

4H-NISI gr. Eingabe - Stahlbaunachweise

Seite bearbeitet Sept. 2023

• Kontakt



• Programmübersicht



• Bestelltext



Infos auf dieser Seite

... als pdf



• Teilschnittgrößenverfahren



• Biegeknicken



alle Detailinformationen zur grafischen Eingabe im Überblick

• Allgemeines



• Lastbilder

• **Stahlbaunachweise EC 3**

• Systemobjekte erzeugen



• Imperfektionslastbilder



• Stabgruppen



• Systemobjekte modellieren



• Verwaltung der Nachweise



• Datenzustand



• Systemeigenschaften



• Holzbaunachweise EC 5



• Sonstiges



• Verwaltung der Einwirkungen



• Stahlbetonbau EC 2



Teilschnittgrößenverfahren (TSV) mit Umlagerung

Das Teilschnittgrößenverfahren mit Umlagerung wird im Abschnitt 7.2 von

Kindmann, R., Frickel, J.: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit,
Grundlagen, Methoden, Berechnungsverfahren, Beispiele
Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2002

beschrieben.

Es können Drei- bzw. Zweiblechquerschnitte (I-, C-, U-, Z-, L-, T-Querschnitte) und Rohre als Profile oder typisierte Querschnitte unter zweiachsiger Beanspruchung einschl. St. Venant'scher Torsion und Wölbkrafttorsion nachgewiesen werden.

Der Nachweis gliedert sich in folgende Schritte:

- zunächst werden die Schnittgrößen des Querschnitts, die zumeist im Schwerpunkt (Normalkraft, Biegemomente) oder im Schubmittelpunkt (Querkraft, Torsionsmomente, Wölbmoment) in Richtung des Hauptachsensystems wirken, in das Koordinatensystem transformiert, das in Stegmitte liegt und in Stegrichtung orientiert ist
- bei Querschnitten mit planmäßiger Torsion wird das primäre Torsionsmoment im Verhältnis der Torsionssteifigkeiten auf die einzelnen Querschnittsteile aufgeteilt.
Das sekundäre Torsionsmoment erzeugt Querkraften im oberen und unteren Gurt.
Aus dem Wölbmoment resultieren Biegemomente im oberen und unteren Gurt.
- die Querkraft quer zum Steg und das Moment um die Steglängsachse werden auf die Gurte aufgeteilt.
Die Querkraft in Steglängsrichtung und das verbleibende Biegemoment werden dem Steg zugeordnet.
- aus den schuberzeugenden Schnittgrößen Querkraft und Torsionsmoment wird die von den einzelnen Querschnittsteilen aufzunehmende Schubspannung ermittelt.
Diese Schubspannung vermindert die zulässige Vergleichsspannung. Für die im weiteren Nachweis zugrundeliegende Steckgrenze werden deshalb Reduktionsfaktoren ermittelt.
Falls eine der Schubspannungen nicht aufgenommen werden kann, läßt sich der Nachweis nicht führen.
- aus den Gurtbiegemomenten lassen sich Grenznormalkräfte in den Gurten errechnen.
Ist bereits die Gurtragfähigkeit aus dem Moment allein überschritten, läßt sich der Nachweis nicht führen.
- zur Aufnahme der verbleibenden Schnittgrößen Normalkraft und Stegbiegemoment können Gurtnormalkräfte innerhalb der ermittelten Grenzen angesetzt sowie der gesamte Steg ausgenutzt werden.
Aus dem Gleichgewicht der in den Teilen wirkenden Normalkräfte mit der äußeren Normalkraft, lassen sich Grenzen für das Stegbiegemoment berechnen.

