

**Prüfung SoSe 25 Stahlbau I – 1. Teil**  
**Prüfungszeit 40 Minuten**

Prof. Dr.-Ing. Marcus Rutner

Institut für Metall- und Verbundbau

Hamburg, den 29. August 2025

Name: .....

Vorname: .....

Matrikelnummer: .....

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl
1)	10	
2)	7	
3)	10	
4)	3	
5)	10	
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)**

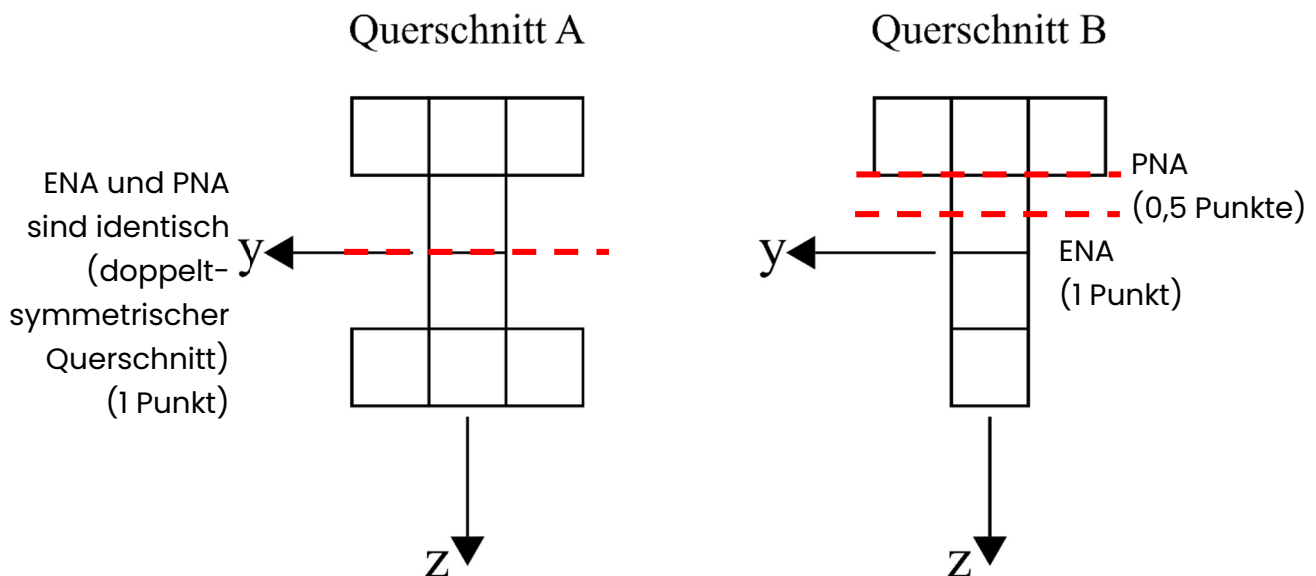
Kreuzen Sie in der untenstehenden Tabelle an, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind. Je richtig gesetztem Kreuz gibt es einen Punkt. Je falsch gesetztem Kreuz gibt es einen Punkt Abzug. Insgesamt kann die Aufgabe 1 jedoch nicht mit weniger als 0 Punkten bewertet werden.

Nr.	Aussage	Wahr	Falsch
1	Bei hochfesten Schraubenverbindungen ist kein Lochleibungsnachweis erforderlich, da die Kraftübertragung ausschließlich über Reibung erfolgt.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Die elastische Knicklast eines Druckstabes ist proportional zum Biegesteifigkeitsprodukt $EI$ und umgekehrt proportional zur Knicklänge.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Offene dünnwandige Profile sind anfälliger für Biegedrillknicken als geschlossene oder kompakte Querschnitte.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Eine hohe Druckkraft erhöht die Momententragfähigkeit, da sie die Stabilität des Querschnitts verbessert.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	In Schraubenverbindungen kann Reibschluss nur dann sicher wirksam sein, wenn die Vorspannkraft unter Betriebsbeanspruchung nicht unterschritten wird.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Torsionsmomente treten nur bei asymmetrischen Querschnitten auf.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	In geschraubten Verbindungen wird die Kraft immer gleichmäßig auf alle Schrauben verteilt.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Der Radius des Mohr'schen Spannungskreises entspricht der Differenz der Hauptspannungen.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Querschnitte der Klasse 2 können plastische Tragfähigkeit erreichen, jedoch ohne ausreichende Rotation für vollständige Umverteilung.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Betrachtet wird ein Einfeldträger mit I-Querschnitt unter Gleichstreckenlast. Zur Durchführung eines horizontal verlaufenden Rohres in Feldmitte ist eine kreisförmige Aussparung in der Mitte des Steges erforderlich ( $\phi = \frac{h_{Steg}}{3}$ ). Der Träger ist bereits ohne Aussparung nachgewiesen. Es treten keine Spannungskonzentrationen im Bereich der Öffnung und keine Stabilitätsprobleme im Steg auf. Diese Information ist ausreichend, sodass Sie die Konstruktion mit Aussparung ohne weiteren Nachweis zur Ausführung freigeben können.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Aufgabe 2 (7 Punkte)**

Ermitteln Sie rechnerisch die Lage der elastischen neutralen Achse (ENA) und die Lage der plastischen neutralen Achse (PNA) für Querschnitt A und B. Hinweis: Die Querschnitte bestehen aus zusammengesetzten Quadraten der Seitenlänge  $a$ .

