

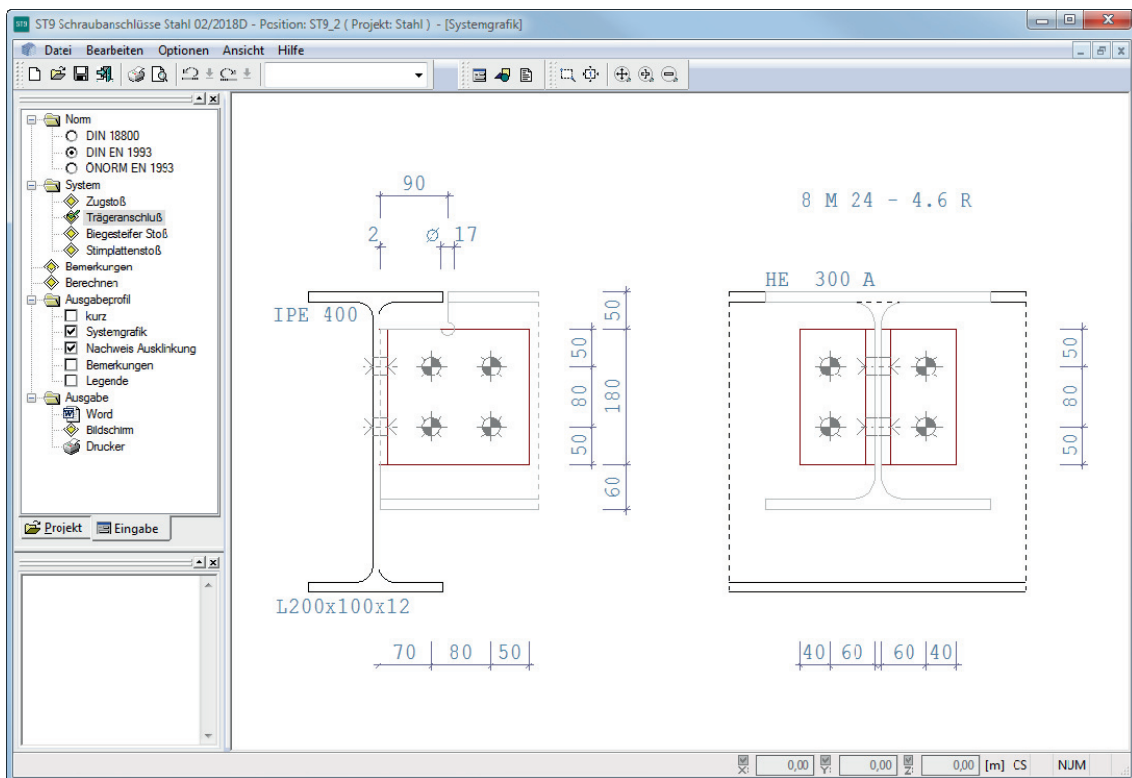
ST9 – Berechnungsgrundlagen DIN 18800

FRILO Software GmbH

www.friilo.eu

info@friilo.eu

Stand 16.10.2018



ST9 – Berechnungsgrundlagen DIN 18800

Inhaltsverzeichnis

Berechnungsgrundlagen DIN 18800	3
Zugstoß	7
Trägeranschluss (Querkraftstoß)	9
Biegesteifer Stoß	11
Stirnplattenstoß	13

Berechnungsgrundlagen DIN 18800

Grundlage ist die DIN 18800, Ausgabe 1990.

Bei den Scher-Lochleibungs-Verbindungen werden die Scherfestigkeit der Schrauben und die Lochleibungsfestigkeit des Materiales nachgewiesen.

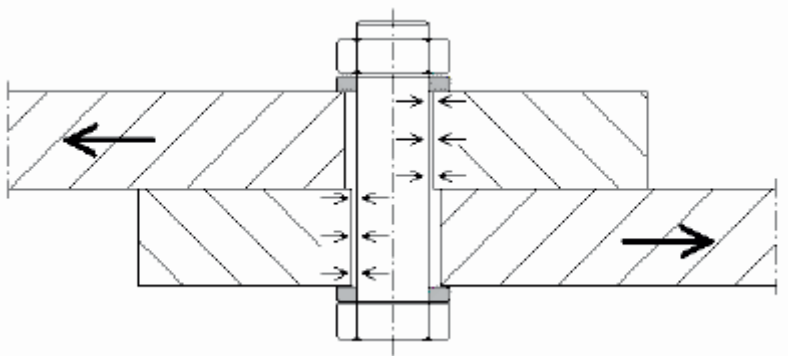
Zusätzlich wird gezeigt, dass das Material im Bereich der Lochschwächungen nicht reißt, d.h. bestimmte Mindestabstände eingehalten sind.

Es dürfen grundsätzlich höchstens acht Schrauben in Krafrichtung hintereinander angeordnet werden.

Durch Momente können die Schrauben einer Verbindung ungleichmäßig beansprucht werden. Es wird dann der Nachweis für die am ungünstigsten beanspruchte Schraube geführt.

Hinweis: Als "Verbindung" wird die Gesamtheit aller beteiligten Elemente bezeichnet (Profile, Bleche, Schrauben); als "Anschluss" wird ein Teil einer Verbindung bezeichnet, z.B. Hauptträger - Winkel oder Zugband - Lasche.