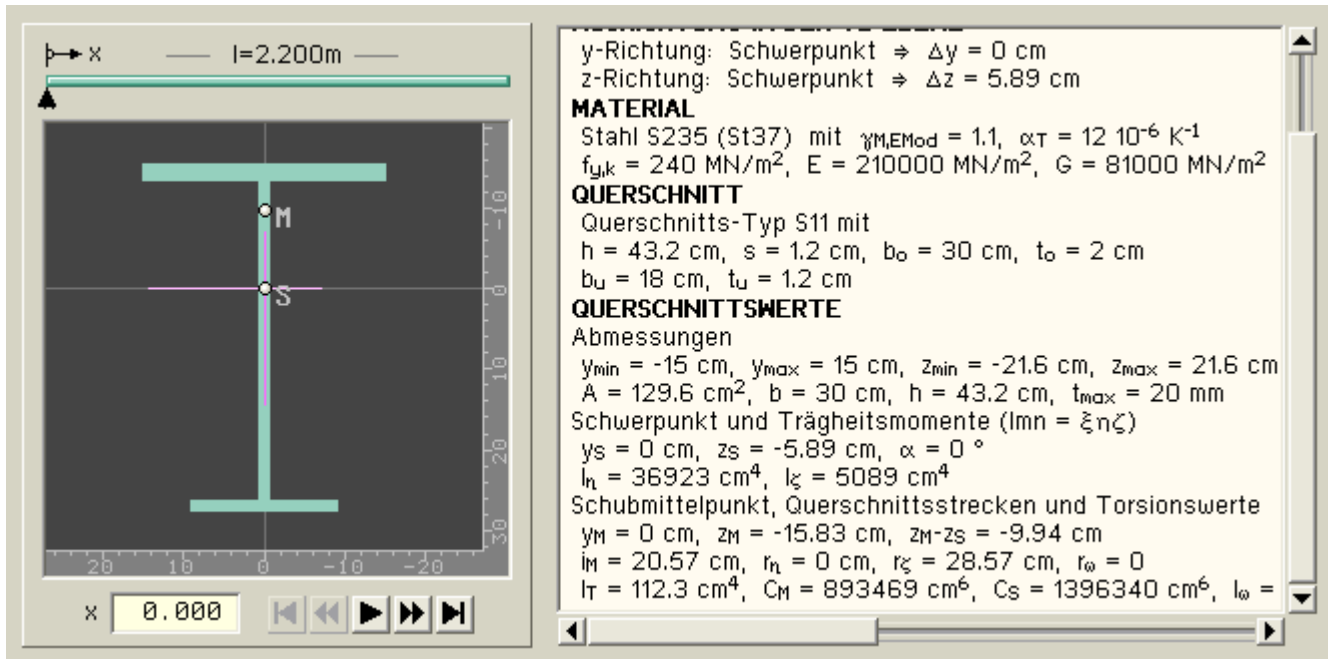
Die Ausnutzung ist dann durch das Verhältnis von vorhandenem zu aufnehmbarem Moment gegeben.

- da das aufnehmbare Stegbiegemoment nichtlinear von der Steigerung der äußeren Schnittgrößen abhängt, wird abschließend iterativ der Faktor ermittelt, bei dem der Querschnitt gerade versagt.

Die Ausnutzung ist der Kehrwert dieses Faktors.

- wenn eine Begrenzung der Grenzbiegemomente (z.B. nach DIN 18800, El. 755 auf $1.25 \cdot M_{el}$) vorgenommen werden soll, werden die zugehörigen nachzuweisenden Momente bei Bedarf entsprechend erhöht (z.B. mit dem Faktor $\alpha_{pl}/1.25$).

Das folgende Beispiel ist der Ausgabe eines Detailnachweispunkts von 4H-DULAS entnommen (s. Kindmann, Bild 4.15).



