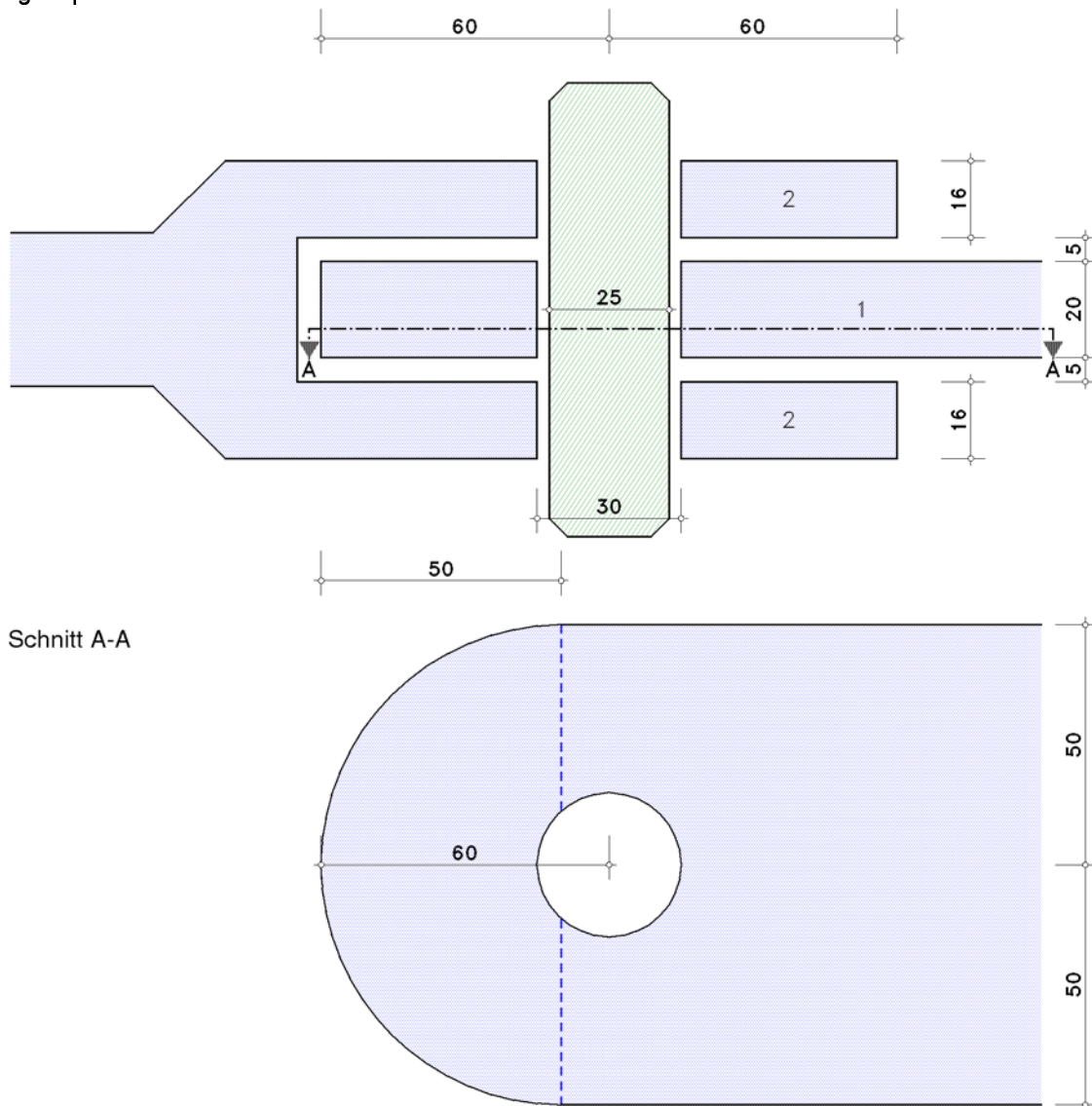


1. Bolzenverbindung

EC 3-1-8 (04.25), NA: Deutschland

1.1. Eingabeprotokoll



Verbindungsmittel

Bolzen: Bolzenwerkstoff: S235J2 + C450
 Durchmesser des Bolzens $d = 25.0$ mm
 Durchmesser des Bolzenlochs $d_0 = 30.0$ mm

