

## Stahlbau

### Schriftliche Prüfung 6620000 am 31.01.2013

### Musterlösung

Erreichbare Punktzahl: 134 (entspr. 149 %)

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 Blechträger (I-Profil) mit den Außenmaßen 300x1020 besteht aus Gurtblechen BL10x300-S235 und einem Stegblech BL5x1000-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:  $c = 0,5 * (300 - 5) = 148$ ;  $c/t = 148/10 = 14,8$ ; einseitig gelagert;  $\varepsilon = 1$ ;

unter My und N: reiner Druck; QKL nach EC3-1-1 Tab. 5.2: QKL 4 da  $c/t > 14*1$ ;

unter Mz: Biegung um den Steg; nach EC3-1-5 Tab. 4.2:  $k,\sigma = 0,57$ ; QKL 4 nach

EC3-1-1 Tab. 5.2 da  $c/t > 21*1*\sqrt{0,57} = 15,9$

Stegblech:  $c = 1000$ ;  $c/t = 1000/5 = 200$ ; zweiseitig gelagert;  $\varepsilon = 1$ ;

unter Mz nicht maßgebend;

unter N: reiner Druck; QKL 4 da  $c/t > 42*1$ ;

unter My: reine Biegung: QKL 4 da  $c/t > 124*1$ ;

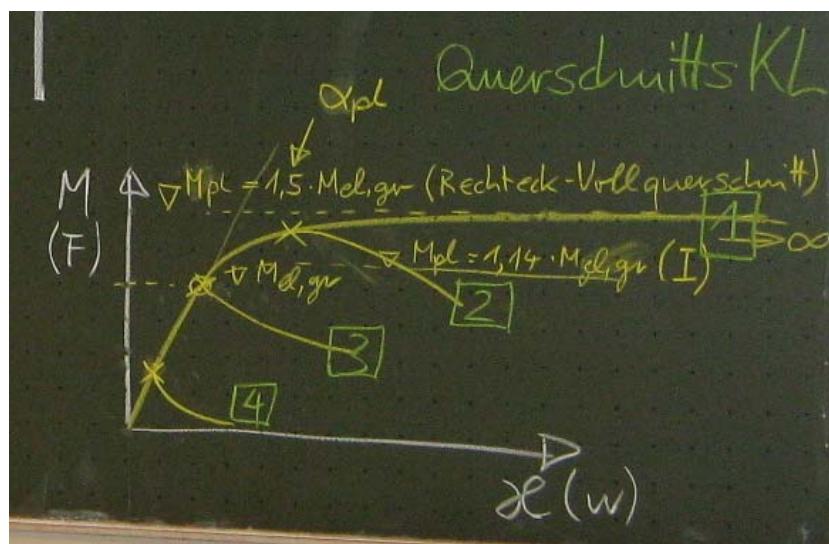
Gesamtquerschnitt: My: QKL 4; Mz: QKL 4; N: QKL 4;

2. Beantworten Sie stichwortartig:

- welche Querschnittsklassen gibt es? (1 P)
- wie sind diese definiert? (2 P)
- Erläutern Sie das Tragverhalten der unterschiedlichen Querschnittsklassen unter Biegebeanspruchung (Stichworte, Skizze) (2 P)

Lösung:

- QKL 1-4 nach EC3-1-1 Abs. 5.5.2
- 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. Der geschweißte Trägerquerschnitt ist in Aufgabe 1 beschrieben, die Stirnplatten sind 30 mm dick, als Werkstoff wurde S355 gewählt. Bestimmen Sie die erforderliche Stahlgütegruppe für den Träger und die Stirnplatten für die unter a) und b) genannten Fälle. Die Bauteile sind jeweils rechnerisch zu 75 % ausgenutzt. Geben Sie jeweils an, welche Temperatur Sie zugrunde legen.

- die Kranbahn befindet sich im Freien (5 P)
- die Kranbahn befindet ebenfalls im Freien, alle Bauteile sind doppelt so dick wie oben beschrieben (5 P).

Lösung:

- Temperatur  $-30^{\circ}\text{C}$ ; Flanschdicke: 10 mm; erforderliche Gütegruppe nach EC3-1-10 Tab. 2.1: JR; Stirnplattendicke: 30 mm; erforderliche Gütegruppe nach EC3-1-10

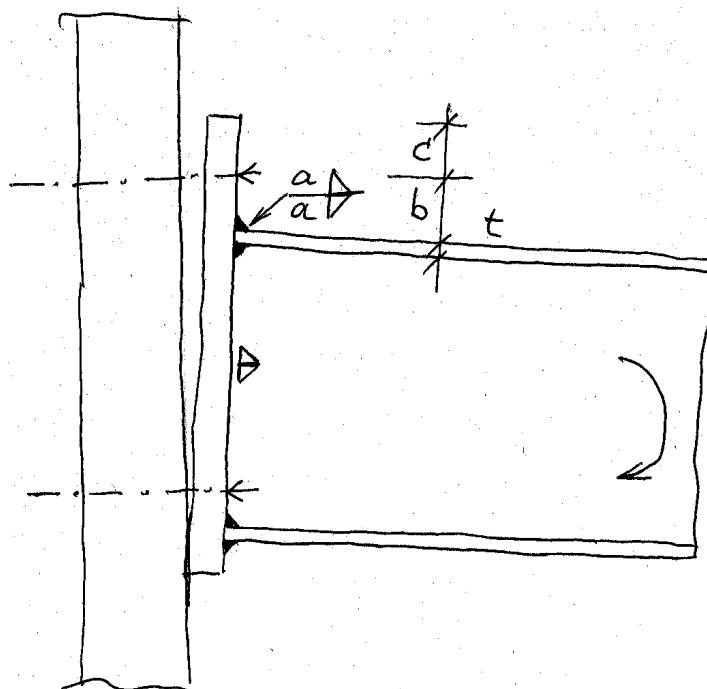
Tab. 2.1: J2

b) Temperatur  $-30^{\circ}\text{C}$ ; Flanschdicke: 20 mm; erforderliche Gütegruppe nach EC3-1-

