

## Prüfung WiSe 22/23 Stahlbau II

**Prüfungszeit 90 Minuten**

Prof. Dr.-Ing. habil. Marcus Rutner

Institut für Metall- und Verbundbau

Hamburg, den 24. März 2023

Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Matrikelnummer: \_\_\_\_\_

Berechnungsnorm: **DIN EN 1993**

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl
1)	45	
2)	45	
<b>Summe</b>	<b>90</b>	
		Note:

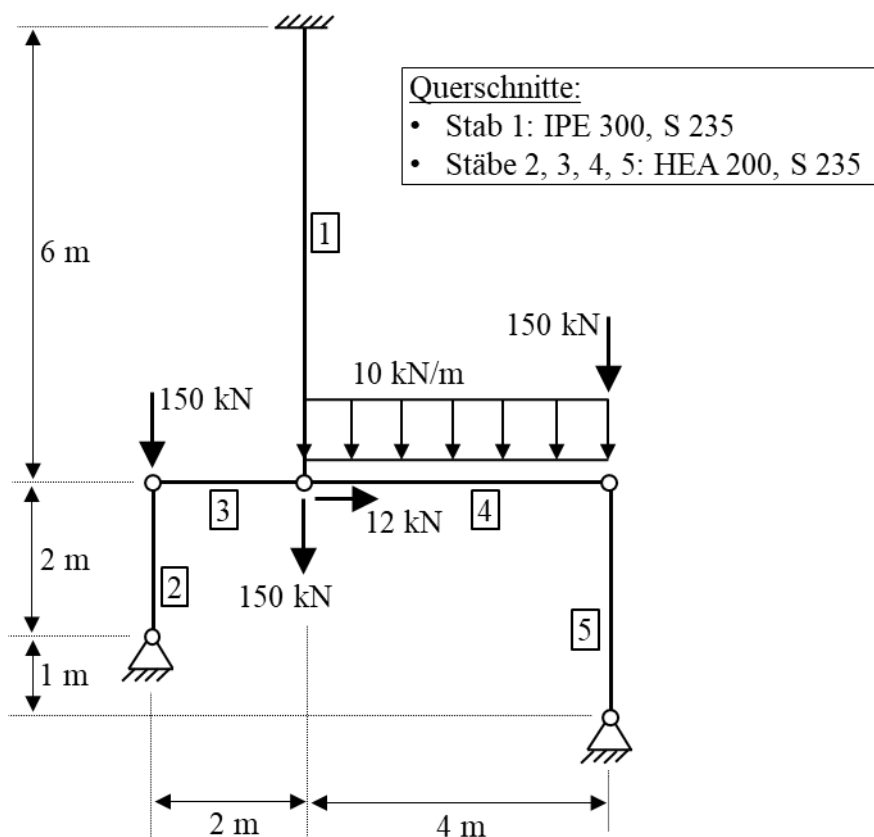
Bearbeitungshinweise:

- 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 (45 Punkte)**

Gegeben ist das unten dargestellte System, bestehend aus einem am oberen Ende eingespannten vertikalen Stab und 2 Pendelstützen, die über horizontale Einfeldträger an den eingespannten Stab gekoppelt sind. Berechnen Sie die Schnittgrößenverläufe nach Theorie 2. Ordnung und überprüfen Sie die Querschnittstragfähigkeit an der maßgebenden Stelle im eingespannten Stab.

Zusatzfrage: Wie würden sich die Schnittgrößen nach Theorie 2. Ordnung im eingespannten Stab ändern, wenn dieser Stab nach oben verlängert würde? Begründen Sie Ihre Antwort.



Hinweise:

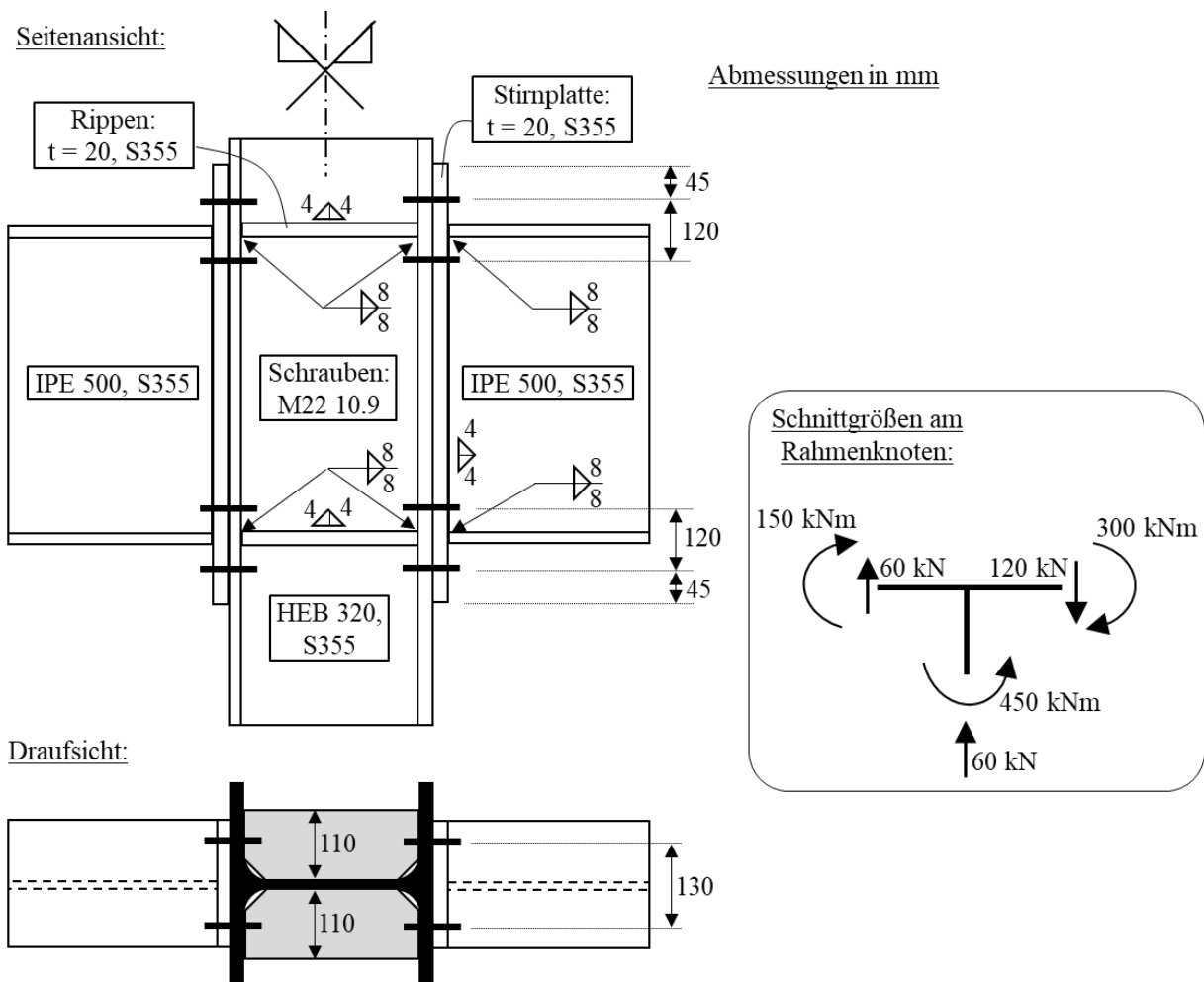
- Alle Profile sind so angeordnet, dass sie bei Belastung in der Systemebene um ihre starke Achse gebogen werden.
- Ein Versagen aus der Systemebene sowie eine Profilverdrillung sind ausgeschlossen.
- Bei den gegebenen Lastwerten handelt es sich um Bemessungswerte.
- Nicht gegebene Größen sind, soweit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

**Aufgabe 2 (45 Punkte)**

In der unten dargestellten biegesteifen Rahmenecke werden zwei IPE 500 Träger links und rechts mit überstehenden Stirnplatten an eine HEB 320 Stütze angeschlossen. In Höhe der Trägerflansche ist das Stützenprofil mit Rippen ausgesteift. Alle anderen erforderlichen Angaben sind der Skizze zu entnehmen.

Führen Sie alle erforderlichen Nachweise für den Stirnplattenanschluss, die Rippen und das Rahmeneckblech.

Nicht gegebene Größen sind, soweit für die Berechnung erforderlich, sinnvoll zu wählen.