Anschlussbleche

Augenstab 1 mit Dicke $t_1 = 20.0$ mm
 Augenstab 2 mit Dicke $t_2 = 16.0$ mm
 Stahlgüte S235
 Biegung: Lochspiel zwischen den Augenstäben $\Delta t = 5.0$ mm
 Geometrie: Abstand der Bolzenachse zum Zugrand $e_1 = 60.0$ mm
 Geometrie: Abstand der Bolzenachse zum seitr. Rand $e_2 = 50.0$ mm

Nachweise

Bemessungswert der einwirkenden Zugkraft im Blech je Bolzen $F_{Ed} = 85.0$ kN
 Geometrische Anforderungen an Augenstäbe mit Möglichkeit A: Dicke und Lochdurchmesser sind vorgegeben

Materialsicherheitsbeiwerte

Beanspruchbarkeit von Querschnitten $\gamma_{M0} = 1.00$
 Beanspruchbarkeit von Schrauben, Schweißnähten, Blechen auf Lochbiegung $\gamma_{M2} = 1.25$
 Beanspruchbarkeit von Bolzen im GZG $\gamma_{M6,ser} = 1.00$

1.2. Tragfähigkeit

Geometrische Anforderungen

Augenstab 1

Möglichkeit A: Vorgabe von $t = t_1 = 20.0$ mm, $d_0 = 30.0$ mm, $F_{Ed} = 85.00$ kN

Minimaler Randabstand in Krafrichtung $a_{min} = (F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}) / (2 \cdot t \cdot f_y) + 2/3 \cdot d_0 = 29.0$ mm

$a = e_1 - 0.5 \cdot d_0 = 45.0$ mm $> a_{min} = 29.0$ mm **ok**

Minimaler Randabstand quer zur Krafrichtung $c_{min} = (F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}) / (2 \cdot t \cdot f_y) + d_0/3 = 19.0$ mm

$c = e_2 - 0.5 \cdot d_0 = 35.0$ mm $> c_{min} = 19.0$ mm **ok**

Augenstab 2

Möglichkeit A: Vorgabe von $t = t_2 = 16.0$ mm, $d_0 = 30.0$ mm, $F_{Ed}/2 = 42.5$ kN

Minimaler Randabstand in Krafrichtung $a_{min} = (F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}) / (2 \cdot t \cdot f_y) + 2/3 \cdot d_0 = 25.7$ mm

$a = e_1 - 0.5 \cdot d_0 = 45.0$ mm $> a_{min} = 25.7$ mm **ok**

Minimaler Randabstand quer zur Krafrichtung $c_{min} = (F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}) / (2 \cdot t \cdot f_y) + d_0/3 = 15.7$ mm

$c = e_2 - 0.5 \cdot d_0 = 35.0$ mm $> c_{min} = 15.7$ mm **ok**

1: Symmetrische Situation - maximales Biegemoment

Abscheren

Scherkraft: $F_{V,Ed} = 0$

Scherkraft: $F_{V,Ed} = 0$

Lochleibung

Augenstab 1 und Bolzen

Scherkraft: $F_{b,Ed} = F_{Ed} = 85.00$ kN

Lochleibungstragfähigkeit: $F_{b,Rd} = (1.5 \cdot f_{y,min} \cdot d \cdot t) / \gamma_{M0} = 176.25$ kN, $f_{y,min} = 235.0$ N/mm², $t = 20.0$ mm

$F_{b,Ed} = 85.0$ kN $< F_{b,Rd} = 176.25$ kN $\Rightarrow U = 0.482 < 1$ **ok**

Augenstab 2 und Bolzen

Scherkraft: $F_{b,Ed} = 0.609 \cdot F_{Ed} = 51.74$ kN

Lochleibungstragfähigkeit: $F_{b,Rd} = (1.5 \cdot f_{y,min} \cdot d \cdot t) / \gamma_{M0} = 141.00$ kN, $f_{y,min} = 235.0$ N/mm², $t = 16.0$ mm

$F_{b,Ed} = 51.7$ kN $< F_{b,Rd} = 141.00$ kN $\Rightarrow U = 0.367 < 1$ **ok**

Biegung

Biegemoment: $M_{Ed} = F_{Ed} \cdot (t_1 + 4 \cdot \Delta t + 2 \cdot t_2) / 8 = 0.77$ kNm, $t_1 = 20.0$ mm, $t_2 = 16.0$ mm, $\Delta t = 5.0$ mm

Widerstandsmoment des Bolzens: $W_{el} = \pi \cdot d^3 / 32 = 1.53$ cm³

Biegezugwiderstand: $M_{Rd} = (1.5 \cdot f_{yp} \cdot W_{el}) / \gamma_{M0} = 0.805$ kNm, $f_{yp} = 350.0$ N/mm²

$M_{Ed} = 0.77$ kNm $< M_{Rd} = 0.805$ kNm $\Rightarrow U = 0.950 < 1$ **ok**

Zug

$F_{t,Rd} = 0 \Rightarrow$ Nachweis wird nicht geführt !!

