

Prüfung SoSe 2022 Stahlbau II

Prüfungszeit 90 Minuten

Prof. Dr.-Ing. habil. Marcus Rutner

Institut für Metall- und Verbundbau

Hamburg, den 25. August 2022

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Berechnungsnorm: **DIN EN 1993**

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl
1)	50	
2)	40	
Summe	90	
		Note:

Bearbeitungshinweise:

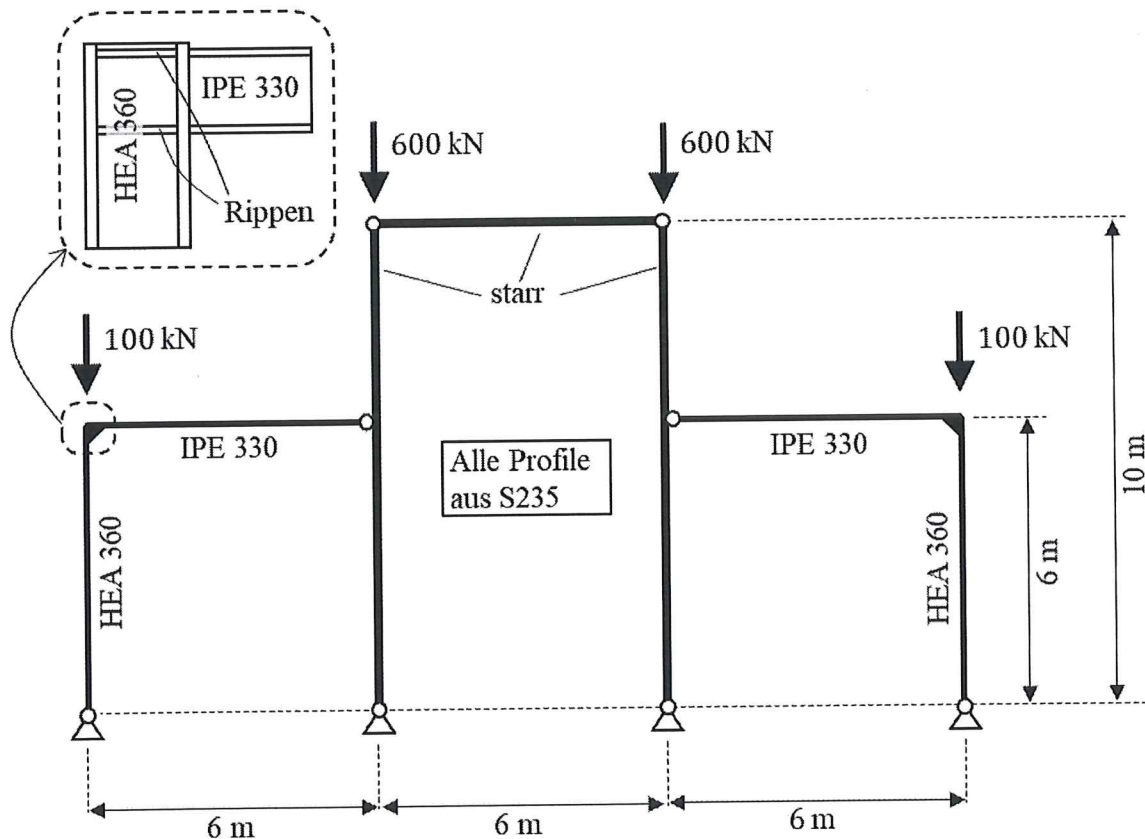
- Alle Blätter sind mit Namen und Matrikelnummer zu versehen.
- Es dürfen keine grünen Farbstifte verwendet werden.
- Lösungen sind so darzustellen, dass der Lösungsweg lückenlos nachvollziehbar ist.
- Hilfsmittel sind zugelassen, jedoch keine elektronischen Geräte außer dem Taschenrechner.
- Das Mitführen von Kommunikationsmitteln ist untersagt.

Aufgabe 1 (50 Punkte)

Gegeben ist das unten dargestellte System, bestehend aus einem mittleren Viereckrahmen mit zwei niedrigeren seitlichen Erweiterungen. Alle Stäbe des Viereckrahmens sind als starr zu betrachten. Für alle vier Stützen ist eine Schiefstellung von 1/200 anzunehmen.