Querschnittsbeschreibung

Material (DIN 18800): Stahl S235 (St37), $t_{max} = 20\text{ mm}$, $f_{y,k} = 240\text{ MN/m}^2$
Querschnitts-Typ S11: allg. I-Querschnitt
Querschnittsgeometrie: $h = 43.2\text{ cm}$, $s = 1.2\text{ cm}$, $b_o = 30.0\text{ cm}$, $t_o = 2.0\text{ cm}$, $b_u = 18.00\text{ cm}$, $t_u = 1.2$
Querschnittswerte: $A = 129.6\text{ cm}^2$, $I_m = 36923.1\text{ cm}^4$, $I_n = 5089.0\text{ cm}^4$, $I_{mn} = 0.0\text{ cm}^4$
3-Blech Querschnitt, Bezugspunkt ist Mittelpunkt Steg, Hauptachseneckwinkel $\alpha = 0.00^\circ$:
 $b_o = 30.00\text{ cm}$, $t_o = 2.00\text{ cm}$, $y_o = 0.00\text{ cm}$, $z_o = -21.00\text{ cm}$
 $h_s = 40.00\text{ cm}$, $t_s = 1.20\text{ cm}$
 $b_u = 18.00\text{ cm}$, $t_u = 1.20\text{ cm}$, $y_u = 0.00\text{ cm}$, $z_u = 20.60\text{ cm}$
Plastische Formbeiwerte: $\alpha_{pl,\eta} = 1.391$, $\alpha_{pl,\zeta} = 1.486$

Nachweis 2: DIN 18800 Tragfähigkeit (Th. II. Ord.)

Plastischer Querschnittsnachweis: Teilschnittgrößenverfahren mit Umlagerung:
 $\gamma_M = 1.10$, $f_{y,d} = 218.18\text{ MN/m}^2$, $\tau_{R,d} = 125.97\text{ MN/m}^2$
Keine Begrenzung der Grenzbiegemomente nach Element 755.
plastische Grenzschnittgrößen der Querschnittsteile in kN,m:
 $V_{pl,o} = 755.8$, $M_{pl,xp,o} = 7.31$, $N_{pl,o} = 1309.1$, $M_{pl,o} = 98.18$, $I_{T,o}/I_T = 0.71$, $\delta_o = 0.00$
 $V_{pl,s} = 604.6$, $M_{pl,xp,s} = 3.57$, $N_{pl,s} = 1047.3$, $M_{pl,s} = 104.73$, $I_{T,s}/I_T = 0.20$
 $V_{pl,u} = 272.1$, $M_{pl,xp,u} = 1.58$, $N_{pl,u} = 471.3$, $M_{pl,u} = 21.21$, $I_{T,u}/I_T = 0.09$, $\delta_u = 0.00$
Grenzwerte grenz (c/t)

