

**Grundlagen des Stahlhochbaus**  
**Schriftliche Prüfung 1250150 am 14.07.2008**  
**Musterlösung**

Erreichbare Punktzahl: 127 (entspr. 127 %);

erreichte Punkte

(Unterschrift Prüfer)

Name, Vorname, Matrikelnummer: .....

Bearbeitungsdauer: 120 Minuten

Hilfsmittel: alle, außer elektronische Kommunikationsmittel

Geben Sie alle Ergebnisse in folgenden Einheiten an: Kräfte [kN], Momente [kNm], Spannungen [ $\text{N/mm}^2$ ], Querschnittswerte [ $\text{cm}^x$ ], Längen [mm], Flächenlasten [ $\text{kN/m}^2$ ];

Geben Sie alle Ergebnisse mit (mindestens) 3 Ziffern Genauigkeit an.

1. Für die Decke eines Produktionsgebäudes in Stahlbauweise ist ein möglichst wirtschaftliches IPE-Profil für die Deckenträger (Einfeldträger) zu bestimmen. Plastische Querschnittsreserven und Stabilitätsphänomene sollen nicht berücksichtigt werden.

$L = 8,50 \text{ m}$ ;  $q,k = 51,0 \text{ kN/m}$ ;  $q,d = 73,0 \text{ kN/m}$  (jeweils einschließlich EG Profil);  
S235 ;

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

$M,d$ ;  $V,d$ ; erforderliches Widerstandsmoment, Ausnutzungsgrad des gewählten Profils (Biegung und Querkraft) (6 P)

Lösung:

$M,d = 659$ ;  $V,d = 310$ ;  $W_{\text{erf}} = 3023$ ; gewählt: IPE600; 0,985; 0,342;

2. a) Ermitteln Sie für das in Aufgabe 1 ermittelte Profil die Durchbiegung unter Gebrauchslasten. (2 P)  
b) Welcher Grenzwert für die Durchbiegungen bei Einfeldträgern ist im Stahlbau üblich? Geben Sie diesen Grenzwert in Millimetern an. (2 P)  
c) Wie hoch ist der Ausnutzungsgrad dieses Grenzwertes (1 P)

d) Warum ist der Grenzwert für Durchbiegungen in den aktuellen Stahlbaunormen nicht mehr zwingend vorgeschrieben? (2 P)

e) In welchen Fällen ist es sinnvoll, diesen Wert ungefähr einzuhalten? (2 P)

Lösung:

a) 17,6

b)  $L/300$ ; 28,3

c) 0,620

d) Weil eine größere Durchbiegung die Gebrauchstauglichkeit möglicherweise nicht beeinträchtigt.

e) Größere Durchbiegungen bedeuten auch eine geringere Eigenfrequenz. Dies kann z.B. bei Hochbauten nachteilig sein.

3. Bestimmen Sie ein neues IPE-Profil für den Deckenträger in Aufgabe 1, als Werkstoff soll S355 verwendet werden.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

erforderliches Widerstandsmoment, Ausnutzungsgrad des gewählten Profils (Biegung und Querkraft) (4 P)

Lösung:

$W_{\text{erf}} = 2014$ ; gewählt: IPE550; 0,825; 0,271;

4. a) Ermitteln Sie für das in Aufgabe 3 ermittelte Profil die Durchbiegung unter Gebrauchslasten. (2 P)

b) Wie hoch ist der Ausnutzungsgrad des in Aufgabe 2 angegebenen Grenzwertes? (1 P)

c) Ist in diesem Fall der Einsatz von S355 sinnvoll? (Begründung) (2 P)

Lösung:

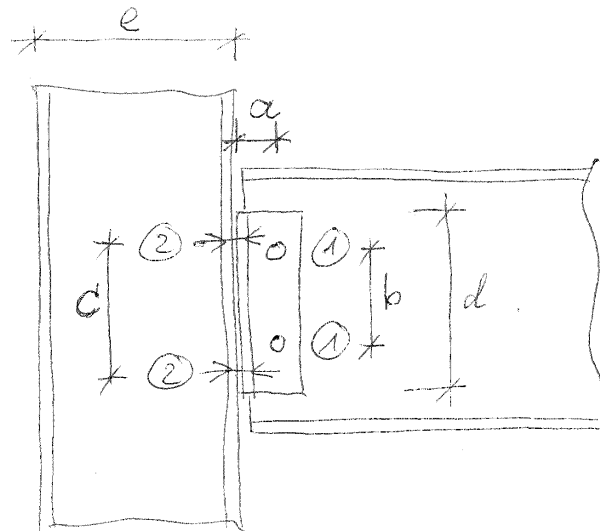
a) 24,1

b) 0,851

c) ja, man spart ca. 17 kg/m entspr. 14 %;

der empfohlene Grenzwert für die Durchbiegungen ist noch eingehalten;

5. Gegeben ist der „gelenkige“ Querkraftanschluss eines Trägers IPE500 an eine Stütze HEB240 mittels eines Doppelwinkels (siehe folgende Skizze). Aus dem Träger ist eine Querkraft  $V_d$  in die Stütze zu übertragen.