Nachweis Scher-Lochleibungs-Verbindung



Es liegen nur Längs- oder nur Querkräfte vor:

- Ermittlung der Beanspruchbarkeit jeder Schraube auf Abscheren, $V_{aRd,i}$
- Ermittlung der Beanspruchbarkeit jeder Schraube auf Lochleibung im Profil, $V_{lRd,i,P}$
- Ermittlung der Beanspruchbarkeit jeder Schraube auf Lochleibung in den Laschen, $V_{lRd,i,L}$
- Feststellen des Minimalwertes der Beanspruchbarkeit aus a) bis c), $V_{Rd,i}$
- Ermittlung der Summe von $V_{Rd,i}$ über alle Schrauben im Anschluss
- Beanspruchungsgrad = $V_{ges} / \sum V_{Rd,i}$

Es liegen Längs- und Querkräfte (aus Momenten) vor:

- Ermittlung der Kraft V_a auf die am höchsten beanspruchte Schraube
- Ermittlung der Beanspruchbarkeit dieser Schraube auf Abscheren, V_{aRd}
- Ermittlung der Beanspruchbarkeit dieser Schraube auf Lochleibung im Profil, $V_{lRd,P}$
- Ermittlung der Beanspruchbarkeit dieser Schraube auf Lochleibung in den Laschen, $V_{lRd,L}$
- Feststellen des Minimalwertes der Beanspruchbarkeit aus h) bis k), V_{Rd}
- Beanspruchungsgrad = V_a / V_{Rd}

Beanspruchbarkeit auf Abscheren

Beiwert für Abscheren:

$\alpha = 0,6$ für Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8

$\alpha = 0,55$ für Festigkeitsklasse 10.9

maßgebender Querschnitt:

$A =$ Schaftquerschnitt, wenn sich die Fuge im Schaft der Schraube befindet

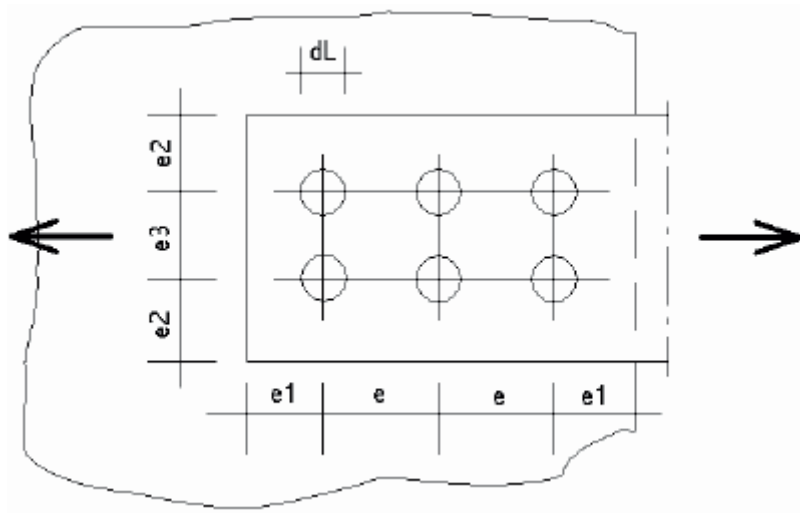
$A =$ reduzierter Spannungsquerschnitt, wenn sich die Fuge im Gewinde der Schraube befindet

aufnehmbare Abscherkraft:

$$V_{aRd} = A \cdot \alpha \cdot f_{ubk} / \gamma_M$$

V_{aRd} erhöht sich entsprechend der Schnittigkeit im Anschluss.

Beanspruchbarkeit auf Lochleibung



- e : Lochabstand in Kraftrichtung
- e_1 : Randabstand in Kraftrichtung
- e_2 : Randabstand senkrecht zur Kraftrichtung
- e_3 : Lochabstand senkrecht zur Kraftrichtung

- d_L : Lochdurchmesser
- d_{Sch} : Schraubendurchmesser
- t : Materialdicke

Beiwert für Lochleibung:

- für Randschraube in Kraftrichtung

- wenn $(e_2 \geq 1,5 \cdot d_L)$ und
- $(e_3 \geq 3,0 \cdot d_L)$ und
- $(e_1 \geq 1,2 \cdot d_L)$ dann ist

$$\alpha_1 = 1,1 \cdot e_1 / d_L - 0,3 \leq 3,0$$

wenn $(e_2 = 1,2 \cdot d_L)$ und
 $(e_3 = 2,4 \cdot d_L)$ und
 $(e_1 \geq 1,2 \cdot d_L)$ dann ist

$$\alpha_1 = 0,73 \cdot e_1 / d_L - 0,2 \leq 2,0$$

anderenfalls ergibt sich α_1 durch Interpolation über die Abstände e

- für Mittelschraube in Krafrichtung

wenn $(e_2 \geq 1,5 \cdot d_L)$ und
 $(e_3 \geq 3,0 \cdot d_L)$ und
 $(e \geq 2,2 \cdot d_L)$ dann ist
 $\alpha_1 = 1,08 \cdot e / d_L - 0,77 \leq 3,0$

wenn $(e_2 = 1,2 \cdot d_L)$ und
 $(e_3 = 2,4 \cdot d_L)$ und
 $(e_1 \geq 2,2 \cdot d_L)$ dann ist
 $\alpha_1 = 0,72 \cdot e / d_L - 0,51 \leq 2,0$

anderenfalls ergibt sich α_1 durch Interpolation über die Abstände e

aufnehmbare Lochleibungskraft:

$$V_{IRd} = t \cdot d_{Sch} \cdot \alpha_1 \cdot f_{yk} / \gamma_M$$

V_{IRd} erhöht sich entsprechend der Materialdicke im Anschluss.