10 Tab. 2.1: J0; Stirnplattendicke: 60 mm; erforderliche Gütegruppe nach EC3-1-10

Tab. 2.1: ML/NL

4. Gegeben ist der Stirnplattenanschluss eines Profils IPE240-S235 an eine Stütze mit folgenden Maßen:  $t = 9,8$ ;  $a = 5$ ;  $b = 40$ ;  $c = 40$ ; Breite der Stirnplatte 120. Die oberen Schrauben sind 2M16–10.9, 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  $M_d = 60 \text{ kNm}$  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;  $e = 240 - 9,8/2 + 40 = 275$ ;  $N,d = 0,5 * 60 / 0,275 = 109$ ; Fließgelenk oberhalb der oberen Flanschnaht;  $e2 = 40 - 5 * \sqrt{2} = 32,9$ ;  $M,d = 2 * 109 * 0,0329 = 7,17$ ;  $W,pl = 7,17 / 214 = 33,5$ ;  $T = \sqrt{(4 * 33,5 \text{ cm}^3) / 12 \text{ cm}} = 33,4 \text{ mm}$  ... gewählt 35 mm

b)  $e3 = 32,9 / 2 = 16,5$ ;  $M,d = 7,17 / 2 = 3,59$ ;  $W,pl = 33,5 / 2 = 16,8$ ;  $T = \sqrt{(4 * 16,8 \text{ cm}^3) / 12 \text{ cm}} = 23,6 \text{ mm}$  ... gewählt 25 mm

5. Eine geschweißte Rahmenecke IPE300 / IPE300 – S355 wird durch ein negatives Eckmoment M,d = 160 kNm beansprucht. Die Stegdicke des Walzprofils beträgt 7,1 mm, die Flanschdicke beträgt 11 mm. Der Riegel der Rahmenecke ist um 5° gegen die Horizontale geneigt.

a) Ermitteln Sie die 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)  $289 / 289 = 160 / 289 = 554$ ;  $T,d = 554 \text{ kN} / 289 \text{ mm} = 1920 \text{ N/mm}$ ;  $\tau,d = 1920 / 7,1 = 270$ ;  $\tau,R,d = 355 / (1,1 * \sqrt{3}) = 186$ ;  $\eta = 270 / 186 = 1,45$ ;

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 Schubleche, möglichst symmetrisch;  $T,ges,erf = 7,1 * 1,45 = 10,4$  vorhanden ist 7,1, Rest 3,2 mm – konstr. gewählt 2x5

- c2.) Anordnung zusätzlicher Diagonalen (Fachwerkmodell);  $F_{rest} = 554 / 0,45 = 250 \text{ kN}$ ;  $A_{erf} = 250 * \sqrt{2} * 0,5 / 323 = 547 \text{ mm}^2$  je Seite, konstr. gew. 8x80  
c3) Anordnung einer Voute; Vergrößerung des inneren Hebelarmes auf  $289 * 1,45 = 419 = 289 + 130$ ; konstr. gewählt Voute aus IPE300 (ca.  $250 * 1,4 = 350$ )

6. Hallenstütze IPE 240 – S235, L = 9,50 m; auf dem Fundament und in der Dachebene seitlich unverschieblich gehalten; die schwache Achse ist auf +2,80 m und auf +7,50 m durch Wandriegel seitlich unverschieblich gehalten; Normalkraft N,d = 230 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)  $L = 9500 / 4700; s,k = 9500 / 4700; N,pl = 836; N,cr,z,d = 813/242; \lambda,K = 1,01/1,86; KSL = a/b; \alpha = 0,21/0,34; \Phi = 1,10/2,51; \chi = 0,656/0,239; N,b,z,Rd = 548/199; \eta = 0,420/1,153$
- 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:

- a) HEA statt IPE-Profiles wählen;  
b) einen zusätzlichen Riegel auf +5,15 anbringen, so dass die Knicklängen für die schwache Achse verkleinert werden.

- c) Im mittleren Feld 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 Stützenkopf einschließlich Traufpfette mit einem Kreuzverband L80x8-S235 in einem der benachbarten Felder und Knotenblechen 10 mm mit 2M12-8.8. Der Stützenabstand ist 5 m, die Dachneigung beträgt  $3^\circ$ . Hinweis: keine Baustellenschweißung. 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) Fuß- und Radwegbrücke mit 16 m Spannweite aus S235. (2,5 P)  
c) Geschweißte Unterkonstruktion aus 1.4571 für die Glasfassade eines Bankgebäudes. (2,5 P)  
d) Balkongeländer für ein Wohnhaus aus 1.4301. (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) CC2; SC2; PC1; EXC3; S (Standard Qualitätsanforderungen)  
c) CC2; SC1; PC1; EXC2; B (elementare Qualitätsanforderungen)  
d) CC1; SC1; PC1; EXC1; S (Standard Qualitätsanforderungen)

- e) Nach der Bauteil-Liste des DIBt („Positivliste“) wird wie folgt eingeteilt:  
Aufgabe b) in EXC3; Aufgabe c) in EXC2; Aufgabe d) in EXC1;