2: Symmetrische Situation - maximale Scherkraft und zugehöriges Biegemoment

Abscheren

Scherkraft: $F_{V,Ed} = F_{Ed}/2 = 42.50$ kN

Querschnittsfläche des Bolzens: $A = \pi \cdot d^2 / 4 = 4.91$ cm²

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = (0.6 \cdot f_{up} \cdot A) / \gamma_{M2} = 106.03$ kN, $f_{up} = 450.0$ N/mm²

$F_{V,Ed} = 21.3$ kN $< F_{v,Rd} = 106.03$ kN $\Rightarrow U = 0.200 < 1$ **ok**

Lochleibung

Augenstab 1 und Bolzen

Scherkraft: $F_{b,Ed} = F_{Ed} = 85.00$ kN

Lochleibungstragfähigkeit: $F_{b,Rd} = (1.5 \cdot f_{y,min} \cdot d \cdot t) / \gamma_{M0} = 176.25$ kN, $f_{y,min} = 235.0$ N/mm², $t = 20.0$ mm

$F_{b,Ed} = 85.0$ kN $< F_{b,Rd} = 176.25$ kN $\Rightarrow U = 0.482 < 1$ **ok**

Augenstab 2 und Bolzen

Scherkraft: $F_{b,Ed} = 0.609 \cdot F_{Ed} = 51.74$ kN

Lochleibungstragfähigkeit: $F_{b,Rd} = (1.5 \cdot f_{y,min} \cdot d \cdot t) / \gamma_{M0} = 141.00$ kN, $f_{y,min} = 235.0$ N/mm², $t = 16.0$ mm

$F_{b,Ed} = 51.7$ kN $< F_{b,Rd} = 141.00$ kN $\Rightarrow U = 0.367 < 1$ **ok**

Biegung

Biegemoment: $M_{Ed} = F_{Ed} \cdot 2 \cdot (\Delta t + t_2) / 4 = 0.55$ kNm, $t_2 = 16.0$ mm, $\Delta t = 5.0$ mm

Widerstandsmoment des Bolzens: $W_{el} = \pi \cdot d^3 / 32 = 1.53$ cm³

Biegezugwiderstand: $M_{Rd} = (1.5 \cdot f_{yp} \cdot W_{el}) / \gamma_{M0} = 0.805$ kNm, $f_{yp} = 350.0$ N/mm²

$M_{Ed} = 0.55$ kNm $< M_{Rd} = 0.805$ kNm $\Rightarrow U = 0.686 < 1$ **ok**

Zug

$F_{t,Rd} = 0 \Rightarrow$ Nachweis wird nicht geführt !!

Kombination von Abscheren und Biegung

$(F_{V,Ed}/F_{v,Rd})^2 + (M_{Ed}/M_{Rd})^2 = 0.511 < 1$ **ok**

3: Asymmetrische Situation - maximale Scherkraft und zugehöriges Biegemoment

Abscheren

Scherkraft: $F_{V,Ed} = \alpha F_{Ed} = 0.00$ kN, $\alpha = 0.609$

Querschnittsfläche des Bolzens: $A = \pi \cdot d^2 / 4 = 4.91$ cm²

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = (0.6 \cdot f_{up} \cdot A) / \gamma_{M2} = 106.03$ kN, $f_{up} = 450.0$ N/mm²

$F_{V,Ed} = 25.9$ kN $< F_{v,Rd} = 106.03$ kN $\Rightarrow U = 0.244 < 1$ **ok**

Lochleibung

Augenstab 1 und Bolzen

Scherkraft: $F_{b,Ed} = F_{Ed} = 85.00$ kN

Lochleibungstragfähigkeit: $F_{b,Rd} = (1.5 \cdot f_{y,min} \cdot d \cdot t) / \gamma_{M0} = 176.25$ kN, $f_{y,min} = 235.0$ N/mm², $t = 20.0$ mm

$F_{b,Ed} = 85.0$ kN $< F_{b,Rd} = 176.25$ kN $\Rightarrow U = 0.482 < 1$ **ok**

Augenstab 2 und Bolzen

Scherkraft: $F_{b,Ed} = 0.609 \cdot F_{Ed} = 51.74$ kN

Lochleibungstragfähigkeit: $F_{b,Rd} = (1.5 \cdot f_{y,min} \cdot d \cdot t) / \gamma_{M0} = 141.00 \text{ kN}$, $f_{y,min} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $t = 16.0 \text{ mm}$
 $F_{b,Ed} = 51.7 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 141.00 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.367 < 1$ ok