Maximale Schraubenbelastung einer Verbindung

Zug- bzw. Druckkräfte greifen in der Schwerlinie des Schraubenbildes an:

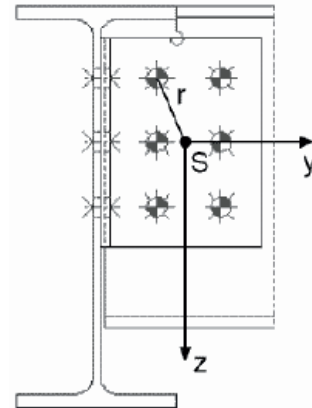
Die zu übertragende Kraft F verteilt sich gleichmäßig auf maximal acht hintereinander liegende Schrauben; $V_a = F / (\text{Anzahl der Schrauben})$.

Zusätzliche exzentrische Beanspruchung:

Bestimmung der maximal beanspruchten Schraube durch das I_p - Verfahren.

I_p - Verfahren:

- M: Moment
- N: Normalkraft
- V: Querkraft
- n: Anzahl der Schrauben im Anschluss
- r: Abstand Schraubenkoordinate zum Schwerpunkt im Schraubenbild
- y,z: Koordinaten einer Schraube
- max. V_a : maximale Schraubenkraft auf eine Schraube im Anschluss



$$r_i = \sqrt{y_i^2 + z_i^2}$$

$r_1 =$ größter Abstand aller Schrauben i vom Schwerpunkt des Schraubenbildes (mit y_1, z_1)

$$I_p = \sum y_i^2 + \sum z_i^2$$

$$V_{a,y} = (M \cdot z_1 / I_p) + (N / n) = \text{Horizontalkomponente}$$

$$V_{a,z} = (M \cdot y_1 / I_p) + (V / n) = \text{Vertikalkomponente}$$

$$\text{max. } V_{a,d} = \sqrt{V_{a,y}^2 + V_{a,z}^2}$$

Schraubenabstände

Rand- und Lochabstände für Schrauben (Löcher sind gebohrt):

- e Lochabstand in Krafrichtung
- e_1 Randabstand in Krafrichtung
- e_2 Randabstand senkrecht zur Krafrichtung
- e_3 Lochabstand senkrecht zur Krafrichtung
- d_L Lochdurchmesser
- t Materialdicke

kleinste Abstände

- $e \geq 2,2 \cdot d_L$
- $e_1 \geq 1,2 \cdot d_L$
- $e_2 \geq 1,2 \cdot d_L$
- $e_3 \geq 2,4 \cdot d_L$

größte Abstände

$$e \leq 6 \cdot d_L$$

$$e_1 \leq 3 \cdot d_L$$

$$e_2 \leq 3 \cdot d_L$$

$$e_3 \leq 6 \cdot d_L$$

und

$$e \leq 12 \cdot t$$

$$e_1 \leq 6 \cdot t$$

$$e_2 \leq 6 \cdot t$$

$$e_3 \leq 12 \cdot t$$

Ausnahme:

bei durch die Profilform versteiften Rändern gilt: Abstand $\leq 8 \cdot t$

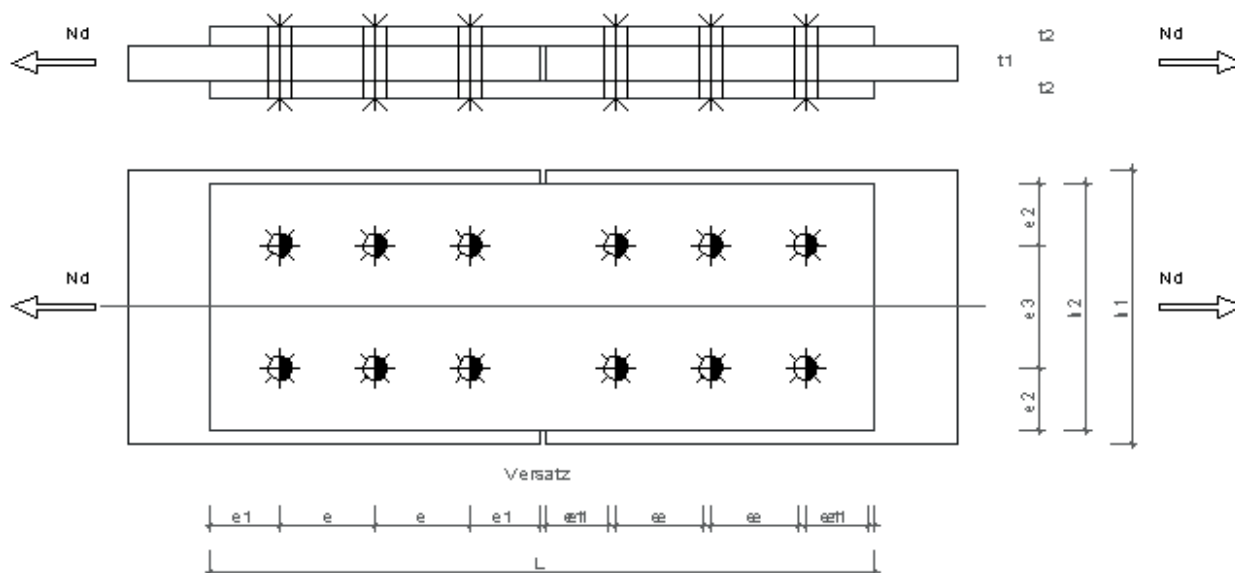
außerdem gilt bei einschnittigen ungestützten Verbindungen für die Randabstände

$$e_1 \geq 2,0 \cdot d_L$$

$$e_2 \geq 1,5 \cdot d_L$$

Zugstoß

Beim Zugstoß werden nur Zugkräfte in der Schwerlinie des Schraubenbildes übertragen.