- Berechnen Sie die Schnittgrößenverläufe nach Theorie 2. Ordnung und überprüfen Sie die Querschnittstragfähigkeit an den möglichen maßgebenden Stellen.
- Führen Sie den Nachweis des Eckblechs im herausgezeichneten geschweißten biegesteifen Riegel-Stützen Anschluss.

Zusatzfrage: Wie würden sich die Schnittgrößen nach Theorie 2. Ordnung ändern, wenn die Stützen des Viereckrahmens nach oben verlängert würden? Begründen Sie Ihre Antwort.



Hinweise:

- Alle Profile sind so angeordnet, dass sie bei Belastung in der Rahmenebene um ihre starke Achse gebogen werden.
- Ein Versagen aus der Rahmenebene sowie eine Profilverdrillung sind ausgeschlossen.
- Bei den gegebenen Lastwerten handelt es sich um Bemessungswerte.
- Nicht gegebene Größen sind, soweit für die Berechnung erforderlich, sinnvoll zu wählen.

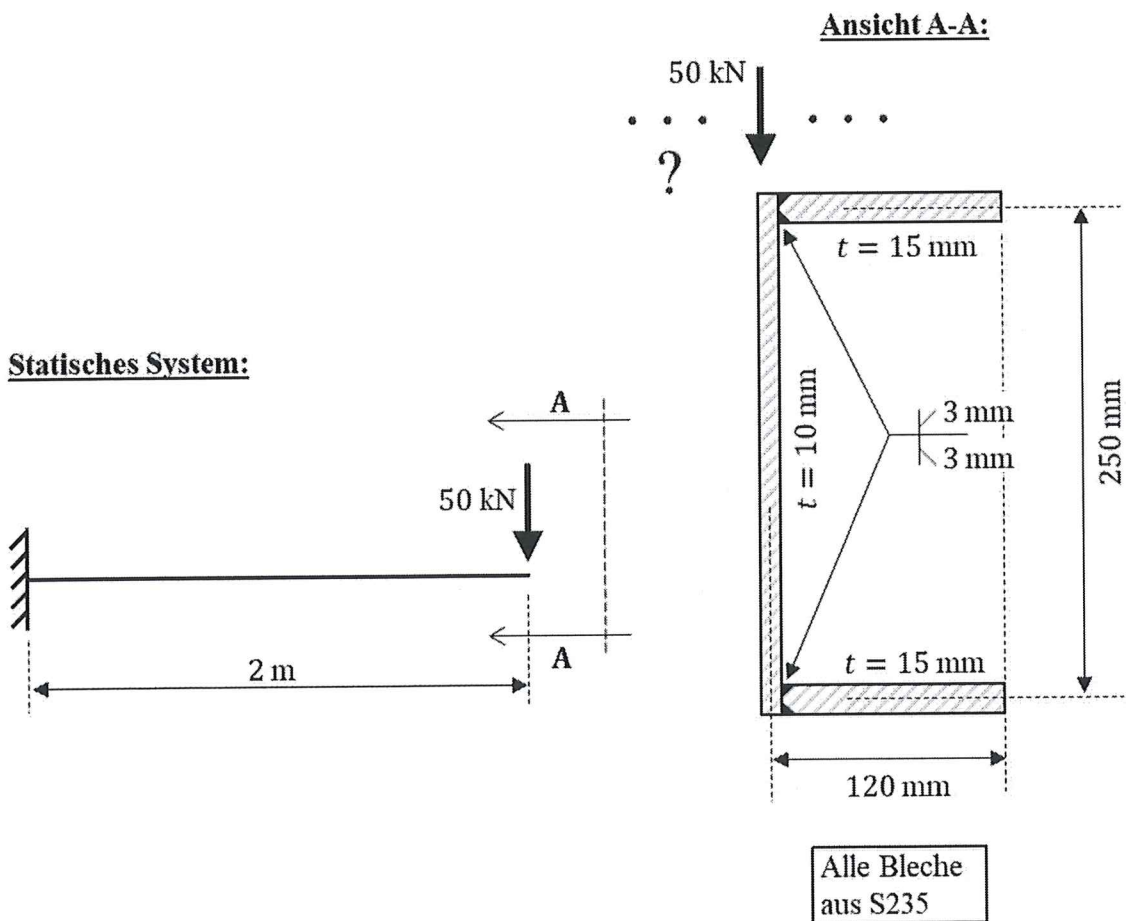
Aufgabe 2 (40 Punkte)

Gegeben ist der unten dargestellte Kragarm, belastet durch eine vertikale Einzellast am freien Ende. Der Querschnitt des Kragarms ist ein geschweißtes U-Profil gem. Ansicht A-A.

