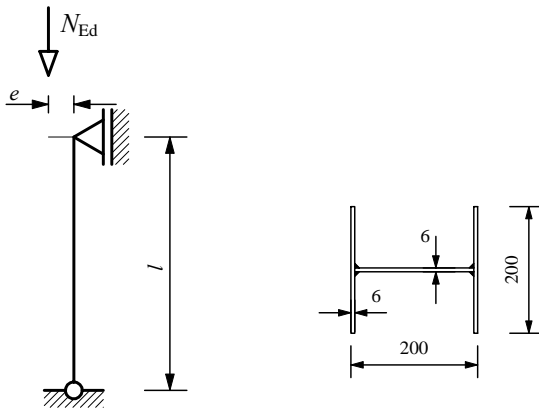


|                      |             |  |         |           |   |
|----------------------|-------------|--|---------|-----------|---|
| Nr.                  | OSM 466     | Blatt  | 1 von 4 | Index     | B |
| Titel                |             | ECSC Stainless Steel Valorisation Project  |         |           |   |
| Inhalt               |             | Bemessungsbeispiel 2 – Geschweißtes I-Profil der Querschnittsklasse 4, druck- und biegebeansprucht |         |           |   |
| Auftraggeber<br>ECSC | Aufgestellt | HS   | Datum   | Juli 2002 |   |
|                      | Geprüft     | AB/IR  | Datum   | Okt 2002  |   |
|                      | Korrigiert  | JBL  | Datum   | März 2006 |   |

## BEMESSUNGSBEISPIEL 2 – GESCHWEIßTES I-PROFIL DER QUERSCHNITTSKLASSE 4, DRUCK- UND BIEGEBEANSPRUCHT

Die biegebeanspruchte Stütze besteht aus einem geschweißten I-Profil, an ihren Enden ist sie gelenkig gelagert. Sie ist seitlich gestützt, so dass Knicken um die schwache Achse nicht bemessungsrelevant ist. Die Geschosshöhe beträgt 3,50 m. Die Stütze wird durch eine vertikale, exzentrisch angreifende Einzellast beansprucht.



### Statisches System

Gelenkig gelagerte Stütze, Spannweite:

$$l = 3,50 \text{ m}$$

Exzentrizität der Last

$$e = 20 \text{ cm}$$

### Beanspruchung

Ständige und veränderliche Lasten erzeugen eine vertikale Druckbeanspruchung (Bemessungslast) von:

$$N_{Ed} = 120 \text{ kN}$$

### Statische Berechnung

Maximale Biegebeanspruchung tritt am oberen Ende der Stütze auf:

$$M_{y,max Ed} = 120 \times 0,20 = 24 \text{ kNm}$$

### Querschnittswerte

Doppelsymmetrisches I-Profil 200 × 200, Wandstärke = 6 mm, Stahlsorte 1.4401

$$b = 200 \text{ mm} \quad t_f = 6 \text{ mm} \quad W_{el,y} = 259,1 \text{ cm}^3$$

$$h_w = 188 \text{ mm} \quad t_w = 6 \text{ mm} \quad W_{pl,y} = 285,8 \text{ cm}^3$$

$$a = 3 \text{ mm (Schweißnahtdicke)} \quad I_y = 2591,1 \text{ cm}^4$$

$$A_g = 35,3 \text{ cm}^2 \quad i_y = 8,6 \text{ cm}$$

|                      |             |  |         |           |   |
|----------------------|-------------|--|---------|-----------|---|
| Nr.                  | OSM 466     | Blatt  | 2 von 4 | Index     | B |
| Titel                |             | ECSC Stainless Steel Valorisation Project  |         |           |   |
| Inhalt               |             | Bemessungsbeispiel 2 – Geschweißtes I-Profil der Querschnittsklasse 4, druck- und biegebeansprucht |         |           |   |
| Auftraggeber<br>ECSC | Aufgestellt | HS   | Datum   | Juli 2002 |   |
|                      | Geprüft     | AB/IR  | Datum   | Okt 2002  |   |
|                      | Korrigiert  | JBL  | Datum   | März 2006 |   |

### Materialeigenschaften

0,2% Streckgrenze = 220 N/mm<sup>2</sup>  
 $E = 200\,000\text{ N/mm}^2$  und  $G = 76\,900\text{ N/mm}^2$