Die Verbindung kann ein-, zwei- oder mehrschnittig ausgeführt sein, wobei der Stoß mehrerer Zugbänder vom Programm als übereinanderliegend behandelt wird.

Als Anschlussart wird die Scher-Lochleibungs-Verbindung nachgewiesen.

Es muss gezeigt werden, dass die Grenzabscherkräfte je Schraube und die Lochleibungskräfte im Profil und in den Laschen je Schraube sowie die zulässigen Schraubenabstände eingehalten sind.

Nachweisschema:

für jede Randschraube der Lasche in Krafrichtung

- Abscherkraft V_{aRd1} mit Schnittigkeit m
- Lochleibungskraft V_{IRd1L} für Lasche als Randschraube
- Lochleibungskraft V_{IRd1P} für Profil als Mittelschraube
- $V_{Rd1} = \text{Minimum}(V_{aRd1}, V_{IRd1L}, V_{IRd1P})$ als Beanspruchbarkeit der Schraube vom Typ 1

für jede Mittelschraube der Lasche in Krafrichtung

- Abscherkraft V_{aRd2} mit Schnittigkeit m
- Lochleibungskraft V_{IRd2L} für Lasche als Mittelschraube
- Lochleibungskraft V_{IRd2P} für Profil als Mittelschraube
- $V_{Rd2} = \text{Minimum}(V_{aRd2}, V_{IRd2L}, V_{IRd2P})$ als Beanspruchbarkeit der Schraube vom Typ 2

für jede Randschraube des Profils in Krafrichtung

- Abscherkraft V_{aRd3} mit Schnittigkeit m
- Lochleibungskraft V_{IRd3L} für Lasche als Mittelschraube
- Lochleibungskraft V_{IRd3P} für Profil als Randschraube
- $V_{Rd3} = \text{Minimum}(V_{aRd3}, V_{IRd3L}, V_{IRd3P})$ als Beanspruchbarkeit der Schraube vom Typ 3

Nachweis: $N_d / \sum (V_{Rdi} \text{ jeder Schraube } i) < 1$

mit N_d als Bemessungswert der Zugkraft

Hinweis: Bei einschnittigen Verbindungen mit nur einer Schraube in Krafrichtung wird das Element 807 der DIN 18800 Teil 1 berücksichtigt.

(Abminderung der aufnehmbaren Lochleibungskraft mit dem Faktor 1.2 und Begrenzung der Randabstände auf $e_1 \geq 2,0 \cdot d_L$ und $e_2 \geq 1,5 \cdot d_L$ mit d_L als Lochdurchmesser)

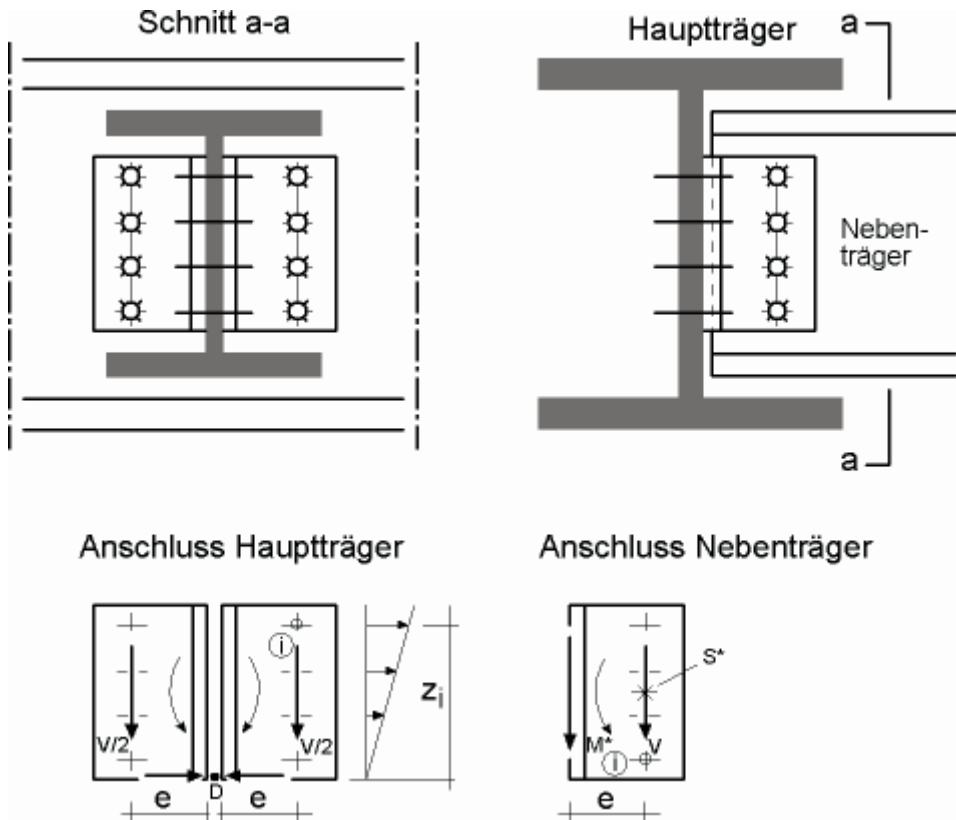
Zusätzlich wird für die Zugband- bzw. Laschenquerschnitte jeweils ein Zugnachweis unter Berücksichtigung der Querschnittsschwächung durch die Schraubenlöcher geführt und die maximale Auslastung dafür angezeigt.

