starken Achsen gebogen werden. Die angegebenen Werte für die Belastungen sind Bemessungswerte. Das Eigengewicht der Stäbe soll nicht zusätzlich berücksichtigt werden.

- Zeichnen Sie die Schnittgrößenverläufe für alle Stäbe und geben Sie Zahlenwerte für die maßgebenden Stellen an.

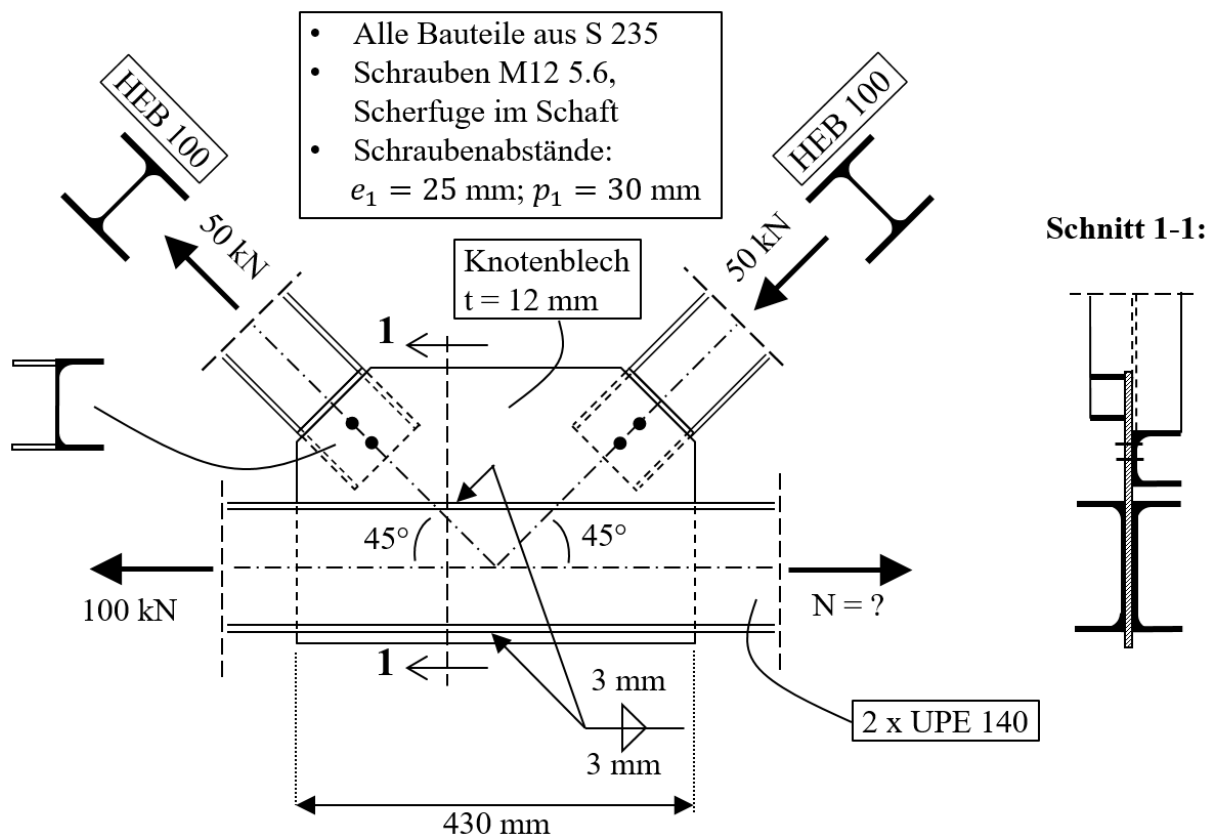
Aufgabe 2 (20 Punkte)

Führen Sie alle erforderlichen Nachweise für Stab 1 des Systems aus Aufgabe 1. Bei den Nachweisen kann davon ausgegangen werden, dass Stab 1 an den Anschlussstellen der Stäbe 2 und 3 gegen Verdrehung um seine Längsachse gehalten ist.