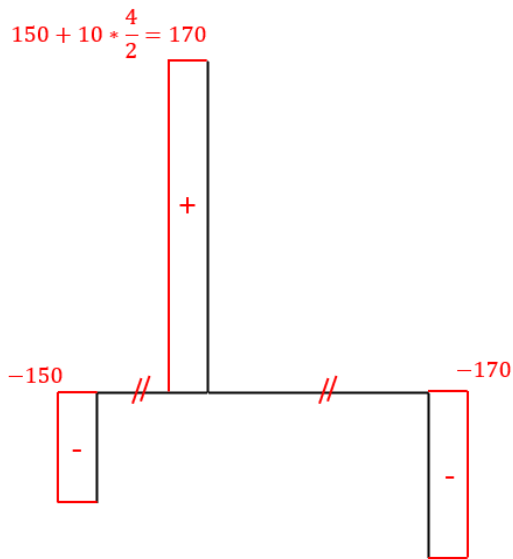
## MUSTERLÖSUNG

### Aufgabe 1

- N und M nach Theorie 1. Ordnung:

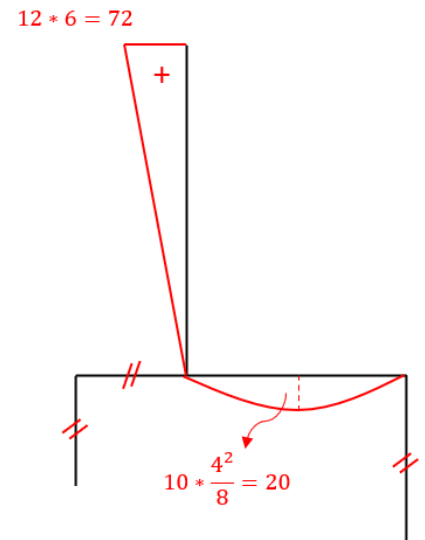
$N^I$

[kN]

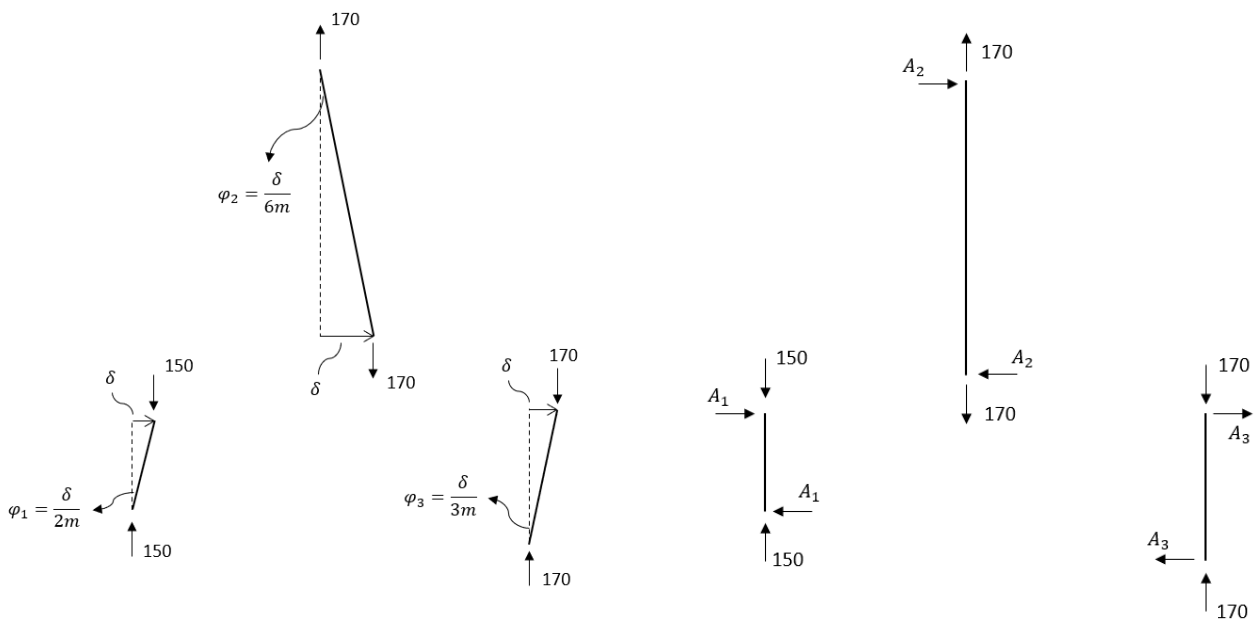


$M^I$

[kNm]