- In welchem horizontalen Abstand zur Stegmittelfläche und auf welcher Seite – links oder rechts davon – muss die Wirkungslinie der Kraft in der Ansicht A-A verlaufen, damit der Kragarm torsionsfrei bleibt?
- Führen Sie für diesen torsionsfreien Belastungszustand den Querschnittsnachweis sowie den Nachweis der Schweißnähte zwischen dem Steg und den Flanschen des U-Profiles.

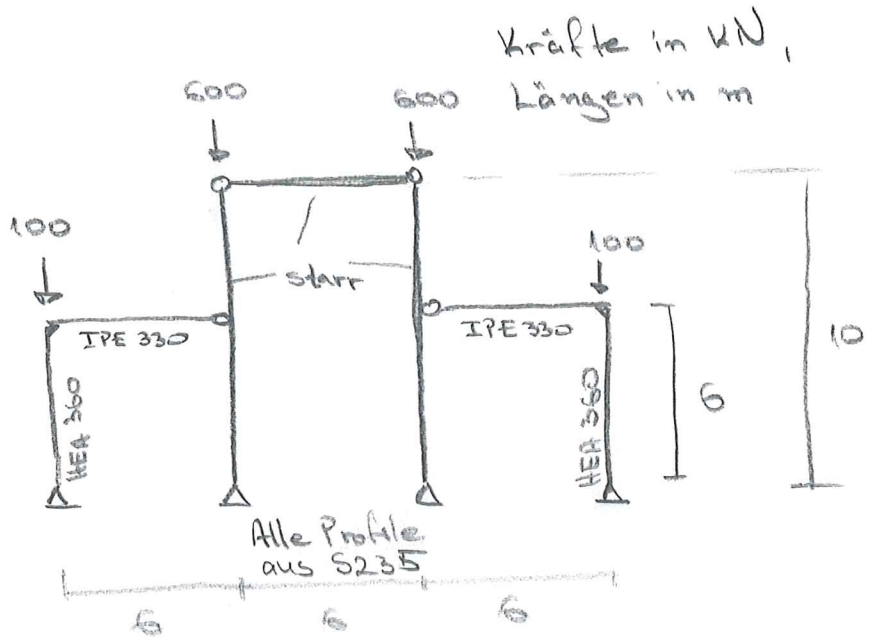
Hinweise:

- Ein Stabilitätsversagen durch Biegedrillknicken ist ausgeschlossen.
- Nicht gegebene Größen sind, soweit für die Berechnung erforderlich, sinnvoll zu wählen.