Nachweis der Lastkombinationen

Lastkollektiv 1: Lastkollektiv 1
Schnittkräfte: $N = 0.25\text{ kN}$, $V_\eta = 28.22\text{ kN}$, $V_\zeta = 120.51\text{ kN}$
Momente: $T = 2.897\text{ kNm}$, $M_\eta = 269.00\text{ kNm}$, $M_\zeta = -62.32\text{ kNm}$
Wölbkrafttorsion: $T_t = 0.668\text{ kNm}$, $T_w = 2.229\text{ kNm}$, $B = 4.469\text{ kNm}^2$
Normalspannungen (elast.): $\sigma_{max} = 255.87\text{ MN/m}^2$, $\sigma_{min} = -333.94\text{ MN/m}^2$
extr. Spannungen (elast.): $\sigma = 333.94\text{ MN/m}^2$, $\tau = 34.12\text{ MN/m}^2$, $\sigma_v = 334.58\text{ MN/m}^2$
Teilschnittgrößen Gurt oben: $V_o = 30.34\text{ kN}$, $M_{xp,o} = 0.47\text{ kNm}$, $M_{sa,o} = -65.91\text{ kNm}$
Teilschnittgrößen Gurt unten: $V_u = -2.12\text{ kN}$, $M_{xp,u} = 0.06\text{ kNm}$, $M_{sa,u} = 3.59\text{ kNm}$
Teilschnittgrößen Steg: $V_s = 120.51\text{ kN}$, $M_{xp,s} = 0.14\text{ kNm}$
Teilschnittgrößen Hauptbiegung (Schwerpunkt): $N = 0.25\text{ kN}$, $M_{y,s} = 269.00\text{ kNm}$
Ausnutzung aus Schub: $U_{\tau,o} = 0.084$, $U_{\tau,u} = 0.040$, $U_{\tau,s} = 0.219 \Rightarrow U_\tau = 0.219$
Reduktionsfaktoren der Streckgrenzen: $\eta_{y,\tau,o} = 0.996$, $\eta_{y,\tau,u} = 0.999$, $\eta_{y,\tau,s} = 0.976$
Ausnutzung aus Gurtbiegung M_{sa} : $U_{M_{sa,o}} = 0.674$, $U_{M_{sa,u}} = 0.170 \Rightarrow U_{M_{sa}} = 0.674$
Grenznormalkräfte Gurt oben: $-745.17\text{ kN} \leq N_o \leq 745.17\text{ kN}$
Grenznormalkräfte Gurt unten: $-429.11\text{ kN} \leq N_u \leq 429.11\text{ kN}$
Grenznormalkräfte Steg: $-1021.80\text{ kN} \leq N_s \leq 1021.80\text{ kN}$
Ausnutzung Normalkraft: $-2196.08\text{ kN} \leq N \leq 2196.08\text{ kN} \Rightarrow U_N = 0.000$
Ausnutzung y-Moment (Schwerpunkt): $-337.29\text{ kNm} \leq M_{y,s} \leq 337.29\text{ kNm} \Rightarrow U_{M_y} = 0.798$
Ausnutzung aus Laststeigerung der Teilschnittgrößen: $U_{\alpha,pl} = 0.864$
Grenzwerte c/t (DIN 18800, Tab. 15): $c/t_{o-o} = 0.423$, $c/t_{-o} = 0.600$
Max. Ausnutzung: $U = 0.864 \leq 1 \Rightarrow$ Nachweis erfüllt

Bild vergrößern

Nachweis gegen Biegeknicken

Stabilitätsfälle in der Berechnungsebene können in 4H-NISI durch Berechnung nach Theorie II. Ordnung behandelt werden.

Da 4H-NISI ein 2D-Programm ist, wird damit ein mögliches Knicken senkrecht zur Berechnungsebene nicht erfasst.

Daher kann für den Fall, dass das System senkrecht zur Ebene nicht gehalten ist, optional ein Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren gemäß EC 3, 6.3.1, (gleichförmige Bauteile mit planmäßig zentrischem Druck) geführt werden.

Bei Profilen mit verdrehten Hauptachsen (z.B. L- oder Z-Profile) werden im Programm, auf der sicheren Seite liegend, die Trägheitsswerte der schwachen Hauptachse berücksichtigt.

Der Nachweis des Biegedrillknickens wird hierdurch nicht erfasst. Biegedrillknickgefährdete Systeme können mit den Programmen 4H-EC3ST, 4H-FRAP oder 4H-DULAS untersucht werden.

Der Nachweis gegen Biegeknicken erfolgt wie oben gesagt nach dem Ersatzstabverfahren aus EC 3, 6.3.1.

Die Nachweisgleichung hat die Form

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0 \quad \dots \text{EC 3, Gl. (6.46)} \quad \dots \text{mit } \dots$$

N_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Druckkraft

$N_{b,Rd}$... der Biegebeanspruchbarkeit

Dabei gilt

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad \dots \text{EC 3, Gl. (7.47)} \quad \dots \text{für Querschnitte der Klasse 1, 2 und 3}$$

Der Wert χ ergibt sich aus

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0 \quad \dots \text{EC 3, Gl. (6.49)} \quad \dots \text{mit } \dots$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right)$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} \quad \dots \text{EC 3, Gl. (6.50)} \quad \dots \text{für Querschnitte der Klasse 1, 2 und 3}$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.9 \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

α Imperfektionsbeiwert gemäß EC 3, Tab. 6.1 und 6.2, für die maßgebende Knicklinie

N_{cr} ideale Verzweigungslast für den maßgebenden Knickfall

i Trägheitsradius für die maßgebende Knickebene

L_{cr} Knicklänge in der betrachteten Knickebene