- Horizontale Abtriebskräfte infolge einer horizontalen Riegelauslenkung  $\delta$ :



$$A_1 = 150 * \varphi_1$$

$$A_2 = 170 * \varphi_2$$

$$A_3 = 170 * \varphi_3$$

$$\Sigma A_i = 150 * \frac{\delta}{2} - 170 * \frac{\delta}{6} + 170 * \frac{\delta}{3} = \frac{310}{3} \delta \text{ (mit } \delta \text{ in m)}$$

- Horizontale Riegelauslenkung nach Th.1.O.:

$$EI_{IPE300} = 21000 * 8360 * 10^{-4} = 17556 \text{ kNm}^2$$

$$\delta^I = \frac{1}{17556} * \frac{1}{3} * 72 * 6 * 6 = 0,049 \text{ m}$$

- Abtriebskraft H infolge  $\delta^I$ :

$$\Delta H = \frac{310}{3} * \delta^I = \frac{310}{3} * 0,049 = 5,1 \text{ kN}$$

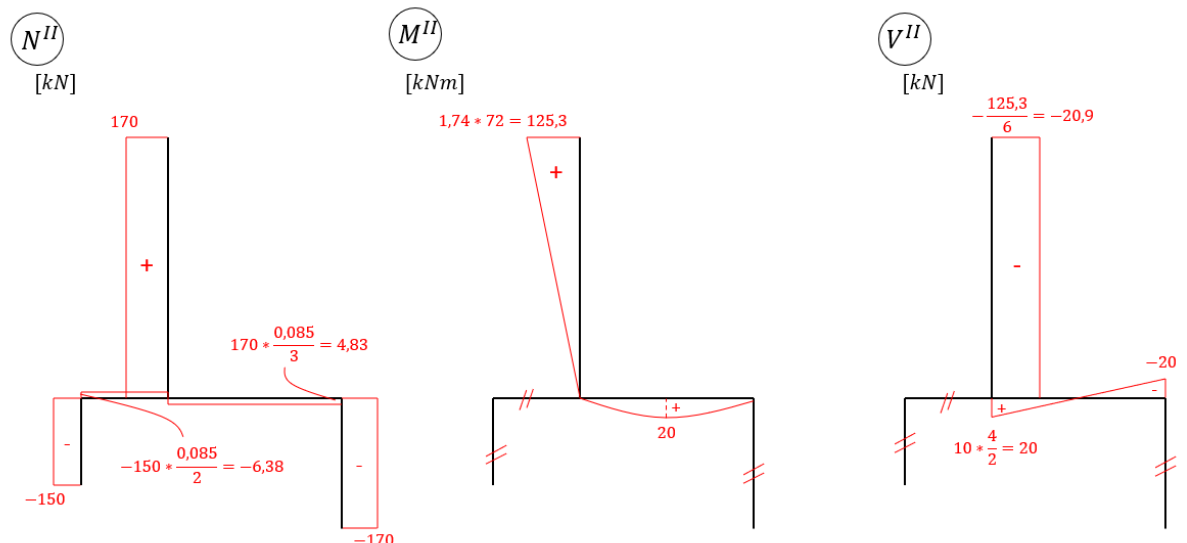
- Dischinger Faktor:

$$\alpha = \frac{1}{1 - q} = \frac{1}{1 - 0,425} = 1,74$$

$$\text{mit } q = \frac{\Delta H}{H} = \frac{5,1}{12} = 0,425$$

$$\Rightarrow \delta^{II} = 1,74 * \delta^I = 0,085 \text{ m}$$

- Schnittgrößen nach Th.2.O.:



- Querschnittsnachweis an der Einspannstelle:  
 $V^I = 21kN < 0,5 V_{pl,z,Rd} \rightarrow V$  kann im Folgenden vernachlässigt werden

$$N^I = 170kN \text{ und } M^I = 125,3 kNm$$

$$\sigma_{el,max} = \frac{170}{53,8} + \frac{12530}{557} = 25,7 \not\leq f_y = \frac{23,5}{1,1} = 21,36$$

⇒ Plastischer Nachweis

$$h_{w,N} = \frac{170}{21,36 * 0,71} = 11,2cm$$

$$M_{pl} = W_{pl,y} * \frac{21,36}{100} = 628 * 21,36 = 134 kNm$$

$$M_{pl,N} = M_{pl} - 21,36 * \frac{h_{w,N}^2 * t_w}{4} = 134 - 21,36 * \frac{11,2^2 * 0,71}{4} * \frac{1}{100}$$

$$= 129,2kNm > M^I = 125,3kNm$$

⇒ Nachweis erfüllt

## Aufgabe 2

- Nachweis des Stirnplattenstoßes (rechte Seite maßgebend)