Tabelle 3.1  
 Abschnitt  
 3.2.4

### Querschnittsklassifizierung

$$\varepsilon = 1,01$$

Tabelle 4.2

Spannungsverteilung über Steg (Druck positiv):  $\frac{c}{t} = \frac{188-3-3}{6} = 30,3$

Tabelle 4.2

Falls  $\frac{c}{t} \leq 30,7\varepsilon$  ist der Querschnitt in (mindestens) Klasse 3 einzuordnen

Spannungsverteilung über Flansch (Druck positiv):  $\frac{c}{t} = \frac{200/2-6/2-3}{6} = \frac{94}{6} = 15,7$

Tabelle 4.2

Falls  $\frac{c}{t} \leq 11,0\varepsilon$  ist der Querschnitt in Klasse 3 einzuordnen, d. h. Querschnitt ist in Klasse 4 einzuordnen.

In diesem Fall wird der gesamte Querschnitt Klasse 4 zugeordnet.

### Effektive Querschnittseigenschaften

Reduktionsfaktor  $\rho$  für geschweißte Kragenelemente

$$\rho = \frac{1}{\bar{\lambda}_p} - \frac{0,242}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1$$

Gleich. 4.1c

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\bar{b}/t}{28,4\varepsilon\sqrt{k_\sigma}} \quad \text{mit } \bar{b} = c = 94\text{ mm}$$

Gleich. 4.2

Es wird eine gleichmäßige Spannungsverteilung im gedrückten Querschnittsteil unterstellt,

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 1$$

Tabelle 4.4

$$\Rightarrow k_\sigma = 0,43$$

Tabelle 4.4

$$\bar{\lambda}_p = \frac{94/6}{28,4 \times 1,01 \times \sqrt{0,43}} = 0,833$$

$$\rho = \frac{1}{\bar{\lambda}_p} - \frac{0,242}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{1}{0,833} - \frac{0,242}{0,833^2} = 0,852$$

$$b_{\text{eff}} = 0,852 \times 94$$

Tabelle 4.4

|                      |             |  |         |           |   |
|----------------------|-------------|--|---------|-----------|---|
| Nr.                  | OSM 466     | Blatt  | 3 von 4 | Index     | B |
| Titel                |             | ECSC Stainless Steel Valorisation Project  |         |           |   |
| Inhalt               |             | Bemessungsbeispiel 2 – Geschweißtes I-Profil der Querschnittsklasse 4, druck- und biegebeansprucht |         |           |   |
| Auftraggeber<br>ECSC | Aufgestellt | HS   | Datum   | Juli 2002 |   |
|                      | Geprüft     | AB/IR  | Datum   | Okt 2002  |   |
|                      | Korrigiert  | JBL  | Datum   | März 2006 |   |

$$= 80,1 \text{ mm}$$

Berechnung des effektiven Querschnittes für Druckbeanspruchung

$$A_{\text{eff}} = A_g - 4 \times (1 - \rho) ct = 35,3 - 4 \times (1 - 0,852) \times 94 \times 6 \times 10^{-2} = 31,9 \text{ cm}^2$$

Berechnung des effektiven Querschnittes für Biegebeanspruchung um die starke Achse

$$A_{\text{eff}} = A_g - 2 \times (1 - \rho) ct = 35,3 - 2 \times (1 - 0,852) \times 94 \times 6 \times 10^{-2} = 33,6 \text{ cm}^2$$

Flächenträgheitsmoment bezüglich Schwerachse des Querschnitts, Berechnung der Exzentrizität zur Schwerachse:

$$\bar{z}' = \frac{2 \times (1 - \rho) ct \times (h_w + t_f) / 2}{A_{\text{eff}}} = \frac{2 \times (1 - 0,852) \times 94 \times 6 \times (188 + 6) / 2}{33,6 \times 10^2}$$

$$= 4,8 \text{ mm exzentrisch von der gedrückten Faser entfernt.}$$

Berechnung des effektiven Trägheitsmoments (Biegung um die starke Achse)

