

## Stahlbau

### Schriftliche Prüfung 6620000 am 20.07.2012

### Musterlösung

Erreichbare Punktzahl: 138 (entspr. 153 %)

erreichte Punkte

(Unterschrift Prüfer)

Name, Vorname, Matrikelnummer: .....

Bearbeitungsdauer: 90 Minuten

Hilfsmittel: alle, außer elektronische Kommunikationsmittel

Geben Sie alle Ergebnisse in folgenden Einheiten an: Kräfte [kN], Momente [kNm], Spannungen [N/mm<sup>2</sup>], Querschnittswerte [cm<sup>x</sup>], Längen [mm], Flächenlasten [kN/m<sup>2</sup>];

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

1. Ein geschweißter Hohlprofil-Querschnitt (Kastenträger) mit den Außenmaßen 200x420 besteht aus Gurtblechen BL10x200-S235 und Stegblechen BL5x400-S235.

Bestimmen Sie die Querschnittsklasse für die Beanspruchungen My, Mz und N.

Geben Sie jeweils für die Gurt- und Stegbleche den vollständigen

Berechnungsgang an. (17 P)

Lösung:

Gurtblech:  $c = 200 - 2 \cdot 5 = 190$ ;  $c/t = 190/10 = 19$ ; zweiseitig gelagert;  $\varepsilon = 1$ ;

unter My und N: reiner Druck; QKL nach EC3-1-1 Tab. 5.2: QKL 1 da  $c/t \leq 33^*1$ ;

unter Mz: reine Biegung; QKL 1 da  $c/t \leq 72^*1$

Stegblech:  $c = 400$ ;  $c/t = 400/5 = 80$ ; zweiseitig gelagert;  $\varepsilon = 1$ ;

unter Mz und N: reiner Druck; QKL 4 da  $c/t \geq 42^*1$ ;

unter My: reine Biegung: QKL 2 da  $c/t \leq 83^*1$ ;

Gesamtquerschnitt: My: QKL 2; Mz: QKL 4; N: QKL 4;

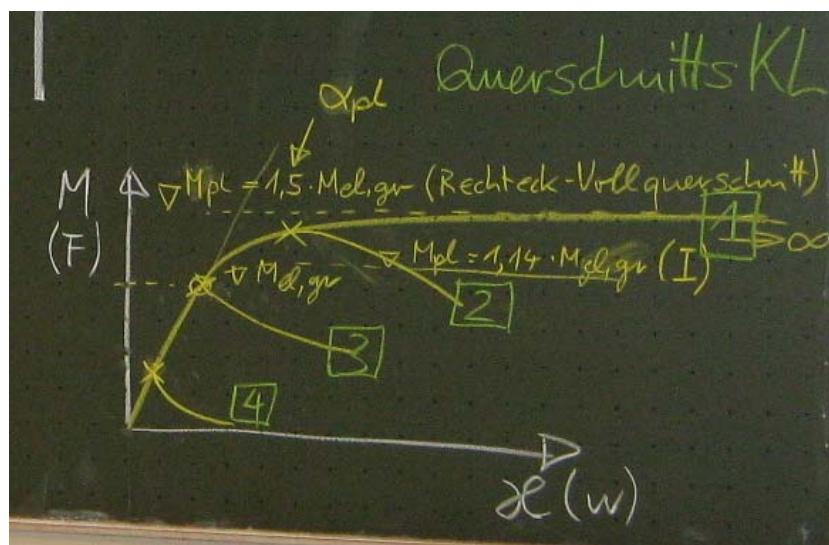
2. Beantworten Sie stichwortartig:

- a) welche Querschnittsklassen gibt es? (2 P)

- b) wie sind diese definiert? (4 P)  
 c) Erläutern Sie das Tragverhalten der unterschiedlichen Querschnittsklassen unter Biegebeanspruchung (Stichworte, Skizze) (5 P)

Lösung:

- a) 4 QKL nach EC3-1-1 Abs. 5.5.2  
 b)   QKL 1 kann durchplastizieren mit ausreichender Rotationskapazität  
       QKL 2 kann durchplastizieren mit begrenzter Rotationskapazität  
       QKL 3 kann die Streckgrenze in der Randfaser erreichen  
       QKL 4 beult vor Erreichen der Streckgrenze



c)

