# Innovations-Case: I-Träger

## Voraussetzungen

- elementare Belastungsfälle (Biegung, Schub)
- Schweissverbindung

## Problemstellung

Für einen Laufkran muss ein I-Träger konstruiert werden. Aus Platzgründen kann kein Normprofil eingesetzt werden (die Verwendung von Normprofilen sollte immer angestrebt werden). Aus drei Flachstahl-Profilen soll ein I-Träger geschweisst werden. Der Träger selber ist schon dimensioniert. Die Schweissnaht ist noch nicht dimensioniert (Anzahl Schweissungen, Länge jeder Schweissung, Höhe a der Naht). Diese Werte sollen festgelegt und die Festigkeit nachgewiesen werden.

Die folgenden Werte sind noch gegeben:

P = 25'000 N (Betriebsfaktor eingerechnet);

Bandstahl aus St37.2 mit $\sigma_F = 240\,N/mm^2$

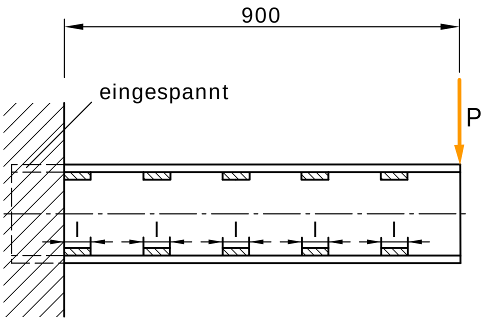


Abb. 1.1 (B201swsZ) Seitenansicht I-Träger

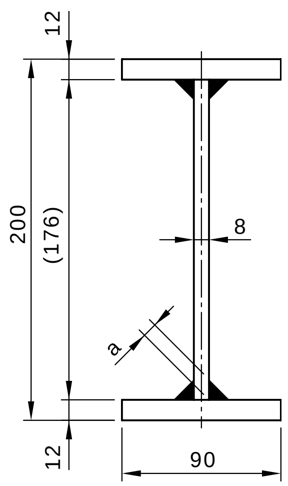


Abb. 1.2 (B202swsZ) Querschnitt I-Träger

## Lösung

In einem ersten Schritt wird die Schweissnaht nicht beachtet und der Träger als Einheit (Steg und Flansch verbunden) modelliert.

Die maximale Normalspannung tritt im oberen Rand des horizontalen Stegs (Abb. 1.3, Stelle 1) auf. Die Schubspannung ist in diesem Steg, wie wir gesehen haben, vernachlässigbar.

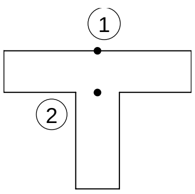


Abb. 1.3 (B203swsZ) Spannungen

An der Stelle 2, direkt zwischen Steg und Flansche, sind leicht kleinere Normalspannungen und Schubspannungen zu erwarten. Für die Schubspannungen gilt im Übergang:

$$\tau_{zx2} = \frac{P \cdot H(z)}{I_y \cdot b(z)} \tag{1}$$

wobei:

$$I_y = \frac{8 \cdot 176^3}{12} + \left( \frac{90 \cdot 12^3}{12} + 94^2 \cdot 12 \cdot 90 \right) = 22\,746\,197\,\text{mm}^4 \tag{2}$$

$$H(z) = A \cdot f = 90 \cdot 12 \cdot \left( \frac{176}{2} + \frac{12}{2} \right) = 101\,520\ \text{mm}^3 \tag{3}$$

$$b(z) = 8 \tag{4}$$

Eingesetzt:

$$\tau_{zx2} = \frac{25\,000 \cdot 101520}{22\,746\,197 \cdot 8} = 13{,}95\ \text{N/mm}^2 \tag{5}$$

Für die Normalspannung erhalten wir in diesem Abstand von der neutralen Faser:

$$\sigma_{xz} = \frac{M_B}{I_y} \cdot e_{maxz} = \frac{22\,500 \cdot 1000}{22\,746\,197} \cdot \frac{176}{2} = 87 \;\mathrm{N/mm^2} \tag{6}$$