Biegung

Biegemoment: $M_{Ed} = \alpha \cdot F_{Ed} \cdot t_2 / 2 = 0.41 \text{ kNm}$, $\alpha = 0.609$, $t_2 = 16.0 \text{ mm}$

Widerstandsmoment des Bolzens: $W_{el} = \pi \cdot d^3 / 32 = 1.53 \text{ cm}^3$

Biegezugwiderstand: $M_{Rd} = (1.5 \cdot f_{yp} \cdot W_{el}) / \gamma_{M0} = 0.805 \text{ kNm}$, $f_{yp} = 350.0 \text{ N/mm}^2$

$M_{Ed} = 0.41 \text{ kNm} < M_{Rd} = 0.805 \text{ kNm} \Rightarrow U = 0.514 < 1$ ok

Zug

$F_{t,Rd} = 0 \Rightarrow$ Nachweis wird nicht geführt !!

Kombination von Abscheren und Biegung

$(F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2 + (M_{Ed} / M_{Rd})^2 = 0.324 < 1$ ok

4: Asymmetrische Situation - hohe Scherkraft und zugehöriges hohes Biegemoment

Abscheren

Scherkraft: $F_{v,Ed} = (1 - \alpha) \cdot F_{Ed} = 33.26 \text{ kN}$, $\alpha = 0.609$

Querschnittsfläche des Bolzens: $A = \pi \cdot d^2 / 4 = 4.91 \text{ cm}^2$

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = (0.6 \cdot f_{up} \cdot A) / \gamma_{M2} = 106.03 \text{ kN}$, $f_{up} = 450.0 \text{ N/mm}^2$

$F_{v,Ed} = 33.26 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 106.03 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.157 < 1$ ok

Lochleibung

Augenstab 1 und Bolzen

Scherkraft: $F_{b,Ed} = F_{Ed} = 85.00 \text{ kN}$

Lochleibungstragfähigkeit: $F_{b,Rd} = (1.5 \cdot f_{y,min} \cdot d \cdot t) / \gamma_{M0} = 176.25 \text{ kN}$, $f_{y,min} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $t = 20.0 \text{ mm}$

$F_{b,Ed} = 85.0 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 176.25 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.482 < 1$ ok

Augenstab 2 und Bolzen

Scherkraft: $F_{b,Ed} = 0.609 \cdot F_{Ed} = 51.74 \text{ kN}$

Lochleibungstragfähigkeit: $F_{b,Rd} = (1.5 \cdot f_{y,min} \cdot d \cdot t) / \gamma_{M0} = 141.00 \text{ kN}$, $f_{y,min} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $t = 16.0 \text{ mm}$

$F_{b,Ed} = 51.7 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 141.00 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.367 < 1$ ok

Biegung

Biegemoment: $M_{Ed} = (1 - \alpha) \cdot F_{Ed} \cdot (t_2 + 4 \cdot \Delta t) / 2 = 0.60 \text{ kNm}$, $\alpha = 0.609$, $t_2 = 16.0 \text{ mm}$

Widerstandsmoment des Bolzens: $W_{el} = \pi \cdot d^3 / 32 = 1.53 \text{ cm}^3$

Biegezugwiderstand: $M_{Rd} = (1.5 \cdot f_{yp} \cdot W_{el}) / \gamma_{M0} = 0.805 \text{ kNm}$, $f_{yp} = 350.0 \text{ N/mm}^2$

$M_{Ed} = 0.60 \text{ kNm} < M_{Rd} = 0.805 \text{ kNm} \Rightarrow U = 0.743 < 1$ ok

Zug

$F_{t,Rd} = 0 \Rightarrow$ Nachweis wird nicht geführt !!

Kombination von Abscheren und Biegung

$(F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2 + (M_{Ed} / M_{Rd})^2 = 0.577 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung $U_{max} = 0.950 < 1$ ok

Nachweis erbracht

2. Vorschriften

EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;

Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010

EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur EN 1990, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -

Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau;

Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2022, Ausgabe April 2025

EN 1993-1-1/A1, Ergänzungen zur EN 1993-1-1, Ausgabe Juli 2014

EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-1, Ausgabe Oktober 2022

EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -

Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen;

Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2024, Ausgabe April 2025

EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe November 2020