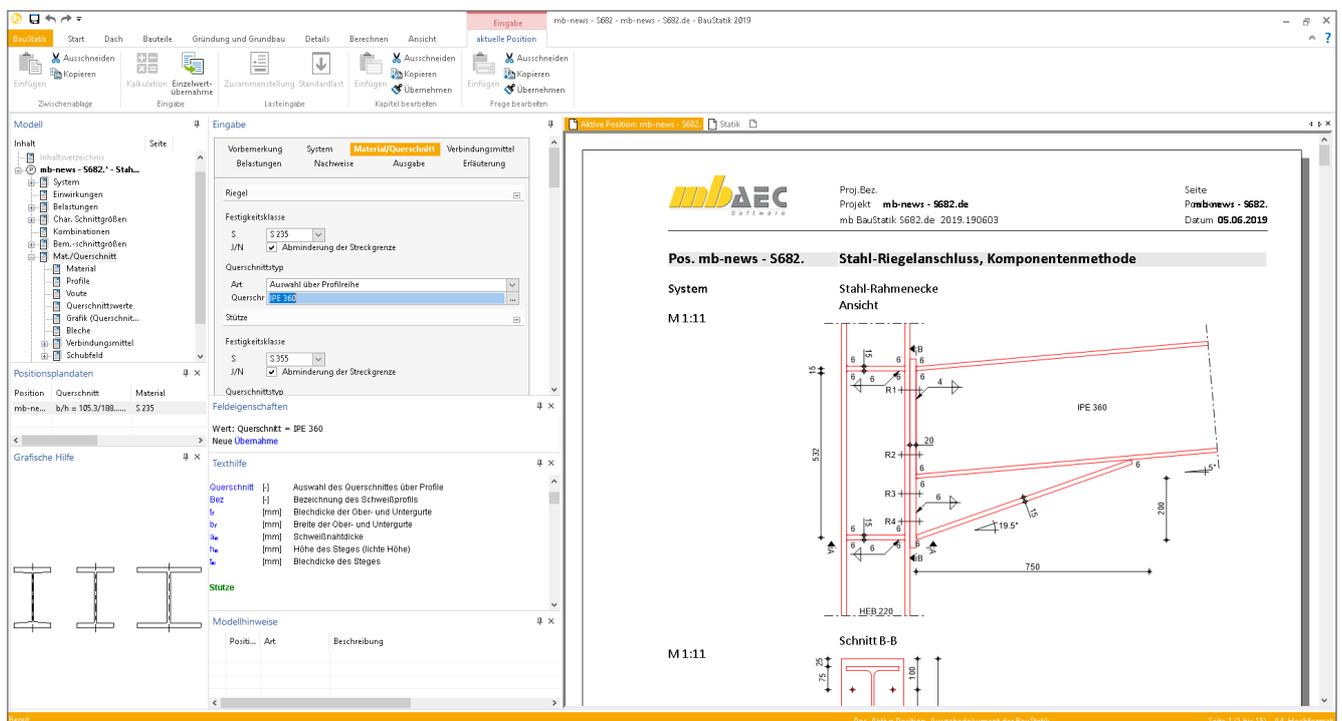


Dipl.-Ing. Marcel Lang

Stahl-Riegelanschluss nach EC 3

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S682.de Stahl-Riegelanschluss, Komponentenmethode

Geschraubte T-Stöße werden im Stahlbau häufig als Riegelanschlüsse an durchlaufende Stützen oder Stützenanschlüsse an durchlaufende Riegel ausgeführt. Das Modul S682.de weist solche Anschlüsse auf Grundlage der Komponentenmethode gemäß DIN EN 1993-1-8 nach. Die Ausführung geneigter Riegel ist ebenso möglich, wie Verstärkungen durch Vouten, Stegbleche, Steifen oder Futterbleche.



Allgemein

Das Modul S682.de kann für den Nachweis bzw. die Bemessung von T-Stößen mittels Komponentenmethode nach DIN EN 1993-1-8 [1] angewendet werden. Wie schon in der Leistungsbeschreibung für das Modul S680.de [4] beschrieben wurde, ist der Vorteil der Komponentenmethode, neben der grundlegenden Ermittlung der Druck- und Zugtragfähigkeit des gewählten Anschlusses, die zusätzliche Charakterisierung auf Grundlage der Nachgiebigkeit. Dadurch wird das Verformungsverhalten des Anschlusses bei der Auslegung und Nachweisführung berücksichtigt. Der T-Stoß kann unter

wählbarem Winkel als Schraubanschluss ausgeführt werden, um Dachneigungen abbilden zu können. Der angeschlossene Träger kann als seitlicher oder aufgelegter Anschluss, mit oder ohne Voute, ausgeführt werden. Zusätzlich kann mit Steifen, Stegblech oder Futterplatte optional verstärkt werden, um eine möglichst große Flexibilität in der Auslegung des Anschlusses zu gewährleisten. Neben den Nachweisen nach Komponentenmethode, werden Spannungsnachweise der Anschlussbauteile sowie Schrauben- und Schweißnahtnachweise geführt.