Aufgabe 3 (15 Punkte)

Gegeben ist ein Fachwerkknoten, bei dem zwei Diagonalen – eine unter Zug, die andere unter Druck – an den gezogenen Untergurt anschließen. Die Diagonalen sind HEB Profile, deren Flansche im Bereich des Knotenbleches einseitig ausgenommen sind, so dass ein Schraubanschluss zwischen Profilstege und Knotenblech realisiert werden kann. Der Fachwerkuntergurt besteht aus zwei parallelen UPE Profilen, die das Knotenblech umschließen und damit in Längsrichtung über die ganze Knotenblechlänge von 430 mm verschweißt sind. Alle anderen erforderlichen Informationen sind der Skizze zu entnehmen.

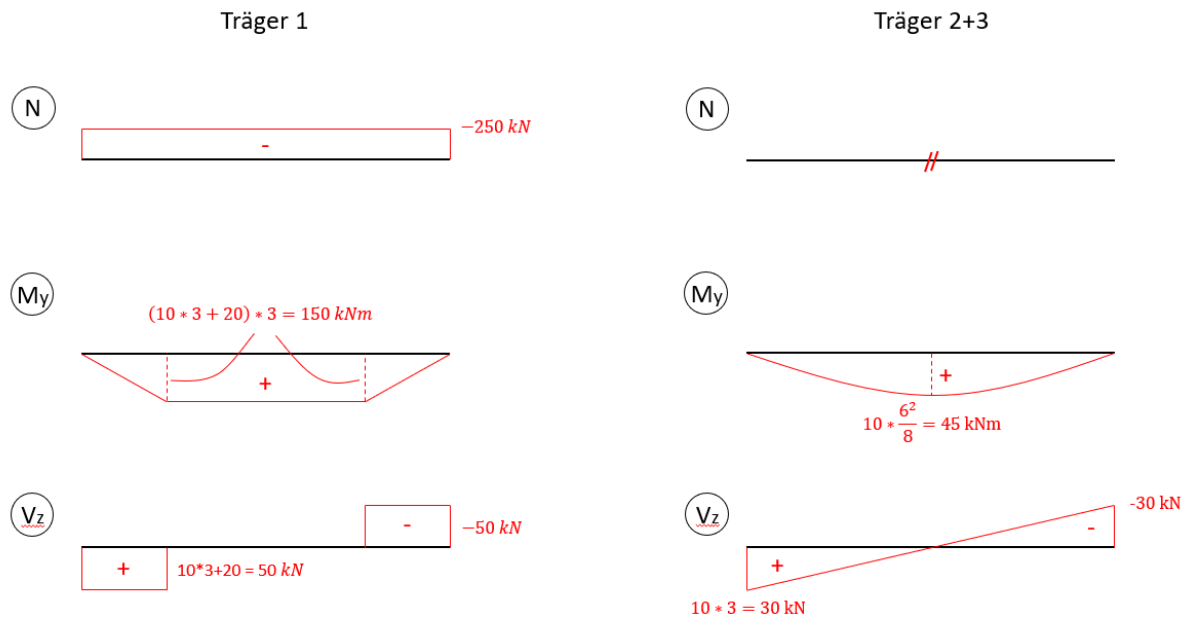
- Bestimmen Sie die Normalkraft im Fachwerkuntergurt rechts vom Knotenblech (s. Skizze)
- Führen Sie alle erforderlichen Nachweise für die Schweiß- und Schraubverbindungen.