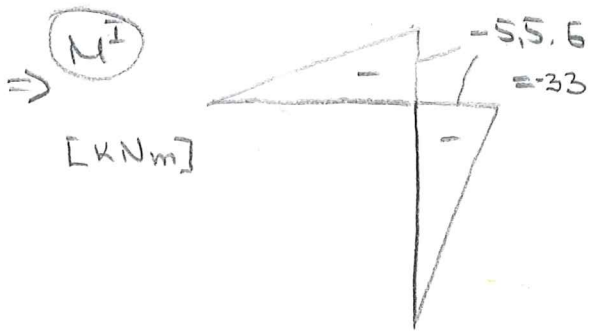
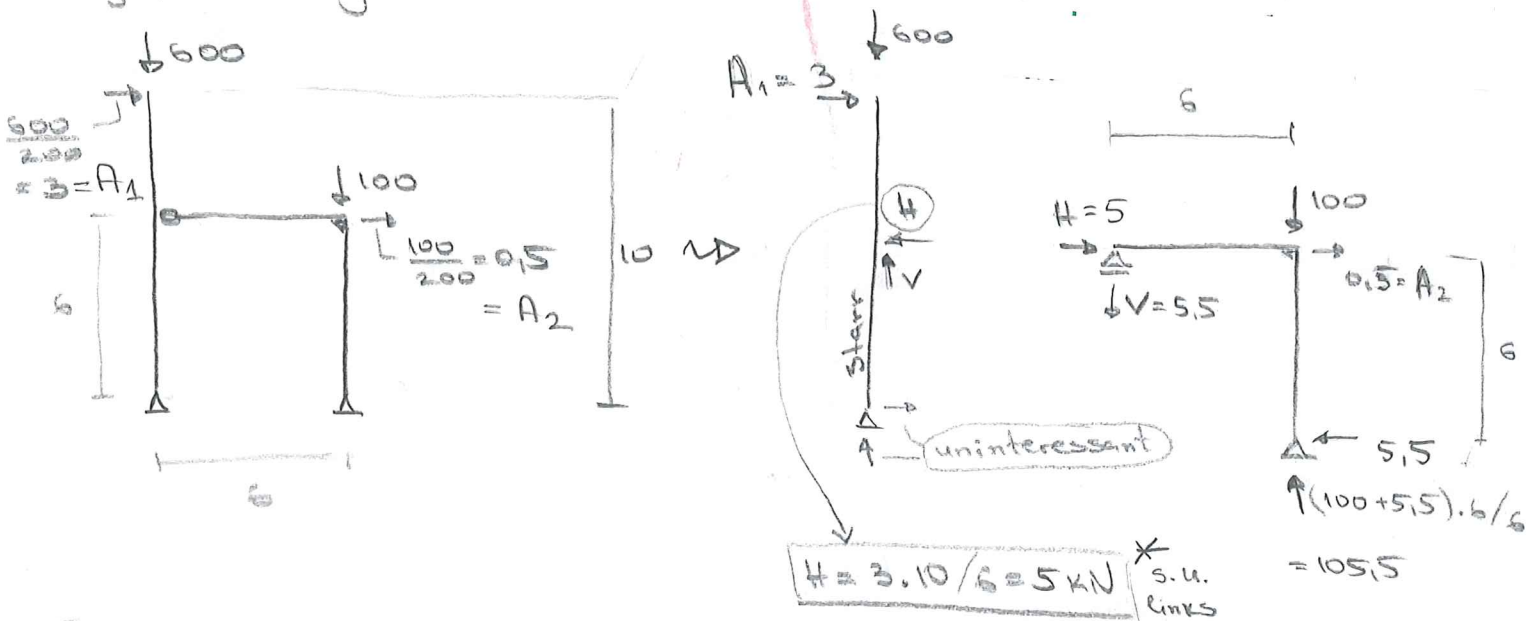
Aufgabe 1:

Für alle Stützen gilt eine Anfangs-schiefstellung von $1/200$.



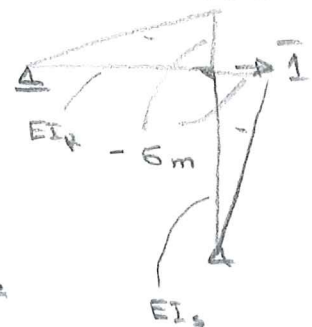
a) • Moment nach Th. 1.0.:

Durch die Symmetrie ist die Berechnung am halben System möglich (antimetrische Verformung unter H-Last):



• Horizontale Verschiebung der Rahmen Ecke:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{3EI_L} \cdot (-33) \cdot (-6) \cdot 6 \\ &+ \frac{1}{3EI_S} \cdot (-33) \cdot (-6) \cdot (6) \\ &= \left(\frac{1}{69489} + \frac{1}{24717} \right) \cdot \frac{33 \cdot 6 \cdot 6}{3} \\ &= \underline{\underline{0,0217 \text{ m}}} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} EI_L &= 69489 \text{ kNm}^2 \\ EI_S &= 24717 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$

* Diese Kraft, und damit die Rahmenschnittgrößen, werden größer, wenn die starr Stütze nach oben verlängert wird.