System

Als Positionstypen stehen der seitliche Trägeranschluss und der aufgelegte Träger zur Auswahl. Der Träger wird mittels angeschweißter Stirnplatte an bzw. auf eine Stütze geschraubt.

Vorbemerkung	System	Material/Querschnitt	Verbindungsmittel
Belastungen	Nachweise	Ausgabe	Erläuterung
Positionstyp			
Typ Seitlich angeschlossener T-Stoß			
Riegelneigung			
δ	<input type="text" value="5.00"/>	Riegelneigung	

Bild 1. Eingabekapitel „System“

Material/Querschnitt

Im Kapitel „Material/Querschnitt“ werden alle einzelnen „Komponenten“ des Anschlusses definiert. Die Stütze und der Anschlussträger (Riegel) können als I-Profile oder als Schweißprofile ausgeführt werden. Alle zu wählenden Bauteile wie Stütze, Riegel, Aussteifungselemente (Stegblech oder Steifen), Voute, Stirn- und/oder Futterplatte werden in eigenen Abschnitten vorgegeben. Dort können Stahlsorte, Querschnitte, geometrische Abmessungen der Anschlussbauteile sowie Schweißnahtdicken gewählt werden. Neben der automatischen programmseitigen Bemessung für einen Teil der Parameter steht für alle Parameter eine manuelle Vorgabe zur Verfügung, um auch Anschlüsse im Bestand nachrechnen zu können.

Bei der Auswahl der Aussteifung können auch Stegbleche und Stegsteifen kombiniert werden. Bei Steifen und Stegblechen stehen die Optionen „einseitig“ und „beidseitig“ zur Wahl.

Alle Bezeichnungen und Indizes in Ein- und Ausgabe orientieren sich normgerecht an den Vorgaben des EC 3 [1].

Verbindungsmittel

Im Kapitel „Verbindungsmittel“ werden Schrauben und Schraubenabstände vorgegeben. Grundlegend wird unterschieden zwischen 2- oder 4-reihiger Anordnung in vertikaler Richtung. In horizontaler Richtung können die Schrauben in bis zu zwei innenliegenden und einer außenliegenden Schraubenreihe angeordnet werden.

Insgesamt sind damit bis zu sechs horizontale Schraubenreihen möglich (siehe Bild 3). Die Schrauben- und Randabstände werden in vertikaler und horizontaler Anordnung vorgegeben. Sofern man auf eine automatische Anordnung zurückgreift, werden die Schrauben mit den jeweiligen Mindestabständen angeordnet.

Die Schrauben können sowohl als nicht vorgespannt (Kategorie A bzw. D) als auch als kontrolliert vorgespannt (Kategorie E) definiert werden.

Vorbemerkung	System	Material/Querschnitt	Verbindungsmittel
Belastungen	Nachweise	Ausgabe	Erläuterung
Schrauben			
Auswahl der Schrauben			
Bez	M20 10.9 (Rohe Schrauben)		
J/N	<input type="checkbox"/> kontrollierte Vorspannung, Kategorie E		
Schrauben vertikale Anordnung			
Typ	<input checked="" type="radio"/> 2-reihiger Anschluss <input type="radio"/> 4-reihiger Anschluss		
Schraubenreihe am oberen Flansch			
a_o	<input type="radio"/> Mindestwert <input checked="" type="radio"/> Manuell		
a_o	<input type="text" value="75"/>	mm	Abstand OK Oberflansch
J/N	<input checked="" type="checkbox"/> Weitere innere Reihe		
$p_{1,o}$	<input type="radio"/> Mindestwert <input checked="" type="radio"/> Manuell		
$p_{1,o}$	<input type="text" value="210"/>	mm	
J/N	<input type="checkbox"/> Äußere Reihe		
Schraubenreihe am unteren Flansch			
a_u	<input type="radio"/> Mindestwert <input checked="" type="radio"/> Manuell		
a_u	<input type="text" value="60"/>	mm	Abstand UK Unterflansch
J/N	<input checked="" type="checkbox"/> Weitere innere Reihe		
$p_{1,u}$	<input type="radio"/> Mindestwert <input checked="" type="radio"/> Manuell		
$p_{1,u}$	<input type="text" value="90"/>	mm	
J/N	<input type="checkbox"/> Äußere Reihe		
Schrauben horizontale Anordnung			
e_2	<input type="radio"/> Mindestwert <input checked="" type="radio"/> Manuell		
e_2	<input type="text" value="35"/>	mm	

Bild 2. Schraubeneingabe

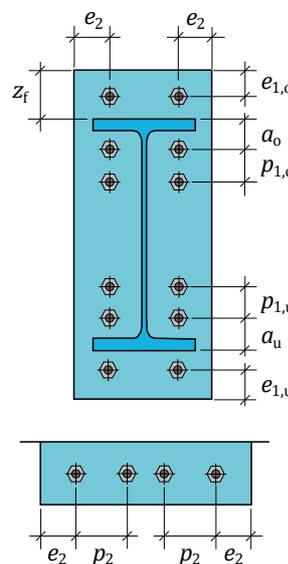


Bild 3. Schraubenbild und -abstände

Belastungen

Für die Belastungseingabe müssen die Schnittgrößen aus zwei der drei Schnitten am Anschlussknoten vorgegeben werden. Die dritte Schnittgrößenkomponente wird programmseitig automatisch aus dem Gleichgewicht am Knoten bestimmt. Der einzugebende Schnittgrößenvektor besteht jeweils aus den drei Anteilen M_y , V_z und N .