- Welche Kraft ist in einer der Schrauben „1“ zu übertragen? (1 P)
  - Welche Kräfte sind in den Schrauben „2“ zu übertragen? (2 P)
  - Wie verteilen sich diese Kräfte auf die Schraubenpaare „2-oben“ und „2-unten“? (4 P)
- Hinweis: a) bis c) nur beschreiben – nicht rechnen
- Geben Sie ein übliches Rechenmodell an, mit dem man die Schraubenkräfte vereinfachend ermitteln kann. (2 P)
  - Berechnen Sie die Beanspruchung der Schrauben (Abscheren / Zugkraft) für eine Querkraft von  $V_d = 220$ ;  $a = 70$ ;  $b = 310$ ;  $c = 330$ ;  $d = 430$ ;  $e = 240$ . (4 P)
  - Zur Berechnung der Schraubenkräfte ist eine Annahme erforderlich. Welche? Ergänzen Sie ggfs. die obige Skizze (2 P)

Lösung:

- halbe Vertikallast bzw. halbe Querkraft
- Querkraft plus (Druck- und) Zugkraft aus Versatzmoment
- viertel Vertikallast – in jeder der oberen Schrauben halber Zug
- den oberen Schrauben wird nur die Zugkraft zugewiesen, den unteren Schrauben nur die Querkraft
- „1“:  $V_{a,d} = 220 / 4 = 55,0$ ; „2 unten“:  $V_d = 220 / 2 = 110$ ;  
„2 oben“: Versatzmoment  $M_d = 220 * 70 = 15,4$ ;  $N_d = 15,4 / 330 / 2 = 23,3$ ;
- Es wird ein Druckpunkt bei „2 unten“ angenommen

- Einige der in Aufgabe 5 angegebenen Maße sind in konstruktiver Hinsicht bedenklich. Welche sind das? Welche Probleme entstehen dadurch? Machen Sie Lösungsvorschläge. (9 P)

Lösung:

- a) Maß d passt wegen der Walzrundungen nicht auf den Steg;  $d \leq 500 - 2 \cdot (16 + 21) = 426$ ; konstruktiv neu gewählt 420;
- b) Die Maße b und c liegen zu nahe beieinander; die Schrauben 1 und 2 könnten kollidieren oder es gibt Behinderungen wegen schlechter Zugänglichkeit bei der Montage;
- c) Das Maß b ist möglicherweise zu groß; wenn große Trägerdurchbiegungen auftreten, reicht der Platz im Lochspiel nicht mehr aus, um die erforderliche Tangentenverdrehung einspannungsfrei auszuführen; konstruktiv neu gewählt: 200

7. Skizzieren Sie einen Ortgangknoten, an dem folgende Profile beteiligt sind: Giebelstütze IPE240, Ortgangriegel HEA200 (Dachneigung  $15^\circ$ ), Pfette IPE 160 (Dachüberstand 50 cm)
- Skizzieren Sie im Maßstab 1:5; skizzieren Sie Darstellungen von zwei unterschiedlichen Blickrichtungen (Draufsicht und/oder Ansicht und/oder Schnitt).
- Zeichnen Sie alle Bauteile/Verstärkungen ein, die zur Übertragung hoher Vertikallasten und hoher Horizontallasten erforderlich sind. Schreiben Sie Positionsnummern an alle Bauteile, Schweißnähte und Schrauben. (20 P)
- Für den zusätzlichen Anschluss der Diagonale L60x6 des Giebelverbandes (Neigung  $35^\circ$  gegen die Senkrechte, kleine Verbandslasten) gibt es bis zu 5 Sonderpunkte.

