

**Grundlagen des Stahlhochbaus**  
**Schriftliche Prüfung 1250150 am 10.02.2009**  
**Musterlösung**

Erreichbare Punktzahl: 137 (entspr. 125 %);

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.

$L = 6,50 \text{ m}$ ;  $q, k = 40,0 \text{ kN/m}$ ;  $q, d = 57,0 \text{ kN/m}$  (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:

$M, d = 301$ ;  $V, d = 185$ ;  $W, erf = 1380$ ; gewählt: IPE450; 0,920; 0,348;

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) 13,1

b)  $L/300$ ; 21,7

c) 0,606

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:

$W_{\text{erf}} = 920$ ; gewählt: IPE400; 0,793; 0,285;

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:

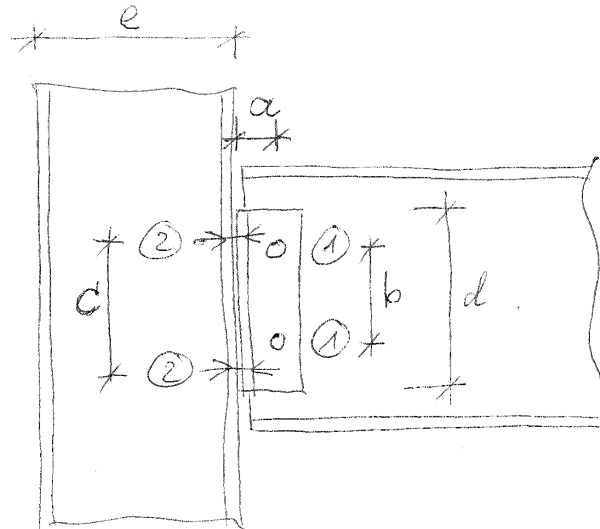
a) 19,1

b) 0,883

c) ja, man spart ca. 11 kg/m entspr. 15 %;

der empfohlene Grenzwert für die Durchbiegungen ist noch eingehalten;

5. Gegeben ist der „gelenkige“ Querkraftanschluss eines Trägers IPE450 an eine Stütze HEB200 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)
  - Welchen Vorteil hat das von Ihnen angegebene Rechenmodell? (2 P)
  - Berechnen Sie die Beanspruchung der Schrauben (Abscheren / Zugkraft) für eine Querkraft von  $V, d = 185$ ;  $a = 60$ ;  $b = 290$ ;  $c = 320$ ;  $d = 390$ ;  $e = 200$ . (4 P)
  - Zur Berechnung der Schraubenkräfte ist eine Annahme erforderlich. Welche? Ergänzen Sie ggfs. die obige Skizze (1 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
- Die gleichzeitige Wirkung von Zug- und Querkraft wird getrennt, ein Interaktionsnachweis ist nicht erforderlich.
- „1“:  $V, a, d = 185 / 4 = 46,3$ ; „2 unten“:  $V, d = 185 / 2 = 92,5$ ;  
„2 oben“: Versatzmoment  $M, d = 185 \cdot 60 = 11,1$ ;  $N, d = 11,1 / 320 / 2 = 17,3$ ;
- Es wird ein Druckpunkt bei „2 unten“ angenommen

6. 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;  $d \leq 450 - 2 \cdot (14,6 + 21) = 379$ ; konstruktiv neu gewählt 370;
- 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: 150

7. Skizzieren Sie einen Traufknoten, an dem folgende Profile beteiligt sind: Längswandstütze HEB200, Dachträger IPE450 (Dachneigung  $5^\circ$ ), 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 erforderlich sind. Schreiben Sie Positionsnummern an alle Bauteile, Schweißnähte und Schrauben. (20 P)
- Für den zusätzlichen Anschluss der Diagonale L60x6 des Längswandverbandes (Neigung  $32^\circ$  gegen die Senkrechte, kleine Verbandslasten) gibt es bis zu 5 Sonderpunkte.

Lösung:

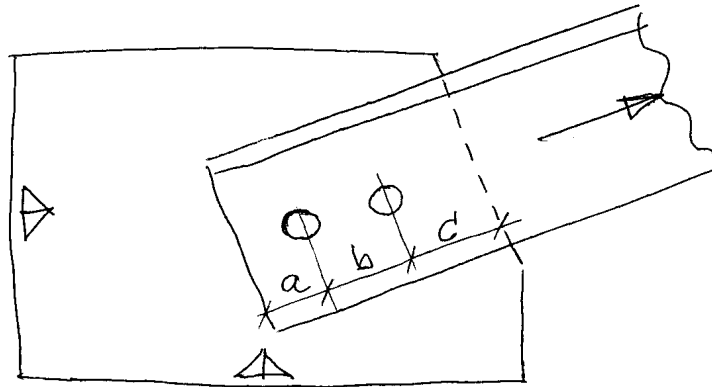
8. Führen Sie alle in Aufgabe 7 vergebenen Positionsnummern auf; geben Sie jeweils in mindestens einem Stichwort an, welcher rechnerische Nachweis für dieses Bauteil/Schraube/Schweißnaht zu führen wäre. (10 P + 2 SP)

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

Lösung:

1 – Dachträger – Schub aus Querkraft

9. Ein Winkelprofil L100x10-S235 ist als Diagonale an ein Knotenblech  $t = 12$  mm angeschlossen mit 2 Schrauben M16-4.6-Gewinde bis zum Kopf.  
 $d_L = 18$ ,  $a = 35$ ,  $b = 35$ ;  $c = 35$ .