Bei Bedarf können äußere am Knoten angreifende Lasten definiert werden (M_y, F_z, F_x), die ebenfalls in die Schnittgrößenberechnung in den entsprechenden Nachweisschnitten eingehen (Bild 4).

Wie in allen Lasteingaben steht auch hier die Einzelwertübernahme zur Verfügung.

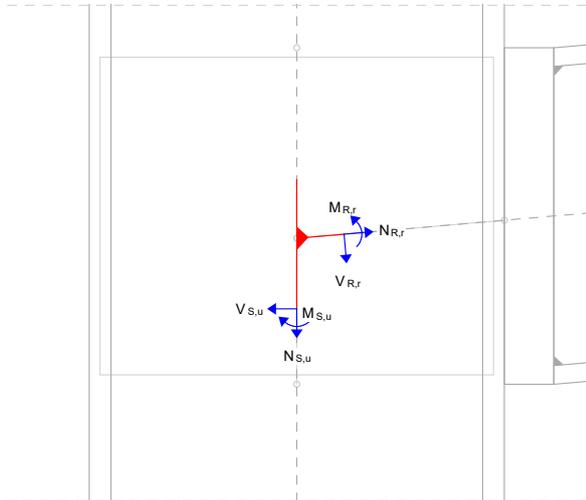


Bild 4. Einzugebende Schnittgrößen für den Riegelanschluss

Nachweise

Das Modul ermittelt sowohl charakteristische als auch Bemessungsschnittgrößen, die tabellarisch und grafisch ausgegeben werden können. Die Nachweise nach der Komponentenmethode für I/H-Anschlüsse sind an die DIN EN 1993-1-8 [1] angelehnt.

Die Bemessungsgrundlagen wurden ausführlich in der Artikelserie von Dr. Kretz in vorangegangenen mb-news [5 - 7] erläutert.

Folgende Komponenten werden für den Nachweis des Anschlusses herangezogen:

- Schrauben auf Zug (Komponente 10)
- Stirnplatte sowie Stützenflansch auf Biegung (Komponente 5)
- Trägersteg mit Zug (Komponente 8)
- Stützensteg mit Querzug (Komponente 3)
- Stützensteg mit Schub (Komponente 1)
- Stützensteg mit Querdruck (Komponente 2)
- Trägerflansch und -steg/Voutenflansch mit Druck (Komponente 7)
- Trägersteg mit Querdruck (Komponente 2)

Die Komponenten für Verbindungsmittel:

- Lochleibung (Komponente 12)
- Abscheren (Komponente 11)
- Schweißnähte (Komponente 19)

Darüber hinaus werden weitere Schrauben- und Schweißnahtnachweise geführt (Zug + Abscheren, richtungsbezogenes Verfahren).

Komponente	Verweis auf Berechnungsverfahren		
	Tragfähigkeit	Steifigkeitskoeffizient	Rotationskapazität
1 Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung 	6.2.6.1	6.3.2	6.4.2 6.4.3
2 Stützensteg mit Querdruckbeanspruchung 	6.2.6.2	6.3.2	6.4.2 6.4.3
3 Stützensteg mit Querzugbeanspruchung 	6.2.6.3	6.3.2	6.4.2 6.4.3
4 Stützenflansch mit Biegung 	6.2.6.4	6.3.2	6.4.2 6.4.3
5 Stirnblech mit Biegebeanspruchung 	6.2.6.5	6.3.2	6.4.2
6 Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung 	6.2.6.6	6.3.2	6.4.2
7 Träger- oder Stützenflansch und -steg mit Druckbeanspruchung 	6.2.6.7	6.3.2	-
8 Trägersteg mit Zugbeanspruchung 	6.2.6.8	6.3.2	-
9 Blech mit Zug- oder Druckbeanspruchung 	auf Zug: EN 1993-1-1 auf Druck: EN 1993-1-1	6.3.2	-
10 Schrauben mit Zugbeanspruchung 	mit Stützenflansch: 6.2.6.4 mit Stirnblech: 6.2.6.5 mit Flanschwinkel: 6.2.6.6	6.3.2	6.4.2

Bild 5. Grundkomponenten 1 - 10, Tab.6.1 DIN EN 1993-1-8 [1]

Ermittlung der effektiven Längen

Grundlage für die Ermittlung der Komponententragfähigkeiten, und auch der Anfangsrotationssteifigkeit, bilden die effektiven Längen (siehe Gl. (1) und (2)), die nach EC3 [1], Abs. 6.2.6.5 und 6.2.6.6/ Tab. 6.4 – 6.6 ermittelt werden. Die Tabelle unterscheidet grundlegend zwischen ausgesteiftem und nicht ausgesteiftem Anschluss. Weitere Kriterien bei der Ermittlung der effektiven Längen sind die Lagen der Schraubenreihen sowie das betrachtete Bauteil (siehe Bild 6).