Lösung:

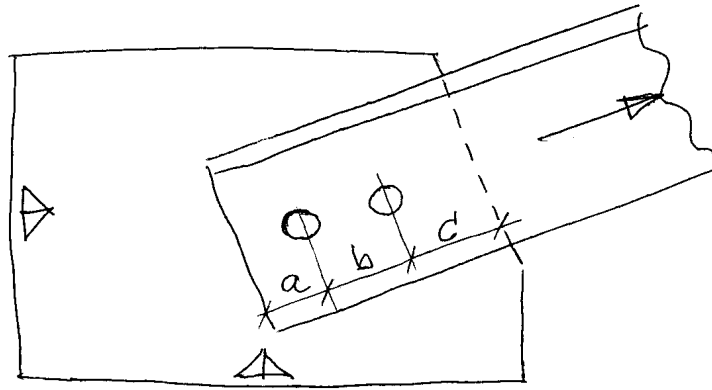
8. Führen Sie alle in Aufgabe 7 vergebenen Positionsnummern auf; geben Sie jeweils in mindestens einem Stichwort an, welcher rechnerische Nachweis für dieses Bauteil/Schraube/Schweißnaht zu führen wäre. (10 P + 2 SP)

Beispiel: „Schub aus Querkraft“; „Zug aus Versatzmoment“

Lösung:

1 – Kranbahnträger – Schub aus Querkraft

9. Ein Winkelprofil L80x8-S235 ist als Diagonale an ein Knotenblech  $t = 10$  mm angeschlossen mit 2 Schrauben M12-4.6-Gewinde bis zum Kopf.
- $d_L = 14$ ,  $a = 25$ ,  $b = 50$ ;  $c = 25$ .



(Skizze nicht maßstäblich)

Ermitteln Sie die aufnehmbare Zugkraft des Anschlusses nach DIN 18800-1.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Tragfähigkeit der Diagonalen (Nettoquerschnitt); Schraube 1+2 (Abscheren);  
Schraube 1 (Lochleibung); Schraube 2 (Lochleibung) (9 P)

Lösung:

(Nettoquerschnitt Knotenblech wird nicht maßgebend)

Nettoquerschnitt der Diagonalen

$$N_{d, dia} = (1230 \text{ mm}^2 - 14 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm}) \cdot 218 \text{ N/mm}^2 = 244 \text{ kN}$$

Abscheren der Schrauben

$$V_{a, R, d} = 2 \cdot 18,4 \text{ kN} = 36,8 \text{ kN}$$

Lochleibung der Schraube 1 (links)

$$\text{Gl. 50a: } \alpha = 1,1 \cdot 25 \text{ mm} / 14 \text{ mm} - 0,30 = 1,66$$

$$V_{L, R, d} = 8 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm} \cdot 1,66 \cdot 218 \text{ N/mm}^2 = 34,8 \text{ kN}$$

Lochleibung der Schraube 2 (rechts)

Abstand zur Schraube 1: Gl. 50b:  $\alpha = 1,08 \cdot 50 \text{ mm} / 14 \text{ mm} - 0,77 = 3,09 \rightarrow$   
maßgebend 3,0

$$V_{L, R, d} = 8 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm} \cdot 3,00 \cdot 218 \text{ N/mm}^2 = 62,8 \text{ kN}$$

Lochleibung im Knotenblech (rechter Rand),  $\alpha$  wie für Schraube 1

$$V_{L, R, d} = 10 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm} \cdot 1,66 \cdot 218 \text{ N/mm}^2 = 43,4 \text{ kN}$$

Maßgebend für die rechte Schraube: Knotenblech

$$\text{Gesamte Lochleibungslast: } V_{L, R, d} = 34,8 \text{ kN} + 43,4 \text{ kN} = 78,2 \text{ kN}$$

10. Zu Aufgabe 9:

a) Sind die Rand- und Lochabstände in Aufgabe 9 zulässig nach DIN 18800? (2 P)

b) Nennen Sie 5 konstruktive Maßnahmen, um die Tragkraft des Anschlusses aus Aufgabe 9 deutlich zu erhöhen. (5 P)

Lösung:

- a) Randabstand  $1,2 \cdot 14 \text{ mm} = 16,8 \text{ mm}$  ist eingehalten  
Lochabstand  $2,2 \cdot 14 \text{ mm} = 30,8 \text{ mm}$  ist eingehalten
- b) Größere Schraubendurchmesser anordnen;  
dritte (und weitere) Schraube anordnen;  
Rand- und Lochabstände vergrößern;  
Wanddicke von Winkel und Knotenblech vergrößern;  
höhere Schraubengüte wählen;  
(Schaftschrauben verwenden);

11. Bei einem pfettenlosen Dach soll ein Trapezprofil Hoesch T85.1 Negativlage,  $t = 1,25 \text{ mm}$  als Dreifeldträger über Felder von je  $5,0 \text{ m}$  gespannt werden. Der Bemessungswert der Auflast beträgt  $q_d = 1,50 \text{ kN/m}^2$ . Ermitteln Sie die Ausnutzungsgrade des Trapezprofils für Feldmoment, Stützmoment, Endauflagerkraft, Zwischenauflagerkraft – ohne Berücksichtigung der Interaktion von Auflagerkraft und Biegemoment.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Feldmoment, Stützmoment, Endauflagerkraft, Zwischenauflagerkraft (12 P)