(Antwort auf die Zusatzfrage)

Aufgaben (Fortsetzung)

- Zusatzschiefstellung (1. Zuwachsstufe):

$$\Delta \varphi = \frac{\delta^I}{6_m} = \frac{0,0217}{6} = 0,0036 \quad (\text{gilt für alle Stützen!})$$

- Zusatzabtriebskräfte:

$$\Delta A_1 = 600 \cdot \Delta \varphi \quad ; \quad \Delta A_2 = 100 \cdot \Delta \varphi = 200 \cdot \Delta_2 \cdot \Delta \varphi$$

$$= 200 A_1 \cdot \Delta \varphi$$

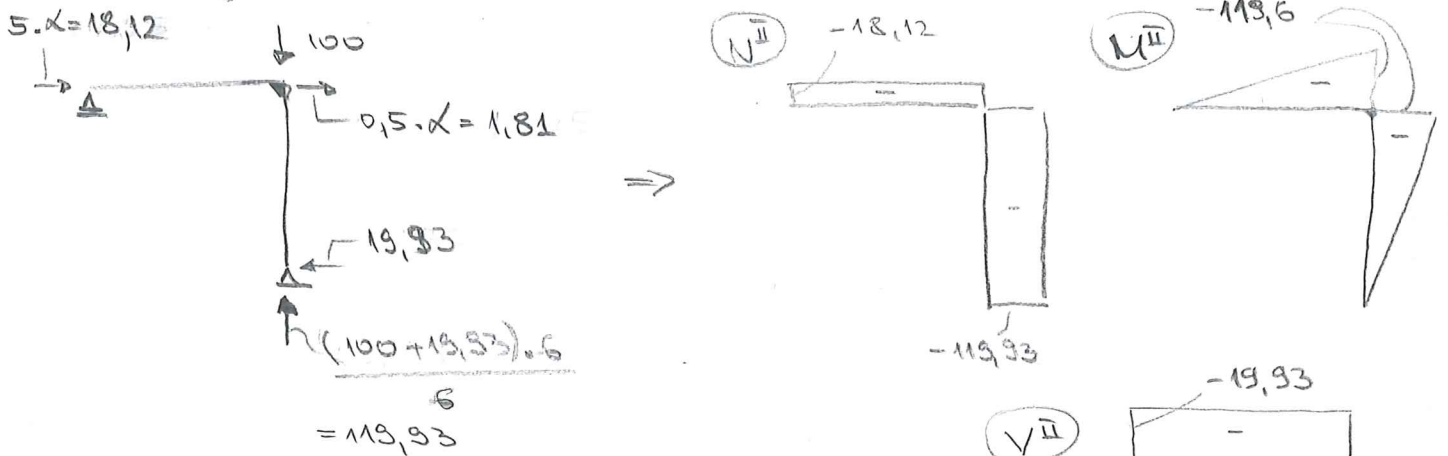
⇒ Die Horizontalkräfte aus Zusatzschiefstellung $\Delta A_i = A_i \cdot 200 \cdot \Delta \varphi!$

Daraus folgt: $\Delta M / M^I = 200 \cdot \Delta \varphi = 200 \cdot 0,0036 = 0,724 = q$.

- Dischinger Faktor:

$$d = \frac{1}{1 - q} = \frac{1}{1 - 0,724} = \underline{\underline{3,623}}$$

- Schnittgrößen nach Th. 2. O.:



- Tragfähigkeitsnachweise: Es gibt zwei mögliche Versagensstellen, beide an der Rahmenecke, jeweils in der Stütze und im Riegel.

- Nachweis eI-eI Riegel:

IPE 330, $A = 62,6 \text{ cm}^2$; $W_d = 713,1 \text{ cm}^3$

$$\sigma_{\max} = \frac{11960}{713,1} + \frac{18,12}{62,6} = 17,1 \text{ kN/cm}^2$$

$$< \frac{23,5}{1,1} = 21,36$$

- Nachweis eI-eI Stütze:

HEA 360, $A = 142,8 \text{ cm}^2$; $W_d = 1891 \text{ cm}^3$

$$\sigma_{\max} = \frac{11960}{1891} + \frac{119,93}{142,8} = 7,16 \text{ kN/cm}^2 < 21,36 \quad \checkmark$$