effektive Länge für Modus 1:

$$l_{eff,1} = l_{eff,nc} \leq l_{eff,cp} \tag{1}$$

effektive Länge für Modus 2:

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} \tag{2}$$

mit

$l_{eff,nc}$ eff. Länge für nicht kreisförmiges Muster
 $l_{eff,cp}$ eff. Länge für kreisförmiges Muster

Legende

- 1 Äußere Schraubenreihe neben einer Steife
- 2 Andere äußere Schraubenreihe
- 3 Andere innere Schraubenreihe
- 4 Innere Schraubenreihe neben einer Steife

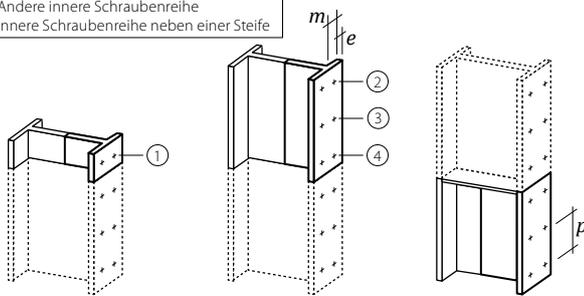


Bild 6. Definition der Schraubenreihen für die eff. Längen [1, Bild 6.9]

Komponenten 10 und 5

Komponente 10 untersucht die Tragfähigkeit der Schraube auf Zug. Die Zugtragfähigkeit wird nach EC 3 [1] berechnet (Siehe Gl. (3)).

Tragfähigkeit der Schraube auf Zug:

$$F_{t,Rd} = k_2 \cdot A_s \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \tag{3}$$

mit

k_2 Beiwert der Zugtragfähigkeit
 A_s Spannungsquerschnitt

Bei der Komponente 5 werden zwei Bauteile untersucht. Die Stirnplatte und der Stützenflansch. Es werden für jede Schraubenreihe bzw. Schraubengruppe drei Versagensmodi betrachtet:

- Modus 1: vollständiges Fließen der Flanche: $F_{T,1,Rd}$
- Modus 2: Schraubenversagen mit Fließen der Flanche, es treten Abstützkräfte auf: $F_{T,2,Rd}$
- Modus 3: Schraubenversagen auf Zug, es treten keine Abstützkräfte auf: $F_{T,3,Rd}$

Die Biegetragfähigkeit $F_{t,ep,Rd}$ der Stirnplatte für die horizontale Schraubenreihe r entspricht dem Mindestwert der drei Versagensmöglichkeiten (siehe Glg. (4)).

$$F_{t,ep,Rd} = \min\{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} \tag{4}$$

Komponente 8

Die Tragfähigkeit des Trägerstegs mit Zugbeanspruchung berechnet sich wie folgt:

$$F_{t,wb,Rd} = \min\left\{\frac{b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb}}{\gamma_{M0}}; \frac{l_{eff} \cdot \sum a_w \cdot f_{1,w,Rd}}{\sqrt{2}}\right\} \tag{5}$$

mit

$b_{eff,t,wb}$ effektive Breite des Trägersteges mit Zug; diese eff. Breite ist mit der wirksamen Länge des äquivalenten T-Stummelmodells gleichzusetzen
 l_{eff} wirksame Länge des äquivalenten T-Stummel-Modells für die Stirnbleche
 t_{wb} Dicke des Trägersteges
 a_w Nahtdicke der Stegnaht
 $f_{y,wb}$ Streckgrenze des Trägerstegs
 $f_{1,w,Rd}$ Beanspruchbarkeit der Kehlnaht

Komponente 1-3

Die Komponenten 1-3 betreffen den Stützensteg auf Schub-, Druck- oder Zugbeanspruchung. Die Tragfähigkeiten lassen sich mit folgenden Gleichungen ermitteln:

Komponente 1 (Schubbeanspruchung):

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{y,wc} \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} + V_{wp,add,Rd} \tag{6}$$

Komponente 2 (Querdruck):

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{yc}}{\gamma_{M1}} \tag{7}$$

Komponente 3 (Querzug):

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{yc}}{\gamma_{M0}} \tag{8}$$

mit

A_{vc} wirksame Schubfläche
 $V_{wp,add,Rd}$ Erhöhungsanteil des Schubwiderstandes aus den Steifen (wenn vorhanden)
 ω Abminderungsfaktor nach Tab. 3 [1, Abs.6.2.6.1]
 k_{wc} Stegbeiwert nach [1, Abs.6.2.6.2(2)]
 ρ Abminderungsbeiwert für Plattenbeulen nach [1, Abs. 6.2.6.2(1)]
 $b_{eff,c,wc}$ wirksame Breite des Stützenstegs für Querdruck nach [1, Abs. 6.2.6.2(1)]
 t_{wc} Stegdicke
 $b_{eff,t,wc}$ wirksame Breite des Stützenstegs für Querzug [1, Abs. 6.2.6.3(1)]