- a) Zeichnen Sie die ENA und die PNA jeweils in den entsprechenden Querschnitt ein und kennzeichnen Sie diese eindeutig.



Berechnung der Position der ENA (von der Oberkante)

$$z = \frac{a^2 \cdot (3 \cdot 0,5 \cdot a + 1,5 \cdot a + 2,5 \cdot a + 3,5 \cdot a)}{6 \cdot a^2} = 1,5 \cdot a$$

- b) Berechnen Sie für beide Querschnitte  $M_{pl,y}$  in Abhängigkeit von  $a$  und  $f_y$ .

Querschnitt A:

$$M_{pl,y} = \overbrace{2 \cdot 3 \cdot a^2 \cdot f_y \cdot \frac{3}{2} \cdot a}^{\text{Flansch (1 Punkt)}} + \overbrace{2 \cdot a^2 \cdot f_y \cdot \frac{a}{2}}^{\text{Steg (1 Punkt)}} = 9 \cdot f_y \cdot a^3 + f_y \cdot a^3 = 10 \cdot f_y \cdot a^3$$

(2 Punkte)

Querschnitt B:

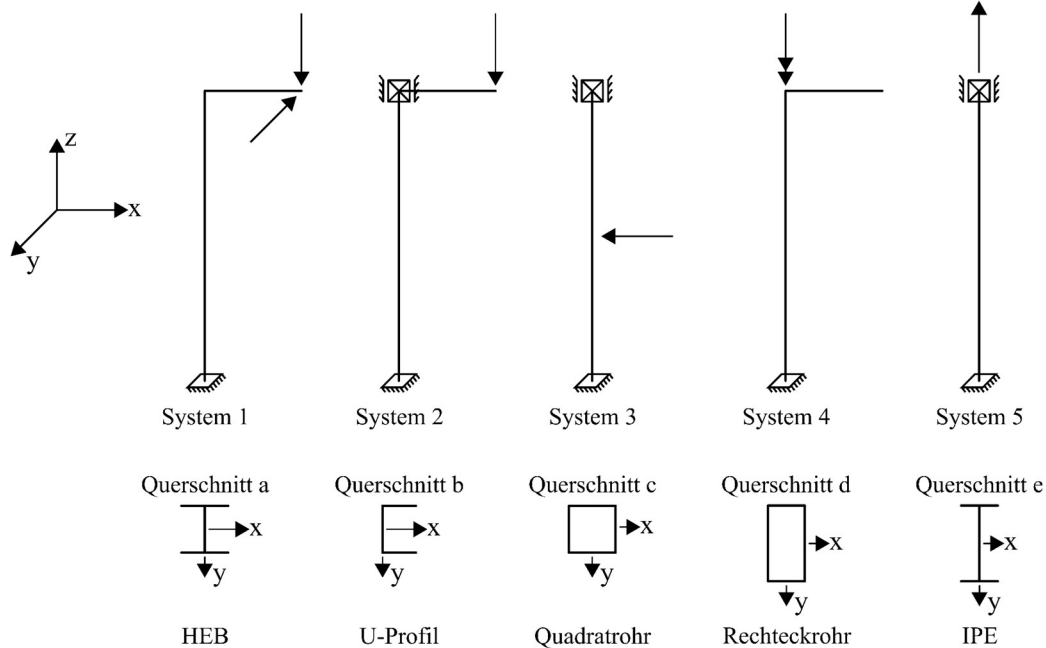
$$M_{pl,y} = \overbrace{3 \cdot a^2 \cdot f_y \cdot \frac{a}{2}}^{\text{Flansch (1 Punkt)}} + \overbrace{a^2 \cdot f_y \cdot \frac{a}{2} + a^2 \cdot f_y \cdot \frac{3}{2} \cdot a + a^2 \cdot f_y \cdot \frac{5}{2} \cdot a}^{\text{Steg (1,5 Punkte)}} = 6 \cdot f_y \cdot a^3$$

(2,5 Punkte)

**Aufgabe 3 (10 Punkte)**

Ordnen Sie den dargestellten Belastungen geeignete Querschnitte für die Stütze zu und geben Sie die Lage der Querschnitte an, d.h. ob die Orientierung egal ist, der Querschnitt wie dargestellt oder um 90° gedreht eingebaut werden sollte. Jeder Querschnitt ist nur einem System zuzuordnen. Finden Sie die bestmögliche Zuordnung. Kreuzen Sie Ihre Antwort in der untenstehenden Tabelle an. Die Querschnittsfläche aller Querschnitte ist annähernd identisch.