- Nachweis Rahmeneckblech:

$$\tau = \frac{M_{\text{Anschnitt}} / (0,33 - 0,0115)}{A_{V,2, \text{HEA360}}} = \frac{(119,6 - 19,93 \cdot 0,175) / 0,32}{34,33} = 11,6 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{26,1}{1} = 26,1 < 72 \cdot \frac{E}{n} = 72 \cdot \frac{1}{1,2} = 60 \quad \checkmark$$

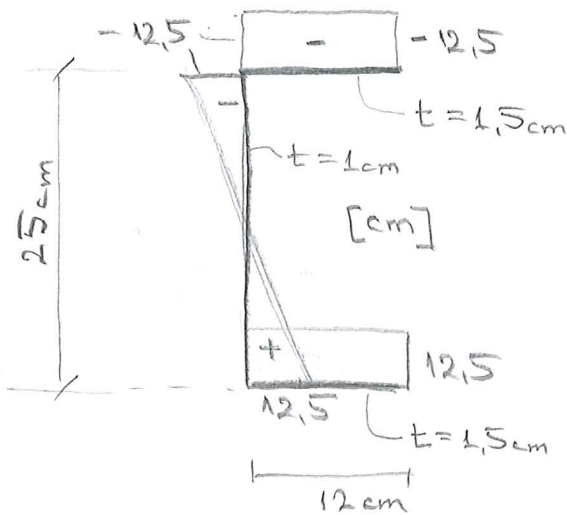
⇒ kein Schubbeulen.

$$< \frac{23,5}{1,1} = 21,36$$

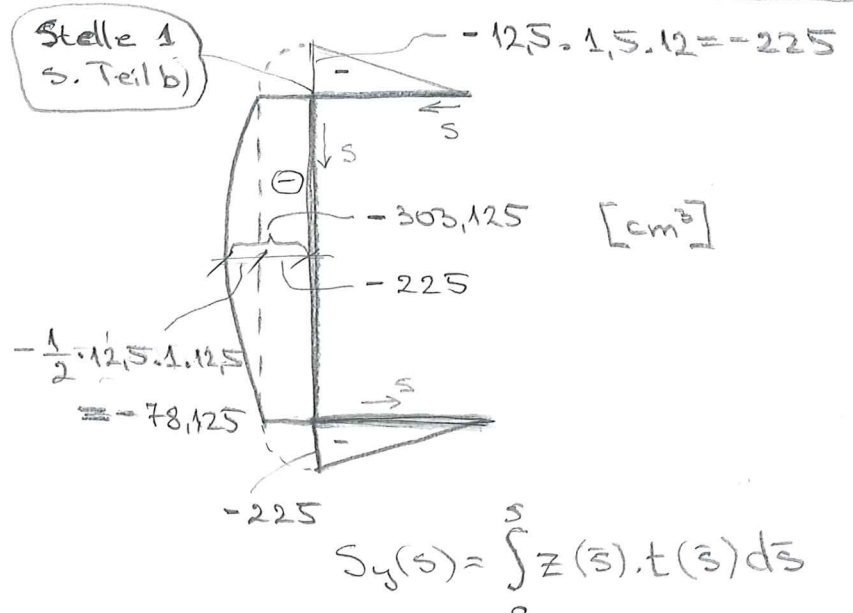
Aufgabe 2:

a) Bestimmung der Lage des Schubmittelpunktes

1) z-Koordinate:



2.) Statisches Moment $S_y(s)$:



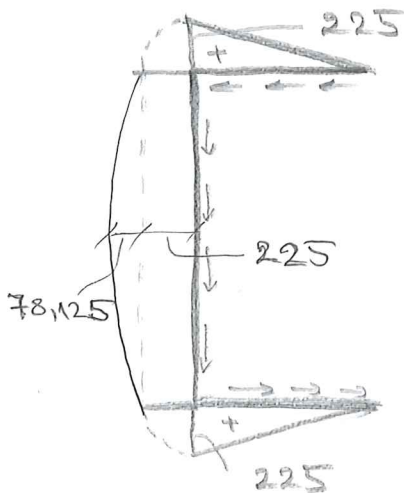
3.) Schubfluss T infolge Querkraft Q_z :