### Schubkraft zwischen Steg und Flansch

Die Schubspannung zwischen Steg und Flansch kann, integriert über die gesamte Länge des I-Profils, als Schubkraft berechnet werden:

$$T = \tau_{zx2} \cdot A = 13{,}95 \cdot 8 \cdot 900 = 100\,421 \text{ N} \tag{7}$$

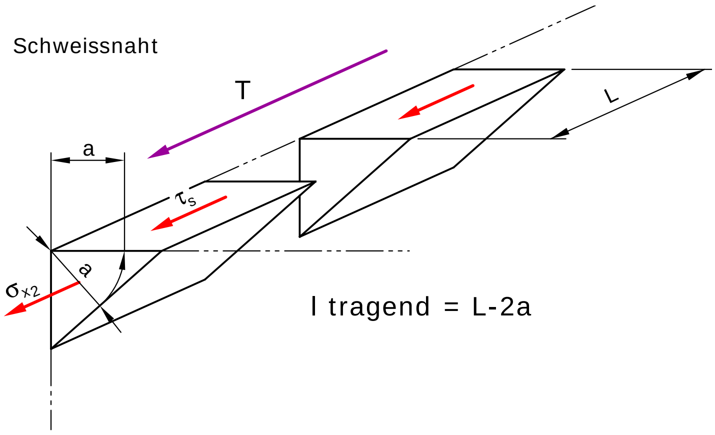


Abb. 1.4 (B204swsZ) Schweissnaht

Diese Schubkraft wird nicht durch das Stegmaterial auf den Flansch übertragen, sondern durch die unterbrochenen Schweissnähte. Die Schubspannung in den Schweissnähten wird:

$$\tau_s = \frac{T}{2 \cdot n \cdot a \cdot l_{tragend}} \tag{8}$$

mit:

- n: Anzahl Schweissungspaare
- $l_{tragend}$: Tragende Länge der Schweissungen
- a: Umgeklappte Nahthöhe

Die Vergleichsspannung ist:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{x2}^2 + 3\tau_s^2} < \sigma_{zul} = v_1 \cdot v_2 \cdot \frac{\sigma_F}{S_F} \tag{9}$$

quadriert

$$\sigma_{x2}^2 + 3\tau_s^2 \le \left(v_1 \cdot v_2 \cdot \frac{\sigma_F}{S_F}\right)^2 \qquad (10)$$

nach $\tau_s$ aufgelöst

$$\tau_s \le \sqrt{\frac{1}{3}\left[\left(v_1 \cdot v_2 \cdot \frac{\sigma_F}{S_F}\right)^2 - \sigma_{x2}^2\right]} \qquad (11)$$

nach $n \cdot a \cdot l_{tragend}$ aufgelöst:

mit $\tau_S = \dfrac{T}{2 \cdot n \cdot a \cdot l_{tragend}}$

$$a \cdot n \cdot l_{tragend} = \frac{T}{2} \cdot \left(\frac{1}{3}[(v_1 \cdot v_2 \cdot \frac{\sigma_F}{S_F})^2 - \sigma_{x2}^2]\right)^{-\frac{1}{2}} \qquad (12)$$

$$= \frac{100\,421}{2} \cdot \left(\frac{1}{3}[(0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot \frac{240}{1{,}5})^2 - 87^2]\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$a \cdot n \cdot l_{tragend} = 1610 \text{ mm}^2 \qquad (13)$$

Annahme: $a = 8$, $n = 5$ dann ergibt dies für $l_{tragend}$

$$l_{tragend} = 40 \qquad (14)$$

und für

$$L = l_{tragend} + 2a = 56 \text{ mm} \qquad (15)$$

Bemerkung: Dadurch, dass $\sigma_x$ in Richtung Kraft abnimmt, könnte L entsprechend reduziert werden.