(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

$$N_{d, \text{dia}} = (1920 \text{ mm}^2 - 18 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm}) \cdot 218 \text{ N/mm}^2 = 379 \text{ kN}$$

Abscheren der Schrauben

$$V_{a, R, d} = 2 \cdot 34,3 \text{ kN} = 68,6 \text{ kN}$$

Lochleibung der Schraube 1 (links)

$$\text{Gl. 50a: } \alpha = 1,1 \cdot 35 \text{ mm} / 18 \text{ mm} - 0,30 = 1,84$$

$$V_{L, R, d} = 10 \text{ mm} \cdot 16 \text{ mm} \cdot 1,84 \cdot 218 \text{ N/mm}^2 = 64,2 \text{ kN}$$

Lochleibung der Schraube 2 (rechts)

$$\text{Abstand zur Schraube 1: Gl. 50b: } \alpha = 1,08 \cdot 35 \text{ mm} / 18 \text{ mm} - 0,77 = 1,33$$

$$V_{L, R, d} = 10 \text{ mm} \cdot 16 \text{ mm} \cdot 1,33 \cdot 218 \text{ N/mm}^2 = 46,4 \text{ kN}$$

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

$$V_{L, R, d} = 12 \text{ mm} \cdot 16 \text{ mm} \cdot 1,84 \cdot 218 \text{ N/mm}^2 = 77,0 \text{ kN}$$

Maßgebend für die rechte Schraube: Diagonalstab

$$\text{Gesamte Lochleibungslast: } V_{L, R, d} = 64,2 \text{ kN} + 46,4 \text{ kN} = 110,6 \text{ kN}$$

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  $1,2 \cdot 18 \text{ mm} = 21,6 \text{ mm}$  ist eingehalten

Lochabstand  $2,2 \cdot 18 \text{ mm} = 39,6 \text{ mm}$  ist nicht eingehalten

b) Größere Schraubendurchmesser anordnen;

dritte (und weitere) Schraube anordnen;

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,  $t = 0,88 \text{ mm}$  als Dreifeldträger über Felder von je  $5,0 \text{ m}$  gespannt werden, Zwischenauflagerbreite  $\geq 120 \text{ mm}$ . Der Bemessungswert der Auflast beträgt  $q_d = 2,00 \text{ kN/m}^2$ . 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:

$M_{F,k} = 8,36 \text{ kNm/m}$ ;  $\max M_{B,k} = 8,00 \text{ kNm/m}$ ;  $R_{A,T,k} = 17,1 \text{ kN/m}$ ;  $\max R_{B,k} = 41,9 \text{ kN/m}$ ;

Schnittgrößen und Ausnutzungsgrade für 3-Feld-Träger:

$M_{d,feld} = 4,00 \text{ kNm/m}$ ,  $0,526$ ;  $M_{d,stütz} = -5,50 \text{ kNm/m}$ ,  $0,756$ ;  $A_d = 4,00 \text{ kN/m}$ ,  $0,257$ ;  $B_d = 11,0 \text{ kN/m}$ ,  $0,356$ ;

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

Lösung:

$M_{0,B,k} = 8,00 \text{ kNm/m}$ ;  $R_{0,B,k} = 41,86 \text{ kN/m}$ ;  $\varepsilon = 2$ ;  $0,756 + 0,289^2 = 0,840$

13. Ermitteln Sie für das in Aufgabe 11 beschriebene Trapezprofil den aufnehmbaren Schubfluss. Die Länge des Schubfeldes in Rippenrichtung beträgt  $LS = 20 \text{ m}$ , gehen Sie von einer Sonderausführung nach DIN 18807 Teil 3 Bild 7 aus.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

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

Lösung:

zul T1 = 14,5 kN/m; T2 = 28,7 kN/m

$G, S = 10^4 / (0,193 \text{ m/kN} + 0,42 \text{ m}^2/\text{kN} / 20 \text{ m}) = 46700 \text{ kN/m}$

zul T3 = 46700 kN/m / 750 = 62,3 kN/m --> 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. Ein Stück Blech aus Baustahl ohne Korrosionsschutz liegt in einer Oktobernacht in einem Garten. Erläutern Sie die Korrosionsvorgänge. (5 P)

16. Beschreiben Sie den Vorgang der Spaltkorrosion bei nichtrostenden Stählen. (5 P)

17. Beschreiben Sie den Schichtaufbau der Korrosionsschutzschicht eines feuerverzinkten Bauteiles und dessen Beständigkeit gegen korrosiven Angriff. (5 P)