$$T(s) = - \frac{Q_z}{I_y} \cdot S_y(s)$$

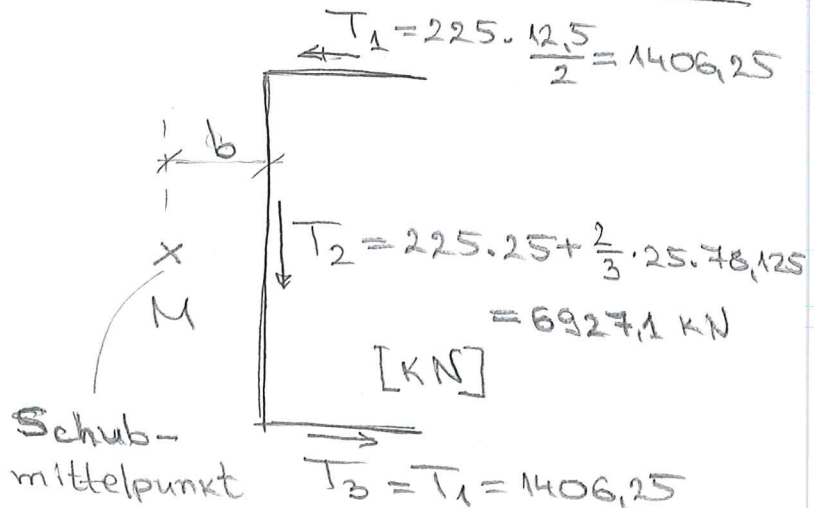
Da der Betrag von Q_z hier noch irrelevant ist, wird

$T(s)$ für $Q_z/I_y = 1$ berechnet:

$T(s)$ in $[\text{kN/cm}]$:



Schubfluss resultierende:



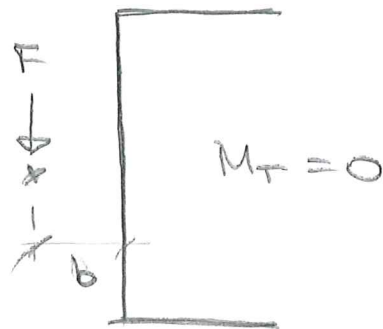
Aufgabe 2:

Momentengleichgewicht um M_i

$$a) T_1 \cdot 12,5 + T_3 \cdot 12,5 - T_2 \cdot b \stackrel{!}{=} 0, \text{ mit } T_1 = T_3$$

$$\Rightarrow b = \frac{2 T_1 \cdot 12,5}{T_2} = \frac{2 \cdot 1406,25 \cdot 12,5}{6927,1} = \underline{5,08 \text{ cm}}$$

Wenn die Kraft F im Abstand $b = 5,08 \text{ cm}$ links vom Steg angreift, bleibt das Profil torsionsfrei:



b) Querschnittsnachweis an der Einspannstelle:

$$I_y = \frac{25^3 \cdot 1}{12} + 1,5 \cdot 12 \cdot 12,5^2 \cdot 2 = 6927 \text{ cm}^4$$

$$|\sigma_{\text{steg, oben/unten}}| = \frac{100 \cdot 10^2}{6927} \cdot 12,5 =$$

$$= 18,4 \text{ kN/cm}^2 < 23,5 \quad \checkmark$$



$$\tau_{\text{steg, oben/unten}} = - \frac{Q_z \cdot S_{y, \text{Stelle 1}}}{I_y \cdot t_{\text{steg}}}$$

$$= \frac{50 \cdot 225}{6927 \cdot 1,0} = 1,62 \text{ kN/cm}^2 < \frac{23,5}{\sqrt{3}} \quad \checkmark$$

Vergleichsspannung für Stelle 1:

$$\sigma_{v, \text{Stelle 1}} = \sqrt{18,4^2 + 3 \cdot 1,62^2} = 18,6 \text{ kN/cm}^2 < 23,5 \quad \checkmark$$

• Nachweis der Halsnähte:

$$\tau_{||} = - \frac{Q_z \cdot S_{y, \text{Stelle 1}}}{I_y \cdot 2 \cdot a} = \frac{50 \cdot 225}{6927 \cdot 2 \cdot 0,3} = 2,7 \text{ kN/cm}^2 < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \mu_2} = 20,8 \quad \checkmark$$