Lösung:

Tragfähigkeitswerte aus Prüfbescheid, Zwischenauflagerbreite  $\geq 120 \text{ mm}$ :

$M_{F,k} = 12,3 \text{ kNm/m}$ ;  $\max M_{B,k} = 12,6 \text{ kNm/m}$ ;  $R_{A,T,k} = 28,1 \text{ kN/m}$ ;  $\max R_{B,k} = 57,5 \text{ kN/m}$ ;

Schnittgrößen und Ausnutzungsgrade für 3-Feld-Träger:

$M_{d,feld} = 3,00 \text{ kNm/m}$ , 0,268;  $M_{d,stütz} = -3,75 \text{ kNm/m}$ , 0,327;  $A_d = 3,00 \text{ kN/m}$ , 0,117;  $B_d = 8,24 \text{ kN/m}$ , 0,158;

12. Führen Sie für das in Aufgabe 11 beschriebene Trapezprofil den Interaktionsnachweis für Zwischenauflagerkraft und Stützmoment. (6 P)

Lösung:

$M_{0,B,k} = 12,6 \text{ kNm/m}$ ;  $R_{0,B,k} = 70,99 \text{ kN/m}$ ;  $\varepsilon = 2$ ;  $0,327 + 0,128^2 = 0,344$

13. Ermitteln Sie für das in Aufgabe 11 beschriebene Trapezprofil den aufnehmbaren Schubfluss. Die Länge des Schubfeldes in Rippenrichtung beträgt  $LS = 15 \text{ m}$ .

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Schubfeldsteifigkeit,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ . (5 P)

Lösung:

zul  $T_1 = 5,35 \text{ kN/m}$ ;  $T_2 = 10,1 \text{ kN/m}$

$$G, S = 10^4 / (0,134 \text{ m/kN} + 7,39 \text{ m}^2/\text{kN} / 15 \text{ m}) = 15960 \text{ kN/m}$$

$$\text{zul T3} = 15960 \text{ kN/m} / 750 = 21,3 \text{ kN/m} \rightarrow \text{maßgebend wird T1}$$

14. Zu den Aufgaben 11 und 13:

- a) Welche Anordnung von Verbindungselementen sollte entlang der End- und Zwischenauflager aus konstruktiven Gründen gewählt werden? (2 P)
- b) Welche Abstände von Verbindungselementen sind an den Längsstößen von Trapezprofilen einzuhalten? (2 P)

Lösung:

- a) Endauflager: jede Tiefsicke; Zwischenauflager: jede 2. Tiefsicke;
- b) mindestens 50 mm, höchstens 667 mm;

15. NEUTRALISIERT

- a) Bewerten sie ein Bauteil aus Stahl mit feuerverzinkter Oberfläche und ein Bauteil aus nichtrostendem Stahl hinsichtlich ihrer Position in der Spannungsreihe der Metalle. (2 P)
- b) Welcher Korrosionsmechanismus ist zu erwarten, wenn beide Teile verbunden werden und von einem Elektrolyten benetzt werden? (2 P)
- c) Welcher Korrosionsmechanismus ist zu erwarten, wenn feuerverzinkte Teile mit Schrauben aus nichtrostendem Stahl verbunden werden? (2 P)

Lösung:

- a)  $-0,76 \text{ V}$  – unedler als Fe; ca.  $+1,0 \text{ V}$  – ähnlich Ag und Au;
- b) die feuerverzinkte Oberfläche wird stark korrodiert
- c) auf grund der relativen großen verzinkten Oberfläche und der relativ kleinen Schraubenoberfläche praktisch kein Korrosionsabtrag

16. a) Nennen Sie drei selbstpassivierende Werkstoffe sowie jeweils mindestens einen typischen Anwendungsfall. (6 P)

b) Machen Sie Angaben zu möglichen Einsatzbedingungen und zur Beständigkeit. (6 P)

Lösung:

- aa) Aluminium; Fensterrahmen, Fassaden
- ab) Nichtrostender Stahl; Handläufe
- ac) Wetterfester Baustahl; Brücken, Fassaden, Skulpturen, Schornsteinbau
- ba) Atmosphäre; beständig auch gegen schwache Laugen und Säuren
- bb) Atmosphäre; nur in besonderen Fällen gegen Chloride beständig.
- bc) Atmosphäre; nicht ausreichend beständig gegen sauren Regen