Stützensteg mit Schub Abs. 6.2.6.1		Stützensteg mit Schub (Komponente 1)					
$d_{s,m}$ [mm]	$d_{w,c}$ [mm]	$t_{w,c}$ [mm]	$d_{w,c} / t_{w,c}$	69E	η^A	A_{vc} [cm ²]	$V_{w,c,Rd}$ [kN]
243	208	11	18.91	69	0.27	47.35	578.19
<small>$f_{y,wc}$: Actualzustand zwischen den Steifen $A_{vc} / A_{w,c}$: wirksame Schubfläche / wirksame Schubfläche inkl. Stegblech $V_{w,c,Rd}$: Schubtragfähigkeit des Stützenprofils</small>							
Beanspruchung		Mpl,c [kNm]	Mpl,st [kNm]	$V_{wp,add,Rd}$ [kN]	$V_{wp,Rd}$ [kN]		
Druck, Kopfplatte		6.35	4.23	87.35	665.54		
Druck, Stegsteife		6.35	5.20	95.36	673.55		
<small>$M_{pl,c}$: plast. Biegetragfähigkeit des Stützenflanschs $M_{pl,st}$: plast. Biegetragfähigkeit der Steife $V_{wp,add,Rd}$: Erweiterung der Schubtragfähigkeit infolge Steifen $V_{wp,Rd}$: Gesamtschubtragfähigkeit</small>							
Stützensteg mit Querzug Abs. 6.2.6.3		Stützensteg mit Querzug (Komponente 3)					
Reihe	A_{vc} [cm ²]	$t_{w,c}$ [mm]	$b_{eff,t,wc}$ [mm]	ω	$F_{t,wc,Rd}$ [kN]		
R1	47.35	11.0	301.0	0.782	608.345		
R2	47.35	11.0	285.4	0.798	588.454		
R3	47.35	11.0	301.0	0.782	608.345		
R1+R2	47.35	11.0	284.8	0.798	587.729		
<small>$A_{vc} / A_{w,c}$: wirksame Schubfläche / wirksame Schubfläche inkl. Stegblech $F_{t,wc,Rd}$: Zugtragfähigkeit des Stützenstegs</small>							

Bild 7. Ausgabebeispiel für die Tragfähigkeit der Komponenten 1 und 3

**Komponente 7:
Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung**

Die Resultierende des Druckwiderstandes des Trägerflansches und der angrenzenden Druckzone im Trägersteg darf in der Flanschmittellinie angenommen werden. Die Tragfähigkeit auf Druck ermittelt sich nach Gl. (9) zu:

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{h - t_{fb}} \quad (9)$$

mit

- h Höhe des angeschlossenen Trägers
- $M_{c,Rd}$ Biegetragfähigkeit des Trägerquerschnitts
- t_{fb} Dicke des Trägerflansches

Riegeflansch/-steg mit Druck (Komponente 7)						
Beanspruchung	$M_{c,Rd}$ [kNm]	$F_{c,fb,Rd}$ [kN]	$F_{c,bf,w,Rd}$ [kN]	$F_{c,w,Rd}$ [kN]	$F_{c,fb,Rd}$ [kN]	$F_{c,bf,Rd}$ [kN]
Druck oben	510.83	1069.3	232.22	1301.5	934.2	934.2
Druck unten	510.83	1069.3	232.22	1301.5	1062	1062
<small> M_{c,Rd}: pl. Momententrägfähigkeit des Profils F_{c,fb,Rd}: Tragfähigkeit des Riegeflanschs in Druckzone F_{c,bf,w,Rd}: Tragfähigkeit des Riegesteigs in Druckzone F_{c,w,Rd}: Tragfähigkeit des Rieges in Druckzone F_{c,fb,Rd}: Tragfähigkeit der Schweißnähte in Druckzone F_{c,bf,Rd}: Maßgebende Tragfähigkeit in Druckzone </small>						
Beanspruchung	$F_{c,b,Rd}$ [kN]	$F_{c,w,Rd}$ [kN]	$F_{c,fb,Rd}$ [kN]			
reiner Druck	4152.28	3066.06	3066.06			
<small> F_{c,b,Rd}: Tragfähigkeit der Gesamtquerschnittes in Druckzone F_{c,w,Rd}: Tragfähigkeit der Schweißnähte in Druckzone F_{c,fb,Rd}: Maßgebende Tragfähigkeit in Druckzone </small>						

Bild 8. Ausgabebeispiel der Tragfähigkeit der Komponente 7

**Komponenten 11 und 12:
Abscheren und Lochleibung der Schrauben**

Unter Komponente 11 und 12 werden die üblichen Nachweise für Abscheren und Lochleibung nach EC 3 [1] geführt. Folgend sind die Gleichungen für die entsprechenden Nachweise erläutert:

Abscherwiderstand:

$$F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot A \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad (10)$$

Lochleibungswiderstand:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot t \cdot \frac{d \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad (11)$$

mit

- α_v Abminderungsbeiwert für Abscheren
- A Schraubenschaftquerschnittsfläche
- f_{ub} Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffs
- k_1 Beiwert für Lochleibung
- α_b Abminderungsbeiwert für Lochleibung
- t Blechdicke des betrachteten Bauteils
- d Schraubengewindedurchmesser

Darüber hinaus wird die Interaktion von Zug und Abscheren geprüft:

Zug + Abscheren:

$$\frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0 \quad (12)$$

Komponente 19: Schweißnähte

Komponente 19 ist der Schweißnahtnachweis. Die Schweißnähte werden nach dem richtungsbezogenen Verfahren nachgewiesen und werden als Kehlnähte ausgeführt.