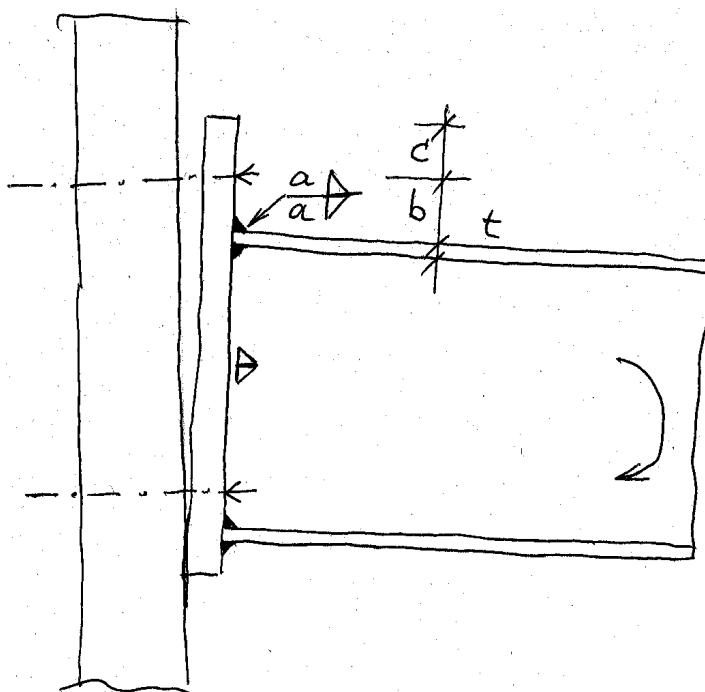
3. Gegeben ist eine Kranbahn in Augsburg mit Kranbahnträgern HEB500-S355 und Stirnplatten BL40x480x300-S355. Bestimmen Sie die erforderliche Stahlgütegruppe für den Träger und die Stirnplatten für die unter a) und b) genannten Fälle. Die Bauteile sind jeweils rechnerisch voll ausgenutzt. Geben Sie jeweils an, welche Temperatur Sie zugrunde legen.

- a) die Kranbahn befindet sich im Freien (5 P)  
 b) die Kranbahn befindet sich in einer geschlossenen Produktionshalle (5 P).

Lösung:

- a) Temperatur  $-30^{\circ}\text{C}$ ; Flanschdicke HEB500: 28 mm; erforderliche Gütegruppe nach EC3-1-10 Tab. 2.1: J2; diese gilt bis 40 mm, daher J2 auch für die Stirnplatte;  
 b) Temperatur  $0^{\circ}$ ; JR bis 35 mm für den Träger; J0 bis 50 mm für die Stirnplatte;

4. Gegeben ist der Stirnplattenanschluss eines Profils IPE400-S355 an eine Stütze mit folgenden Maßen:  $t = 13,5$ ;  $a = 7$ ;  $b = 70$ ;  $c = 60$ ; Breite der Stirnplatte 200. Die oberen Schrauben sind 2M27–10.9, jeweils nur leicht angelegt, so dass unter Last eine klaffende Fuge entsteht. Die unteren Schrauben werden konstruktiv zur Übertragung der Querkraft verwendet und in der folgenden Berechnung nicht berücksichtigt. Der Anschluss wird durch ein negatives Biegemoment  $M_d = 200 \text{ kNm}$  beansprucht.



a) Ermitteln Sie die erforderliche Dicke der Stirnplatte, wenn in der Stirnplatte eine Fließlinie entsteht. Verwenden Sie dabei ein einfaches Ingenieurmodell. (8 P)

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Lage des Druckpunktes; Hebelarm  $e$  für die Zugbeanspruchung der Schrauben; Normalkraft  $N_d$  in einer Schraube; Lage des Fließgelenkes in der Stirnplatte; Hebelarm  $e_2$ , aus dem das Biegemoment im Fließgelenk entsteht; äußeres Biegemoment  $M_d$  im Fließgelenk; erforderliches plastisches Widerstandsmoment  $W_{pl}$ ;

b) Ermitteln Sie die erforderliche Dicke der Stirnplatte, wenn die Schrauben vorgespannt sind und unter den Schrauben ebenfalls eine Fließlinie entsteht. Gehen Sie dabei näherungsweise von der Schraubenkraft aus Teilaufgabe a) aus. (4 P)

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Hebelarm e3, aus dem das Biegemoment im maßgebenden Fließgelenk entsteht; äußeres Biegemoment M,d im Fließgelenk; erforderliches plastisches Widerstandsmoment Wpl;