Trägeranschluss (Querkraftstoß)

Beim Trägeranschluss werden nur Querkräfte V_z übertragen.

Ein I-förmiger Nebenträger wird mittels zweier gleich oder ungleichschenkliger Winkel mit einem I-förmigen Hauptträger verbunden.

Der Nebenträger kann oben, unten bzw. beiderseitig ausgeklinkt sein.



Durch Exzentrizität des Anschlusses Winkel - Nebenträger wird ein Versatzmoment aus V_z um den Schwerpunkt des Schraubenbildes erzeugt.

Im Anschluss Hauptträger - Winkel wird ein Versatzmoment aus $V_z / 2$ um den Punkt D berücksichtigt.

Als Anschlussart wird die Scher-Lochleibungs-Verbindung nachgewiesen.

Nachweis der Verbindung

für Anschluss Winkel - Nebenträger

- Die Schrauben werden durch das Versatzmoment unterschiedlich beansprucht: Bestimmung der maximal beanspruchten Schraube mit der Kraft V_{ad} mittels I_p -Verfahren

$$\text{Vertikalkomponente: } V_{s,z} = \frac{M_{St}}{(z_i^2 + y_i^2)} \cdot y_i + \frac{V}{n}$$

$$\text{Horizontalkomponente: } V_{s,y} = \frac{M_{St}}{(z_i^2 + y_i^2)} \cdot z_i$$

Gesamte Schraubenkraft: $V_{a,d} = \sqrt{V_{S,y}^2 + V_{S,z}^2}$

- Abscherkraft V_{aRd} mit Schnittigkeit 2 für diese Schraube
- Lochleibungskraft V_{IRdNT} für diese Schraube im Nebenträger als Randschraube
- Lochleibungskraft V_{IRdW} für diese Schraube im Winkel als Randschraube ($2 \cdot$ Winkeldicke)
- $V_{Rd} = \text{Minimum}(V_{aRd}, V_{IRd1NT}, V_{IRdW})$ als Beanspruchbarkeit dieser Schraube

Nachweis: $V_{ad} / V_{Rd} < 1$

für Anschluss Hauptträger - Winkel

- die Schrauben werden durch das Versatzmoment unterschiedlich beansprucht: Bestimmung der maximal beanspruchten Schraube mit der Kraft V_{ad} mittels I_p - Verfahren

Vertikalkomponente: $V_{S,z} = \frac{V/2}{n}$

Horizontalkomponente: $V_{S,y} = \frac{M_{St}^*}{(z_i^2 + y_z^2)} \cdot z_i$

Gesamte Schraubenkraft: $V_{a,d} = \sqrt{V_{S,y}^2 + V_{S,z}^2}$

- Abscherkraft V_{aRd} mit Schnittigkeit 1 für diese Schraube
- Lochleibungskraft V_{IRdHT} für diese Schraube im Hauptträger als Mittelschraube
- Lochleibungskraft V_{IRdW} für diese Schraube im Winkel als Randschraube ($1 \cdot$ Winkeldicke)
- $V_{Rd} = \text{Minimum}(V_{aRd}, V_{IRd1HT}, V_{IRdW})$ als Beanspruchbarkeit dieser Schraube

Nachweis: $V_{ad} / V_{Rd} < 1$

für Ausklinkung: *siehe im folgenden Text hierzu „Nachweis der Ausklinkung“*

Nachweis der Ausklinkung

Ist der Nebenträger oben, unten bzw. beiderseitig ausgeklinkt, so wird diese Ausklinkung durch den Spannungsnachweis elastisch-elastisch am abgeschwächten Profilquerschnitt nachgewiesen.

In den Nachweis geht die Querkraft und ein Versatzmoment von $V_{zd} \cdot a$ ein.

a bezeichnet die Tiefe der Ausklinkung.

Die Ausklinkung kann als Brennschnitt, üblich bei Schweißprofilen, oder als Bohrung mit dem Durchmesser d_T , üblich bei Walzprofilen, ausgeführt sein.

In letzterem Falle wird der Querschnitt entsprechend d_T verringert, bei Ausklinkung nur oben oder nur unten um $d_T / 2$ bzw. beiderseitiger Ausklinkung um d_T .

Bei Ausklinkungen entweder oben oder unten wird als Querschnitt näherungsweise mit einem parallelfanschigem T - Profil gerechnet.

Die Vergleichsspannung findet nur dann Berücksichtigung, wenn gilt:

$$\sigma > 0,5 \cdot \text{zul. } \sigma \text{ und } \tau > 0,5 \cdot \text{zul. } \sigma$$

Siehe Petersen: Stahlbau, 2. Auflage 1990, Vieweg, S. 223

Bei beiderseitiger Ausklinkung entsteht als "Restprofil" ein Rechteckquerschnitt. Hier wird jedoch keine Vergleichsspannung ausgegeben.