Es werden alle Krafrichtungen berücksichtigt und in Form der Vergleichsspannung nachgewiesen [1]:

$$\sigma_{v,w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_{vw,Rd} \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad (13)$$

mit

- $\sigma_{v,w,Ed}$ Bemessungswert der einwirkenden Vergleichsspannung der Schweißnaht
- σ_{\perp} Hauptspannung senkrecht zur Nahtebene
- τ_{\perp} Schubspannung senkrecht zur Nahtebene
- τ_{\parallel} Schubspannung parallel zur Nahtebene
- $f_{vw,Rd}$ Bemessungswerte der Scherfestigkeit der Naht
- f_u Zugfestigkeit des schwächeren der angeschlossenen Bauteile
- β_w Korrelationsbeiwert nach [1]

Konstruktiv ausgeführte Schweißnähte:

$$\sum a_w \geq t \cdot \frac{f_y}{f_u} \cdot \sqrt{2} \cdot \beta_w \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M0}} \quad (14)$$

mit

- a_w Nahtdicke Flansch bzw. Steg
- t Steg- bzw. Flanschdicke

Steifen

Werden Stegsteifen angeordnet, so werden zur Komponentenmethode zusätzlich Nachweise für Steifen und das Schubfeld (Komponente 9) geführt [3]. Nach dem Kommentar zur DIN EN 1993-1-8 [2, Abs. 6.2.6.1]): „Werden Steifen zur Erhöhung der Schubbeanspruchung verwendet, müssen diese in Druck- und in der Zugzone angeordnet werden [...]“.

Wenn Steifen gewählt werden, müssen je eine Druck- und eine Zugsteife angeordnet werden. Es wird ebenso in [2] ein Vollanschluss der Steifen gefordert. Das bedeutet eine umlaufende Schweißnaht ist erforderlich. Hintergrund ist der Übertrag zusätzlicher Schubkräfte durch den sich einstellenden Vierendeelmechanismus. Das Modul ermittelt Teilschnittgrößen in Schubfeld, Steifen und Schweißnähten. Die Steifen werden jeweils in Druck- und Zugzone nachgewiesen und auf Schub- und Vergleichsspannung geprüft. Die Schweißnähte werden nach dem richtungsbezogenen Verfahren bemessen.

Die Ergebnisse werden in einer übersichtlichen Grafik dargestellt, um Geometrie, Winkel und Schnittgrößen des Schubfeldes zuordnen zu können.

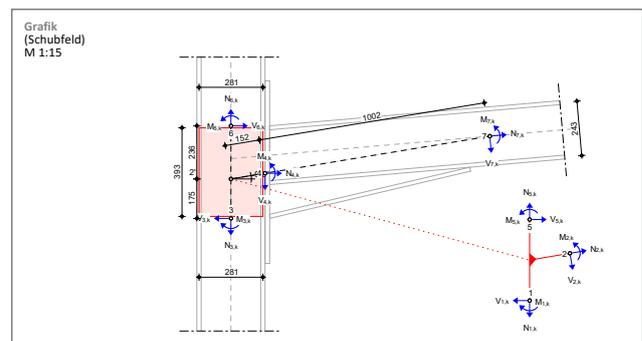


Bild 9. Schubfeld und Schnittgrößen

Momententragfähigkeit $M_{j,Rd}$

Beginnend mit der am weitesten vom Druckpunkt entfernt liegenden Schraubenreihe wird die Tragfähigkeit jeder Reihe, $F_{tr,Rd}$, aus der Tragfähigkeit der schwächsten Komponente im Zugbereich bestimmt. Die jeweils zuletzt betrachtete Schraubenreihe kann aufgrund der Gleichgewichtsbedingungen auch durch die Tragfähigkeit der Komponenten im Druckbereich begrenzt sein.

Mit den Hebelarmen zu den einzelnen Schraubenreihen lässt sich die Biegetragfähigkeit $M_{j,Rd}$ wie folgt ermitteln:

$$M_{j,Rd} = \sum_r h_r \cdot F_{tr,Rd} \quad (15)$$

mit

- h_r Abstand der Schraubenreihe r vom Druckpunkt
- $F_{tr,Rd}$ wirksame Grenzzugkraft der Schraubenreihe r auf Zug
- r Nummer der Schraubenreihe
Die Nummerierung der Schraubenreihen beginnt mit der vom Druckpunkt am weitesten entfernt liegenden Schraubenreihe.