Schnittgrößen im Anschnitt:

$$V_{A,R} = 120kN$$

$$M_{A,R} = 300 - 120 * \frac{0,32}{2} = 281kNm$$

Zugkraft im Oberflansch

$$N_{o,R} = \frac{281}{0,5 - 0,016} = 581 kN$$

Nachweis Oberflansch

$$\sigma = \frac{581}{1,6 * 20} = 18,15 \frac{kN}{cm^2} < 35,5 \frac{kN}{cm^2}$$

- T-Stummel

$$n = 45mm < 1,25m$$

$$m = 52 - 8 * \sqrt{2} = 41mm$$

$$M_{pl,Rd} = 0,25 * 20 * 2^2 * 35,5 = 710kNcm$$

Modus 1:

$$F_{T1,Rd} = 4 * \frac{M_{pl,Rd}}{m} = 4 * \frac{710}{4,1} = 692kN$$

Modus 2:

$$F_{T2,Rd} = \frac{4 * F_{t,Rd} * n + 2 * M_{pl,Rd}}{n + m} = \frac{4 * 218 * 4,5 + 2 * 710}{4,5 + 4,1} = 621 \text{ kN}$$

Modus 3:

$$F_{T3,Rd} = 4 * F_{t,Rd} = 4 * 218 = 872 \text{ kN}$$

Modus 2 maßgebend:  $F_{T2,Rd} = 621 \text{ kN} > 581 \text{ kN}$

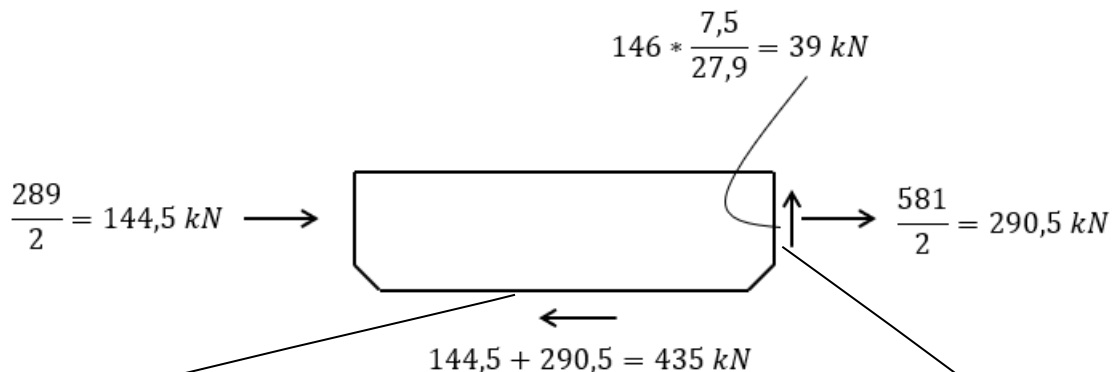
• **Nachweis der Rippenschweißnähte:**

Moment am linken Anschnitt:

$$M_{A,l} = 150 - 60 * \frac{0,32}{2} = 140 \text{ kNm}$$

$$N_{o,l} = \frac{140}{0,5 - 0,016} = 289 \text{ kN (Druck)}$$

Kräfte an einer oberen Rippe



Nachweis nach dem vereinfachten Verfahren

$$\sigma_w = \frac{435}{2 * 0,4 * (27,9 - 6)} = 24,7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \frac{f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 25,1 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_w = \sqrt{\left(\frac{290,5}{2 * 0,8 * 8}\right)^2 + \left(\frac{39}{2 * 0,8 * 8}\right)^2} = 22,9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \frac{f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} = 25,1 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- **Nachweis Eckblech**

$$\tau = \frac{N_{o,r} + N_{o,l}}{A_{v,Z_{HEB300}}} = \frac{581 + 289}{51,8} = 16,8 \frac{kN}{cm^2} < \frac{35,5}{\sqrt{3}} = 20,5 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{225}{11,5} = 19,6 < \frac{(72 * \varepsilon)}{\eta} = \frac{72 * 0,81}{1,2} = 48,6$$