Siehe auch bei Kahlmeyer: "Stahlbau nach DIN 18800 (11.90)", Werner-Verlag, Düsseldorf, 1993, 1. Auflage S. 175ff

Biegesteifer Stoß

Beim Biegesteifen Laschenstoß eines symmetrischen I-förmigen Trägers können Normal-, Querkräfte und Biegemomente übertragen werden.

Die Aufteilung der Schnittgrößen auf Steg und Gurt erfolgt entsprechend der Steifigkeit der Stoßlaschen.

Steg- und Gurtlaschen außen müssen vorgegeben werden.

Gurtlaschen innenliegend können vorgegeben werden.

Als Anschlussart wird die Scher-Lochleibungs-Verbindung nachgewiesen.

Es muss gezeigt werden, dass die Grenzabscherkräfte je Schraube und die Lochleibungskräfte im Profil und in den Laschen je Schraube sowie die zulässigen Schraubenabstände eingehalten sind.

Aufteilung der Schnittgrößen

A_{steg}	Querschnittsfläche der Steglaschen
$A_{\text{gurt,o}}$	Querschnittsfläche der Gurtlaschen oben
$A_{\text{gurt,u}}$	Querschnittsfläche der Gurtlaschen unten
A_{ges}	Querschnittsfläche aller Gurtlaschen

S_{lasche} Schwerpunkt von A_{ges}

bezogen auf S_{lasche} :

I_{steg} Trägheitsmoment der Steglaschen

- $I_{\text{gurt,o}}$ Trägheitsmoment der Gurtlaschen oben
 $I_{\text{gurt,u}}$ Trägheitsmoment der Gurtlaschen unten
 I_{ges} Trägheitsmoment aller Laschen

- Stegstoß

$$M_{\text{steg}} = |M \cdot I_{\text{steg}} / I_{\text{ges}}| + |V \cdot e|$$

mit e als Außermitte der Querkraft bezogen auf den Schwerpunkt des Schraubenbildes eines Anschlusses

$$V_{\text{steg}} = V$$

$$N_{\text{steg}} = N \cdot A_{\text{steg}} / A_{\text{ges}}$$

- Gurtstoß (oben bzw. unten)

$$M_{\text{gurt}} = M \cdot I_{\text{gurt}} / I_{\text{ges}}$$

$$V_{\text{gurt}} = 0$$

$$N_{\text{gurt}} = N \cdot A_{\text{gurt}} / A_{\text{ges}}$$

resultierende Normalkraft in den Gurtlaschen:

oben $F_{\text{gurt,o}} = N_{\text{gurt,o}} - M_{\text{gurt,o}} \cdot h_{\text{gurt,o}}$

$$h_{\text{gurt,o}} = \text{Abstand Schwerpunkt der Gurtlaschen oben zu } S_{\text{lasche}}$$

unten $F_{\text{gurt,u}} = N_{\text{gurt,u}} + M_{\text{gurt,u}} \cdot h_{\text{gurt,u}}$

$$h_{\text{gurt,u}} = \text{Abstand Schwerpunkt der Gurtlaschen unten zu } S_{\text{lasche}}$$

Nachweisschema Steg

- die Schrauben werden durch Momente unterschiedlich beansprucht:
Bestimmung der maximal beanspruchten Schraube mit der Kraft V_{ad} mittels I_p - Verfahren
- Abscherkraft V_{aRd} mit Schnittigkeit 2 für diese Schraube
- Lochleibungskraft V_{IRdP} im Profil für diese Schraube als Randschraube
- Lochleibungskraft V_{IRdL} in den Laschen für diese Schraube als Randschraube
- $V_{\text{Rd}} = \text{Minimum} (V_{\text{aRd}}, V_{\text{IRd1P}}, V_{\text{IRdL}})$ als Beanspruchbarkeit dieser Schraube

Nachweis: $V_{\text{ad}} / V_{\text{Rd}} < 1$

Nachweisschema Gurt (oben bzw. unten)

für jede Randschraube der Lasche in Krafrichtung

- Abscherkraft V_{aRd1} mit Schnittigkeit m
- Lochleibungskraft V_{IRd1L} für Lasche als Randschraube
- Lochleibungskraft V_{IRd1P} für Profil als Mittelschraube
- $V_{\text{Rd1}} = \text{Minimum} (V_{\text{aRd1}}, V_{\text{IRd1L}}, V_{\text{IRd1P}})$ als Beanspruchbarkeit der Schraube vom Typ 1

für jede Mittelschraube der Lasche in Krafrichtung

- Abscherkraft V_{aRd2} mit Schnittigkeit m
- Lochleibungskraft V_{IRd2L} für Lasche als Mittelschraube
- Lochleibungskraft V_{IRd2P} für Profil als Mittelschraube

- $V_{Rd2} = \text{Minimum} (V_{aRd2}, V_{IRd2L}, V_{IRdd2P})$ als Beanspruchbarkeit der Schraube vom Typ 2

für jede Randschraube des Profils in Krafrichtung

- Abscherkraft V_{aRd3} mit Schnittigkeit m
- Lochleibungskraft V_{IRd3L} für Lasche als Mittelschraube
- Lochleibungskraft V_{IRd3P} für Profil als Randschraube
- $V_{Rd3} = \text{Minimum} (V_{aRd3}, V_{IRd3L}, V_{IRd3P})$ als Beanspruchbarkeit der Schraube vom Typ 3

Nachweis: $F_{gurt} / \sum (V_{Rdi} \text{ jeder Schraube } i) < 1$

Zusätzlich wird für die Laschenquerschnitte jeweils ein Spannungsnachweis unter Berücksichtigung der Querschnittsschwächung durch die Schraubenlöcher geführt und die maximale Auslastung dafür angezeigt.