Lösung:

a) Druckpunkt in der Mitte des unteren Flansches;  $e = 400 - 13,5/2 + 70 = 463$ ;  $N,d = 0,5 * 200 / 0,463 = 216$ ; Fließgelenk oberhalb der oberen Flanschnaht;  $e2 = 70 - 7 * \sqrt{2} = 60,1$ ;  $M,d = 2 * 216 * 0,0601 = 26,0$ ;  $W,pl = 26,0 / 323 = 80,4$ ;  $T = \sqrt{(4 * 80,4 \text{ cm}^3) / 20 \text{ cm}} = 40,1 \text{ mm}$  ... gewählt 40 mm

b)  $e3 = 60,1/2 = 30,1$ ;  $M,d = 26,0/2 = 13,0$ ;  $W,pl = 80,4/2 = 40,2$ ;  $T = \sqrt{(4 * 40,2 \text{ cm}^3) / 20 \text{ cm}} = 28,4 \text{ mm}$  ... gewählt 30 mm

5. Eine geschweißte Rahmenecke IPE400 / IPE400 – S235 wird durch ein negatives Eckmoment M,d = 200 kNm beansprucht. Die Stegdicke des Walzprofils beträgt 8,6 mm, die Flanschdicke beträgt 14 mm. Der Riegel der Rahmenecke ist um 2° gegen die Horizontale geneigt.
- a) Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad  $\eta$  für die Schubspannungen im Eckblech. Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:  
Rechnerische Abmessungen des Eckbleches; Flanschkräfte F,d; Schubfluss T,d; Schubspannung  $\tau,d$ ; aufnehmbare Schubspannung  $\tau,R,d$ . (6 P)
- b) Welche Annahme für den Verlauf der Flanschkräfte im Bereich der Ecke wird dabei üblicherweise zugrunde gelegt (stichwortartige Begründung)? (2 P)
- c) Geben Sie drei unterschiedliche Veränderungen an, mit der Sie in der Rahmenecke ausreichende Tragfähigkeit herstellen können. Geben Sie jeweils eine qualifizierte Schätzung für die erforderliche Bauteildicke oder die maßlichen Veränderungen an (6 P).

Lösung:

a)  $386/386; F,d = 200 / 386 = 518; T,d = 518 \text{ kN} / 386 \text{ mm} = 1340 \text{ N/mm}; \tau,d = 1340 / 8,6 = 156; \tau,R,d = 235 / (1,1 * \sqrt{3}) = 123; \eta = 156/123 = 1,27;$

b) Die Flanschkräfte nehmen im Bereich der Rahmenecke linear auf Null ab. Dies entspricht der Annahme eines konstanten Schubflusses entlang der Kante des Eckbleches

c1.) Anordnung zusätzlicher Schubbleche, möglichst symmetrisch;  $T,ges,erf = 8,6 * 1,27 = 10,9$  vorhanden ist 8,6, Rest 2,3 mm – konstr. gewählt 2x5

c2.) Anordnung zusätzlicher Diagonalen (Fachwerkmodell);  $F,rest = 518 / 0,27 = 140 \text{ kN}; A,erf = 140 * \sqrt{2} * 0,5 / 214 = 462 \text{ mm}^2$  je Seite, konstr. gew. 8x80

c3) Anordnung einer Voute; Vergrößerung des inneren Hebelarmes auf  $386 * 1,27 = 490 = 386 + 104$ ; konstr. gewählt Voute aus IPE400 (ca.  $350 * 1,4 = 490$ )

6. Kranbahnstütze IPE 400 – S235, L = 12,0 m, im Freien, im Fundament eingespannt; die schwache Achse ist auf +7,00 m durch einen Riegel und auf +12,0 m durch die Kranbahnträger seitlich unverschieblich gehalten, der Kranbahnträger läuft mittig über den Stützenkopf;

Normalkraft N,d = 550 kN

- a) Ermitteln Sie die Ausnutzungsgrade für Knicken um beide Achsen unter zentrischem Druck; wählen Sie jeweils einen geeigneten Ersatzstab.

Geben Sie jeweils folgende Zwischenergebnisse an:

Plastische Normalkraft, Knicklänge, Euler-Last, bezogene Schlankheit, Knickspannungslinie, Imperfektionsbeiwert, Reduktionsfaktoren, Grenznormalkraft.  
(19 P)

- b) Welche Einflüsse müsste man bei dem Stabilitätsnachweis noch berücksichtigen? Beschreiben Sie stichwortartig die Auswirkungen dieser Einflüsse auf den Knicknachweis. (4 P)

- c) Welches Stabilitätsphänomen kann bei der Stütze noch auftreten (Stichworte)?