Anfangsrotationssteifigkeit $S_{j,ini}$

Die Rotationssteifigkeit eines Anschlusses kann anhand der Verformbarkeiten der einzelnen Grundkomponenten berechnet werden. Im Modul S682.de wird die Anfangsrotationssteifigkeit $S_{j,ini}$ nach DIN EN 1993-1-8, [1] ermittelt:

$$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z_{eq}^2}{1 + k_{eq}} \quad (16)$$

mit

- z_{eq} äquivalenter Hebelarm
$$z_{eq} = \frac{\sum_r k_{eff,r} \cdot h_r^2}{\sum_r k_{eff,r} \cdot h_r}$$
- k_{eq} äquivalenter Steifigkeitskoeffizient
$$k_{eq} = \frac{\sum_r k_{eff,r} \cdot h_r}{z_{eq}}$$
- $k_{eff,r}$ effektiver Steifigkeitskoeffizient für die Schraubenreihe r unter Berücksichtigung der Steifigkeitskoeffizienten k_i für die Komponenten i , nach DIN EN 1993-1-8, Tab. 6.11, [1]

Sofern die Normalkraft N_{Ed} im angeschlossenen Träger nicht mehr als 5 % der plastischen Beanspruchbarkeit $N_{pl,Rd}$ des Querschnitts beträgt, kann die Rotationssteifigkeit S_j eines Trägerstoßes ausreichend genau für ein Moment $M_{j,Ed}$, das kleiner als die Biegetragfähigkeit $M_{j,Rd}$ des Anschlusses ist, nach Gleichung (16) berechnet werden.

Eine Steifigkeitsermittlung für eine Normalkraft N_{Ed} im gestoßenen Träger mit mehr als 5 % der plastischen Beanspruchbarkeit $N_{pl,Rd}$ des Trägerquerschnitts erfordert eine genaue Abbildung der einzelnen Komponenten über ein Gesamtfedermodell.

Anhand der Anfangsrotationssteifigkeit kann das Verformungsverhalten des Anschlusses in der Tragwerksplanung berücksichtigt und damit eine wirtschaftliche Konstruktion erzielt werden.

Eigenschaften		Eigenschaften zu Festigkeiten und Steifigkeiten								
Steifigkeitskoeff.	Tragfähigkeit und Steifigkeitskoeffizienten der Schraubenreihen,									
Abs. 6.3.2	Bem.-situation	Reihe	h_r	F_{tr,Rd}	K_{3,r}	K_{4,r}	K_{5,r}	K_{10,r}	K_{eff,r}	
		[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
	ständig	R1	492.1	336	11.1	16.9	11.0	6.4	2.5	
		R2	372.1	192	10.6	16.0	9.5	6.4	2.4	
		R3	475.0	319	11.1	16.9	10.5	6.4	2.5	
	F_{tr,Rd}	wirksame Tragfähigkeit der Schraubenreihe r vom Druckpunkt								
	h_r	Hebelarm der Schraubenreihe r vom Druckpunkt								
	K_{3,r}	Steifigkeitskoeffizient für Stützensteg mit Querdug								
	K_{4,r}	Steifigkeitskoeffizient für Stützenflansch mit Biegung								
	K_{5,r}	Steifigkeitskoeffizient für Stimplatte mit Biegung								
	K_{10,r}	Steifigkeitskoeffizient für Schrauben auf Zug								
	K_{eff,r}	Steifigkeitskoeffizient für Schrauben auf Zug								
Biegetragfähigkeit	Biegetragfähigkeit und Anfangsrotationssteifigkeit,									
Abs. 6.4.2	Bem.-situation	M_{j,Rd}	z_{eq}	k_{eq}	k_{tr}	S_{j,ini}				
		[kNm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN/rad]			
	ständig	236.728	442.0	4.8	∞	197.53				
		151.638	475.0	2.5	∞	118.26				
	M_{j,Rd}	Biegetragfähigkeit des Anschlusses								
	z_{eq}	äquivalenter Hebelarm								
	k_{eq}	äquivalenter Steifigkeitskoeffizient								
	k_{tr}	Steifigkeitskoeffizient für Stützensteg mit Schub								
	k_{tr}	Steifigkeitskoeffizient für Stützensteg mit Querdug								
	S_{j,ini}	Anfangsrotationssteifigkeit								

Bild 10. Ausgabebeispiel der Rotationssteifigkeitsermittlung

Ausgabe

Die Ausgabe ist nach der üblichen Gliederung aufgebaut und an der Struktur des Eingabekatalogs orientiert. Zu Beginn ist das „System“ mit den Systemgrafiken zu sehen. Hierin wird der eingegebene Anschluss grafisch abgebildet und bemaßt.