Stirnplattenstoß

Beim Stirnplattenstoß eines doppelsymmetrischen I-förmigen Trägers können Normal-, Querkräfte und Biegemomente übertragen werden.

Normalkräfte müssen klein sein, ausschließliche Druck- bzw. Zugbeanspruchung im Träger ist nicht erlaubt.

Die Verbindung wird mit planmäßig vorgespannten hochfesten Schrauben ausgeführt (HV - 10.9).

Nachweisschema

Querkräfte werden vollständig durch die Schrauben im Druckbereich übertragen.

Die Schrauben im Zugbereich müssen die auftretenden Zugkräfte aus Biegemomenten und Normalkräften aufnehmen können.

Zur Übertragung dieser Zugkräfte in den Träger wird die Stirnplatte nachgewiesen. Hier unterscheidet man zwischen einem Verfahren für bündige und überstehende Stirnplatten (nach Kahlmeier, Stahlbau nach DIN 18800 (11.90), Werner Verlag).

Es wird zusätzlich ein Nachweis der Schweißverbindung als umlaufende Kehlnaht zwischen Träger und Stirnplatte durchgeführt.

Nachweis Schraubverbindung aus Querkraft

Als Anschlussart wird die Scher-Lochleibungs-Verbindung nachgewiesen.

Es muss gezeigt werden, dass die Grenzabscherkräfte je Schraube und die Lochleibungskräfte in der Stirnplatte je Schraube sowie die zulässigen Schraubenabstände eingehalten sind.

Nachweisschema:

für jede Schraube im Druckbereich

- Abscherkraft V_{aRd} mit Schnittigkeit 1
- Lochleibungskraft V_{IRd} für Stirnplatte als Randschraube
- $V_{Rd} = \text{Minimum} (V_{aRd}, V_{IRd})$ als Beanspruchbarkeit der Schraube

Nachweis: $V_{zd} / \sum (V_{Rdi} \text{ jeder Schraube } i) < 1$

Nachweis Schraubverbindung aus Zugkraft

Hebelarm für Zugkraft

$h_s =$ Abstand Schwerpunkt Schraubenbild im Zugbereich zu Flanschmitte im Druckbereich

Abminderungskoeffizient α

α	Stirnplattentyp
2	zweireihig, bündig
4	zweireihig, überstehend
3.6	vierreihig, bündig
7.2	vierreihig, überstehend

Schraubennormalkraft

$$N_{sd} = \frac{M_{yd}}{\alpha \cdot h_s} + \frac{N_d}{\alpha} \qquad N_{sd} = \frac{M_{yd} + (N_d \cdot \frac{h}{2})}{\alpha \cdot h_s}$$

bei $N_d =$ Druck, mit $h =$ Trägerhöhe

Grenznormalkraft der Schrauben

$$N_{Rd} = \text{Minimum} \left(\left(\frac{A_{sch} \cdot f_{ybd}}{1.1} \right), \left(\frac{A_{sp} \cdot f_{ubd}}{1.25} \right) \right)$$

mit A_{sch} = Schaftquerschnitt

A_{sp} = Spannungsquerschnitt

Nachweis: $N_{sd} / N_{Rd} < 1$

Nachweis Stirnplatte

Stirnplatte überstehend:

$$c_1 = a_1 - \frac{a_F \cdot \sqrt{2}}{3} - \frac{D + d_{pl}}{4}$$

$$M_{I,pl} = \frac{1.1 \cdot f_{yd} \cdot b_{pl} \cdot d_{pl} \cdot d_{pl}}{4}$$

$$M_{II} = \left(n_z \cdot N_{Rd} - \frac{M_{I,pl}}{c_1} \right) / \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{e_1} \right)$$

$$M_{II} \leq \frac{1.1 \cdot f_{yd} \cdot (b_{pl} - n_z \cdot d_L) \cdot d_{pl} \cdot d_{pl}}{4}$$

$$M_{II} \leq \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \cdot b_{pl} \cdot d_{pl} \cdot e_1$$

$$Z_{Rd} = 2 \cdot \frac{(M_{I,pl} + M_{II})}{c_1}$$

$$Z_{Rd} \leq 2 \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \cdot b_{pl} \cdot d_{pl}$$

mit d_{pl} = Stirnplattendicke

b_{pl} = Stirnplattenbreite

n_z = Anzahl Schraubenreihen

- D Scheibendurchmesser zur Schraube
- a₁ Schraubenabstand
- e₁ Schraubenabstand
- a_F Schweißnahtdicke im Flansch