(3 P)

Lösung:

Rechengang nach EC3-1-1:

- a) L = 12000 / 5000; s,k = 24000 / 5000; N,pl = 1800; N,cr,z,d = 757/993; λ,K = 1,54/1,35; KSL = a/b; α = 0,21/0,34; Φ = 1,83/1,60; χ = 0,354/0,405; N,b,z,Rd = 639/730; η = 0,860/0,753

- b) Das zusätzliche Biegemoment aus Wind und Schiefstellung, das dazu führt, dass die oben ermittelten Ergebnisse auf der unsicheren Seite liegen.

- c) Kippen bzw. Biegedrillknicken, jedoch nur bei großen Biegemomenten um die starke Achse;

7. Geben Sie mindestens 3 konstruktive Maßnahmen an, durch die sich eine ausreichende Tragfähigkeit der Stütze aus Aufgabe 6 herstellen lässt? Skizzieren Sie gegebenenfalls. (6 P)

Lösung:

Die Stütze hat eine ausreichende Tragfähigkeit!

Wenn das nicht so wäre, könnte man

- a) ein HEA statt eines IPE-Profilen wählen;

- b) einen zusätzlichen Riegel anbringen, so dass die Knicklängen für die schwache Achse verkleinert werden.

- c) Kammerbleche aufschweißen, so dass ein Kastenquerschnitt mit deutlich höherer Steifigkeit um die schwache Achse entsteht.

8. Konstruieren und Zeichnen Sie zu der vorigen Aufgabe den Stützenfuß mit einem Kreuzverband L120x10-S235 und Knotenblechen 20 mm mit 3M16-8.8. Der Stützenabstand ist 6 m.  
Zeichnen Sie im Maßstab 1:5; zeichnen Sie Darstellungen von zwei unterschiedlichen Blickrichtungen (Draufsicht und/oder Ansicht und/oder Schnitt). Schreiben Sie Positionsnummern an alle Bauteile, Schweißnähte und Schrauben. (20 P)
9. Führen Sie alle in Aufgabe 8 vergebenen Positionsnummern auf; geben Sie jeweils in mindestens einem Stichwort an, welcher rechnerische Nachweis für dieses Bauteil/Schraube/Schweißnaht zu führen wäre. (10 P)  
Beispiel: „Schub aus Querkraft“; „Zug aus Versatzmoment“  
Lösung:  
1 – Dachträger – Schub aus Querkraft
10. Herstellen von Schweißkonstruktionen im Hochbau nach DIN EN 1090.  
Legen Sie für die nachfolgenden Bauteile CC, SC und PC fest und bestimmen Sie daraus die EXC. Geben Sie dabei jeweils mindestens 1 Stichwort an, mit dem Sie Ihre Entscheidung begründen. Welche Qualifikation muss die Schweißaufsicht des Betriebes haben, der diese Bauteile fertigt?  
a) Was bedeuten die Abkürzungen? (2P)  
b) Feuerverzinktes Stahlgeländer S235 im Foyer eines Konzerthauses. (2,5 P)  
c) Produktionshalle mit Spannweite 25 m, S235, maximale Stirnplattendicke 30 mm. (2,5 P)  
d) Stadionüberdachung S235, maximale Stirnplattendicke 40 mm, es sind Baustellennähte erforderlich. (2,5 P)  
e) Gibt es bauaufsichtliche Regelungen, die zu einer anderen Bewertung führen?  
Beschreiben und begründen Sie für die Bauteile unter b) bis d) (5 P)  
Lösung:  
a) CC consequence class = Schadensfolgeklasse; SC service category = Beanspruchungskategorie; PC production category = Herstellungskategorie, EXC execution class = Ausführungsklasse  
b) CC3; SC1; PC1; EXC3a; S (Standard Qualitätsanforderungen)  
c) CC2; SC1; PC1; EXC2; B (elementare Qualitätsanforderungen)  
d) CC3; SC1; PC2; EXC3a; S (Standard Qualitätsanforderungen)  
e) Nach der Bauteil-Liste des DIBt („Positivliste“) wird wie folgt eingeteilt:  
Aufgabe b) in EXC2; Aufgabe c) in EXC2; Aufgabe d) in EXC3;