 gelenkige Lagerung, verschieblich in z-Richtung; keine Verschiebung in x- oder y-Richtung



	Querschnitt	Drehung des Querschnitts	
System 1	d	wie dargestellt	<input type="checkbox"/>
		um 90° gedreht	<input checked="" type="checkbox"/>
		egal	<input type="checkbox"/>
System 2	a	wie dargestellt	<input type="checkbox"/>
		um 90° gedreht	<input checked="" type="checkbox"/>
		egal	<input type="checkbox"/>
System 3	e	wie dargestellt	<input type="checkbox"/>
		um 90° gedreht	<input checked="" type="checkbox"/>
		egal	<input type="checkbox"/>
System 4	c	wie dargestellt	<input type="checkbox"/>
		um 90° gedreht	<input type="checkbox"/>
		egal	<input checked="" type="checkbox"/>
System 5	b	wie dargestellt	<input type="checkbox"/>
		um 90° gedreht	<input type="checkbox"/>
		egal	<input checked="" type="checkbox"/>

### Erläuterung zu Aufgabe 3:

Belastung System 1:	Torsion um z-Achse und Querkraft in y-Richtung infolge Kraft in y-Richtung; Biegemoment um y-Achse und Druckkraft in z infolge vertikaler Kraft
Belastung System 2:	Biegemoment um y und Druckkraft in z infolge vertikaler Kraft
Belastung System 3:	Querkraft in x-Richtung und Biegemoment um y infolge horizontaler Kraft
Belastung System 4:	Torsion um z-Achse
Belastung System 5:	Zug in z-Richtung

Torsion i.d.R. = Hohlprofil! → e und d müssen 1 und 4 zugeordnet werden; bei 1 zusätzlich zu Torsion auch Biegung um eine Achse (y) → Querschnitt sollte starke und schwache Achse haben → **1 und d; 4 und c** → d muss gedreht werden, damit Biegung um die starke Achse (lokal x) erfolgt; bei quadratischem Profil ist es egal, wie eingebaut wird

System 2 und 3 stehen beide unter Biegebeanspruchung, System 2 zusätzlich unter Druck → bei identischer Querschnittsfläche (siehe Aufgabenstellung) ist ein HEB grundsätzlich besser für Druck geeignet → besseres Höhe-zu-Breite-Verhältnis beim HEB = geringere Knickgefahr; System 3 erfährt nur „simple“ Biegung um eine Achse → Profil mit starker und schwacher Achse grundsätzlich sinnvoll → **2 und a; 3 und e** → beide Querschnitte müssen gedreht werden, damit Biegung um die starke Achse (lokal x) erfolgt

U-Profil hat keine guten Eigenschaften bei Druckbeanspruchung (nicht doppelsymmetrisch; Schubmittelpunkt ≠ Schwerpunkt, Trägheitsmoment um schwache Achse deutlich kleiner als bei HEB/ IPE); U-Profil auch für Biegebeanspruchung nur bedingt geeignet (Biegedrillknickgefahr) → bei reiner Zugbeanspruchung kommt es ausschließlich auf die Querschnittsfläche an, da  $N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ , theoretisch wäre demnach jeder Querschnitt für System 5 geeignet, aber U-Profil lässt sich für alle anderen Belastungen ausschließen → **5 und b** → wie eingebaut wird, ist egal, da keine Biegung, keine Druckkraft, keine Knickgefahr, keine Biegedrillknickgefahr

### Aufgabe 4 (3 Punkte)

Wo liegt beim Schweißnahtnachweis der Unterschied zwischen dem vereinfachten und dem richtungsbezogenen Verfahren? Formen Sie die folgenden Ungleichungen um und bestimmen Sie die Anteile, die beim vereinfachten Nachweis überschätzt werden.

Richtungsbezogen:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

Vereinfacht:

$$\sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_{y,w}^2 + \sigma_{z,w}^2} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

Dabei dürfen Sie vereinfacht die folgenden Beziehungen nutzen:

$$\sigma_{\perp} = \sigma_w$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{y,w}$$

$$\tau_{\parallel} = \sigma_{z,w}$$

### Musterlösung:

Richtungsbezogenes Verfahren:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

Vereinfachtes Verfahren:

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_{y,w}^2 + \sigma_{z,w}^2} &\leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \\ \Rightarrow \sqrt{3 \cdot \sigma_w^2 + 3 \cdot \sigma_{y,w}^2 + 3 \cdot \sigma_{z,w}^2} &\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \Rightarrow \sqrt{3 \cdot \sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \end{aligned}$$

(2 Punkte)

Vor  $\sigma_{\perp}^2$  steht ein Faktor 3 beim vereinfachten Verfahren, den es beim richtungsbezogenen Verfahren nicht gibt.  $\sigma_{\perp}$  wird überschätzt. (1 Punkt)

**Aufgabe 5 (10 Punkte)**

Machen Sie einen sinnvollen Konstruktionsvorschlag für das unten dargestellte Detail. Vervollständigen Sie dazu die Zeichnungen.

**Hinweis:**

Es sind keine Berechnungen erforderlich.