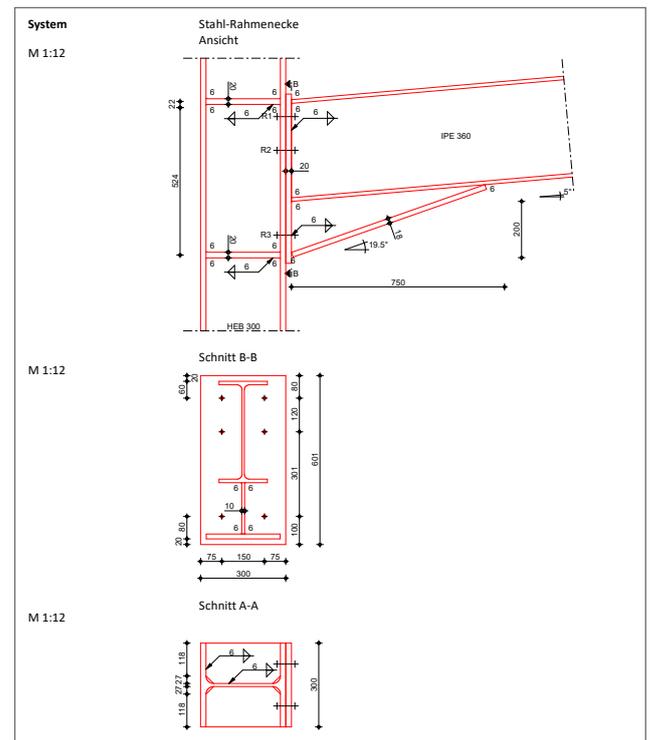


Bild 11. Systemgrafiken

Der Maßstab der Grafiken und deren Anordnung können unter „Ausgabe“ im Eingabekatalog bestimmt werden. Unterhalb der Grafik sind tabellarisch alle „Komponenten“ aufgeführt und näher beschrieben. Nach dem „System“ folgen die Schnittgrößen, die als charakteristische Schnittgrößen sowie als Bemessungsschnittgrößen ausgegeben werden.

Unter „Mat./Querschnitt“ sind wie gewohnt die Daten der verwendeten Materialien und Querschnitte der Anschlussbauteile und Verbindungsmittel detailliert aufgelistet. Es können auch alle Bauteile grafisch angezeigt werden.

Das Kapitel „Nachweise“ enthält in tabellarischer Form alle Nachweise der Komponentenmethode sowie die Sondernachweise für das Schubfeld, Schrauben und Schweißnähte.

Zusammenfassung	Zusammenfassung der Nachweise
Nachweise (GZT)	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Nachweis	η
	[-]
Anschluss	OK 0.32
Spannungsnachweise (Schubfeld)	OK 0.19
Spannungsnachweise (Bleche)	OK 0.16
Verbindungsmittel (Schrauben)	OK 0.03
Verbindungsmittel (Schweißnähte)	OK 0.18

Bild 12. Ausgabebeispiel Zusammenfassung

Am Ende der Ausgabe werden in der „Zusammenfassung“ die maßgebenden Ausnutzungsgrade der zuvor geführten Nachweise nochmals übersichtlich gelistet.

Dipl.-Ing. Marcel Lang
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1993-1-8:2010-12 + NA: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen. Deutsche Fassung EN 1993-1-8: 2005 + AC:200
- [2] Stahlbau Kalender 2017, U. Kuhlmann, Ernst & Sohn-Verlag, Berlin, 2017.
- [3] Stahlbau-Praxis nach Eurocode 2 - Band 2, G. Wagenknecht, 3. Auflage, Beuth-Verlag, Berlin-Wien-Zürich, 2011.
- [4] Leistungsbeschreibung S680.de mb-news 03/2018
- [5] Kretz, J.: Anschlüsse nach DIN EN 1993-1-8. Teil 1: Allgemeine Grundlagen zur Anschlussbemessung / Komponentenmethode. In mb-news 4/2017.
- [6] Kretz, J.: Anschlüsse nach DIN EN 1993-1-8. Teil 2: Grundlagen zu Anschlüssen mit H- und I-Querschnitten / Kenngröße Momententragfähigkeit. In mb-news 5/2017.
- [7] Kretz, J.: Anschlüsse nach DIN EN 1993-1-8. Teil 3: Grundlagen zu Anschlüssen mit H- und I-Querschnitten / Kenngrößen Rotationssteifigkeit und Rotationskapazität. In mb-news 3/2018.

The image displays a comprehensive software output for a steel beam connection. It features several key components:

- Technical Drawings:** Multiple views of the connection, including side and front elevations, showing the beam, gusset plates, and bolts.
- Material and Cross-section Tables:** Lists materials (e.g., S235, S275) and their properties, along with cross-sections (IPE 200, HEA 200) and their dimensions.
- Calculation Tables:**
 - Segmente:** Lists design values (Ed, Ed, Ed) and characteristic values (Edk, Edk, Edk) for different segments.
 - Nachweise (GZT):** Summary table of utilization ratios for various components.
 - Tragfähigkeit auf Zug:** Detailed calculations for tensile capacity, including bolt and plate checks.
 - Schweißnähte:** Calculations for weld strength, including effective weld length and design values.
 - Schubfeld:** Calculations for shear capacity, including design values and utilization ratios.
 - Stoßfuge:** Calculations for the joint, including design values and utilization ratios.
 - Stoßfuge mit Biegemoment:** Calculations for the joint under bending moment, including design values and utilization ratios.

Preise und Angebote

S682.de Stahl-Riegelanschluss, Komponentenmethode – EC 3, DIN EN 1993-1-8 **499,- EUR**
Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Juli 2019

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: www.mbaec.de