$$I_{y,\text{eff}} = I_y - 2 \times (1 - \rho) ct \times \left[ \frac{t^2}{12} + \frac{(h_w + t_f)^2}{4} \right] - \bar{z}'^2 A_{\text{eff}}$$

$$= 2591,1 - 2 \times (1 - 0,852) \times 94 \times 6 \times \left[ \frac{6^2}{12} + \frac{(188 + 6)^2}{4} \right] \times 10^{-4} - (4,8)^2 \times 33,6 \times 10^{-2}$$

$$= 2426,2 \text{ cm}^4$$

Und

$$W_{\text{eff},y} = \frac{I_{y,\text{eff}}}{h_w / 2 + t_f + \bar{z}'} = \frac{2426,2}{18,8 / 2 + 0,6 + 0,48} = 231,5 \text{ cm}^3$$

**Biegeknickwiderstand bei Biegung um die starke Achse**

$$N_{b,Rd} = \chi A_{\text{eff}} f_y / \gamma_{M1}$$

Gleich. 5.2b

$$A_{\text{eff}} = 31,9 \text{ cm}^2 \text{ für Klasse 4-Querschnitt, druckbeansprucht}$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + [\varphi^2 - \bar{\lambda}^2]^{0,5}} \leq 1$$

Gleich. 5.3

$$\varphi = 0,5 \left( 1 + \alpha (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2 \right)$$

Gleich. 5.4

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_y}{N_{\text{cr}}}}$$

$$l = 350 \text{ cm (Knicklänge ist gleich der Stablänge)}$$

$$N_{\text{cr}} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = \frac{\pi^2 \times 200000 \times 2591,1 \times 10^4}{350^2 \times 10^2} \times 10^{-3} = 4175,2 \text{ kN}$$

|                      |             |  |         |           |   |
|----------------------|-------------|--|---------|-----------|---|
| Nr.                  | OSM 466     | Blatt  | 4 von 4 | Index     | B |
| Titel                |             | ECSC Stainless Steel Valorisation Project  |         |           |   |
| Inhalt               |             | Bemessungsbeispiel 2 – Geschweißtes I-Profil der Querschnittsklasse 4, druck- und biegebeansprucht |         |           |   |
| Auftraggeber<br>ECSC | Aufgestellt | HS   | Datum   | Juli 2002 |   |
|                      | Geprüft     | AB/IR  | Datum   | Okt 2002  |   |
|                      | Korrigiert  | JBL  | Datum   | März 2006 |   |

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{31,9 \times 10^2 \times 220}{4175,2 \times 10^3}} = 0,410$$

Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$  und anfänglicher Bezugsschlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_0 = 0,2$  für offene, geschweißte Querschnitte, Biegung um die starke Achse

$$\varphi = 0,5(1 + 0,49(0,410 - 0,2) + 0,410^2) = 0,636$$

$$\chi = \frac{1}{0,636 + [0,636^2 - 0,410^2]^{0,5}} = 0,891$$

$$N_{b,y,Rd} = 0,891 \times 31,9 \times 10^2 \times 220 \times 10^{-3} / 1,1 = 568,46 \text{ kN}$$

### Widerstand gegenüber axialer Druckbeanspruchung und einachsige Biegung (um die starke Achse)

$$\frac{N_{Ed}}{(N_{b,Rd})_{\min}} + k_y \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{\beta_{W,y} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\beta_{W,y} = W_{\text{eff}} / W_{pl,y} \text{ für Klasse 4-Querschnitt} \\ = 231,5 / 285,8 = 0,810$$

$e_{Ny}$  ist 0 wegen der Symmetrie des Querschnitts

$$k_y = 1,0 + 2(\bar{\lambda}_y - 0,5) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = 1,0 + 2(0,410 - 0,5) \frac{120,0}{568,46} = 0,962$$

$$1,2 + \frac{2N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = 1,2 + \frac{2 \times 120}{568,46} = 1,62$$

but  $1,2 \leq k_y \leq 1,62$

$$\therefore k_y = 1,2$$

$$\frac{120,0}{568,46} + 1,2 \frac{24,0 \times 10^6}{0,81 \times 285,8 \times 10^3 \times 220 / 1,1} = 0,833 \leq 1$$

=> Nachweis erbracht

Tabelle 5.1

Abschnitt 5.5.2

Gleich. 5.40