Musterlösung

Aufgabe 1

Schnittgrößenverläufe:



Aufgabe 2

Nachweise für Träger 1

- Biegedrillknicken:

Maßgebend ist der 4m lange, mittlere, gabelgelagerte Abschnitt mit $M_y = \text{const.} = 150 \text{ kNm}$

$$M_{cr} = \xi * N_{cr,z} * \sqrt{c^2}$$

$$\xi = 1,0 \text{ (M=const.)}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 21000 * 6310}{400^2} = 8174 \text{ kN}$$

$$c^2 = \frac{I_\omega + 0,039 * L_{cr,z} * I_T}{I_z} = \frac{1,2 * 10^6 + 0,039 * 400^2 * 85,2}{6310} = 274 \text{ cm}^2$$

$$M_{cr} = 1,0 * 8174 * \frac{\sqrt{274}}{100} = 1353 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{W_{pl,y} * \frac{f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{1383 * \frac{23,5}{1353 * 100}} = 0,49$$

Walzprofil mit $\frac{h}{b} = \frac{290}{300} < 2 \rightarrow KL b$

$$\chi_{LT} = 0,96 \text{ abgelesen für } \lambda_{LT} = 0,51 \text{ (a. d. s. S.)}$$

Ausnutzungsgrad

$$m_y = \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * W_{pl,y} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{150}{0,96 * 1383 * \frac{23,5}{1,1 * 100}} = 0,53 < 1,0$$

- Knicken um die y-Achse (Ausnutzungsgrad n_y)

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * 21000 * 18260}{1000^2} = 3785 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{112 * 23,5}{3785}} = 0,83$$

$$\chi_y = 0,71 \text{ (abgelesen für KL B)}$$

$$\Rightarrow n_y = \frac{N_{Ed}}{\chi_y * A * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{250}{0,71 * 112 * \frac{23,5}{1,1}} = 0,15 < 1$$

- Knicken um die z-Achse (Ausnutzungsgrad n_z)

$$N_{cr,z} = 8174 \text{ kN mit } L_{cr,z} = 4 \text{ m}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{112 * 23,5}{8174}} = 0,57$$

$$\chi_z = 0,8 \text{ (abgelesen für KL C und } \chi = 0,58 - \text{ a. d. s. S.)}$$

$$\Rightarrow n_z = \frac{N_{Ed}}{\chi_z * A * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{250}{0,8 * 112 * \frac{23,5}{1,1}} = 0,13 < 1$$

Es ist noch nachzuweisen, dass:

$$n_y + k_{yy} * m_y \leq 1$$

$$n_z + k_{zy} * m_z \leq 1$$

Bestimmung von k_{yy} :

$$C_{my} = 0,95$$

$$k_{yy} = C_{my} * (1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * n_y) = 0,95 * (1 + (0,83 - 0,2) * 0,15) = 1,04$$

$$< 0,95 * (1 + 0,8 * 0,15) = 1,064$$

$$\Rightarrow k_{yy} = 1,04$$

Bestimmung von k_{zz} :

$$C_{mz} = C_{MLT} = 0,6 + 0,4 * \psi = 1,0$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{C_{MLT} - 0,25} * n_z = 1 - \frac{0,1 * 0,57}{1,0 - 0,25} * 0,13 = 0,99$$

$$\geq 1 - \frac{0,1}{1,0 - 0,25} * 0,13 = 0,98$$

$$\Rightarrow k_{zz} = 0,99$$

- Nachweise unter kombinierter Beanspruchung aus M_y und N :

$$n_y + k_{yy} * m_y = 0,15 + 1,04 * 0,53 = 0,7 \leq 1$$

$$n_z + k_{zy} * m_z = 0,13 + 0,99 * 0,53 = 0,65 \leq 1$$

Aufgabe 3

- $N = \frac{100+(50+50)}{\sqrt{2}} = 171 \text{ kN}$

- Schrauben auf Abscheren (1-schnittig):

$$F_{V,Ed} = \frac{50}{2} = 25 \text{ kN} < 27,1 \text{ kN}$$

- Lochleibung: Steg HEB maßgebend

$$F_{b,Ed} = 25 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 0,6 * 44,9 = 26,9 \text{ kN}$$

- Nachweis der Schweißnähte

Zu übertragende Kraft: $F_{w,Ed} = 2 * 50 * \sqrt{2} = 141,4 \text{ kN}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{141,4}{4 * 0,3 * 43} = 2,74 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \ll \sigma_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{36}{\sqrt{3} * 0,8 * 1,25} = 20,8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$