Stirnplatte bündig:

$$c_1 = e_4 - u_{pl} - t_g - \left(\frac{D}{4} + \frac{d_{pl}}{2} \right)$$

$$c_2 = \frac{D}{2} + d_{pl}$$

$$a = 2 \cdot \frac{c_1 + c_2}{11 \cdot t_g}$$

$$b = \frac{4 \cdot n_z \cdot N_{Rd} \cdot c_2}{11 \cdot f_{yd} \cdot b_{tb} \cdot t_g \cdot t_g}$$

$$Z_{Rd} = f_{yd} \cdot b_{tb} \cdot t_g \cdot \left(\sqrt{a^2 + b + 1} - a \right)$$

$$Z_{Rd} \leq \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \cdot b_{pl} \cdot d_{pl}$$

$$Z_{Rd} \leq f_{yd} \cdot b_{tb} \cdot t_g$$

$$\kappa = 1 - \left(\frac{Z_{Rd}}{f_{yd} \cdot b_{tb} \cdot t_g} \right)^2$$

$$M_{I,pl} = 11 \cdot \frac{f_{yd} \cdot b_{tb} \cdot t_g^2}{4} \cdot \kappa$$

$$M_{III,pl} = 11 \cdot f_{yd} \cdot b_{pl} \cdot d_{pl} \cdot d_{pl} / 4$$

wenn (d_{pl} < t_g) UND (M_{III,pl} < M_{I,pl}), dann

$$M_{II} = \frac{n_z \cdot N_{Rd} - \frac{M_{III,pl}}{c_1}}{\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}} \quad \text{sonst} \quad M_{II} = \frac{n_z \cdot N_{Rd} - \frac{M_{I,pl}}{c_1}}{\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}}$$

$$M_{II} \leq 11 \cdot f_{yd} \cdot (b_{pl} - n_z \cdot d_L) \cdot d_{pl} \cdot d_{pl} / 4$$

$$M_{II} \leq \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \cdot b_{pl} \cdot d_{pl} \cdot c_2$$

- mit d_{pl} Stirnplattendicke
- b_{pl} Stirnplattenbreite
- u_{pl} Stirnplattenüberstand (für Kehlnaht)
- n_z Anzahl Schraubenreihen
- D Scheibendurchmesser zur Schraube
- e₄ Schraubenabstand
- t_b Flanscbreite Träger
- t_g Flanschdicke Träger

Nachweis:

$$M_{ARd} = Z_{Rd} \cdot (h - t_g)$$

$$M_A = |M_{yd}| + N_d \cdot \frac{h}{2}$$

$$M_A / M_{ARd} < 1$$

mit h Trägerhöhe
 tg Flanschdicke Träger

Optionaler Nachweis der erforderlichen Vorspannkraft

Je nach Programmeinstellung kann zusätzlich ein Nachweis der erforderlichen Vorspannkraft der Schrauben im Zugbereich als Gebrauchstauglichkeitsnachweis durchgeführt werden.

Dabei wird untersucht, ob die vorhandene Zugkraft der Schrauben ausreicht, eine Klaffung der Stirnplatte zu unterbinden. In Anpassung an die neue Norm sieht das Programm die Bedingung als erfüllt, wenn im Gebrauchszustand die Zugkraft je Schraube maximal 80% der Vorspannkraft erreicht. Das entspricht dem früheren Lastfall H.

$$\text{erf. } Z_t = \frac{Z_t}{\alpha \cdot \gamma_f \cdot 0,8}$$

mit

$\alpha = 2$ bei Platten bündig und vertikal zweireihig
 $\alpha = 3,6$ bei Platten bündig und vertikal vierreihig
 $\alpha = 4$ bei Platten überstehend und vertikal zweireihig
 $\alpha = 7,2$ bei Platten überstehend und vertikal vierreihig
 Z_t vorhandene Schraubenkraft

Die Gebrauchsschnittgrößen werden mittels des Faktors $\gamma_f = 0,5 \cdot (1,35+1,5)$ näherungsweise aus den Bemessungsschnittgrößen ermittelt.

Nachweis Schweißnaht

Für das Schweißnahtbild werden die statischen Werte (Fläche, Flächenmomente 2.Grades) ermittelt und damit die Biegenormalspannungen errechnet.

Für die Ermittlung der Schubspannungen werden nur die Schweißnähte berücksichtigt, die aufgrund ihrer Lage jene auch aufnehmen können.

Die Schubspannungen werden nach DIN18800 Teil 1 Element 826 Gleichung 73 ermittelt:

$$\tau = \frac{V \cdot S}{I \cdot a_w}$$

Vergleichsspannungsnachweis:

$$\sigma_{wV} = \sqrt{\sigma_w^2 + \tau_w^2}$$

Konstruktive Grenzwerte für Schweißnähte [mm]

Die Nahtdicke a_w sollte folgende Grenzwerte nicht über- bzw. unterschreiten:

$$2 \text{ mm} \leq a_w \leq 0,7 \cdot \min t$$

und

$$a_w = \sqrt{\max t} - 0,5$$

Diese Grenzwerte werden vom Programm überprüft.

Die Länge der Schweißnaht l_w darf rechnerisch nur berücksichtigt werden, wenn

$$l_w \geq 6 \cdot a_w \text{ bzw. mind. } 30 \text{ mm ist.}$$

t = Dicke des anzuschließenden Querschnittsteils
bei $t > 30 \rightarrow a_w \geq 5 \text{ mm}$

Grenzsweißnahtspannung

Die Grenzsweißnahtspannung $\sigma_{w,Rd}$ wird nach DIN 18800 Teil 1 Abschnitt 8.4.1.3, Element 829 ermittelt:

Nachweisführung:

$$\text{vorh. } \sigma_w / \sigma_{w,Rd} \leq 1$$

$$\sigma_{w,Rd} = \alpha_w \cdot f_{yd}$$

σ_{Rd} = Grenzsweißnahtspannung

α_w = Faktor nach DIN 18800 Teil 1, Tab.21, Spalte 4