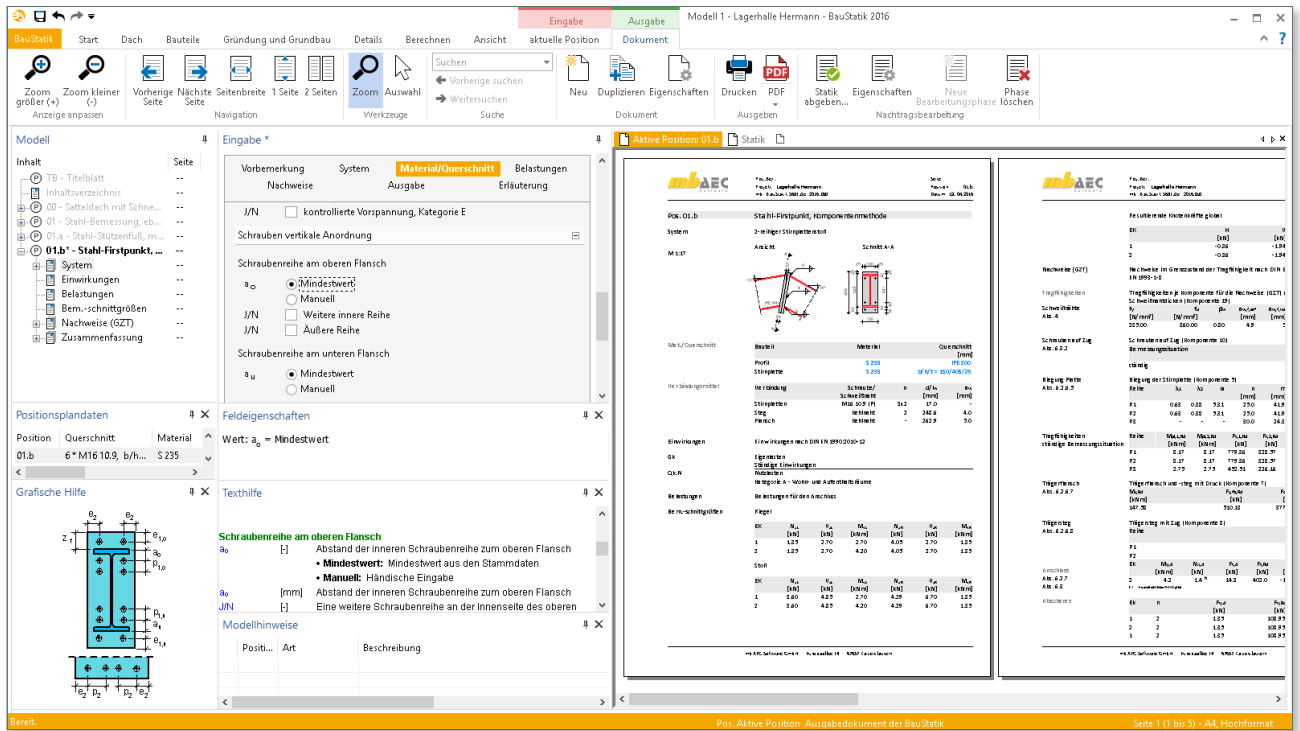


Dipl.-Ing. (FH) Timo Uhl

Firstpunkt im Stahlbau

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S681.de Stahl-Firstpunkt, Komponentenmethode

Im First einer satteldachförmigen Rahmenkonstruktion werden die zwei Riegelhälften üblicherweise biegesteif miteinander verbunden. Die praxisgerechte Ausführung erfolgt in der Regel mit unten überstehenden Stirnplattenverbindungen und hochfest vorgespannten Schrauben (HV-Schrauben). Neben Quer- und Normalkräften sind diese Anschlüsse überwiegend zum Übertragen von Biegemomenten ausgelegt. Auf der Grundlage der Komponentenmethode kann neben der Tragfähigkeit auch die Nachgiebigkeit, d.h. das Verformungsverhalten des Anschlusses bei der Auslegung und Nachweiseführung berücksichtigt werden.



Allgemein

Das Modul S681.de dient zur Bemessung biegesteif geschraubter Stirnplattenstöße am Firstpunkt satteldachförmiger Stahl-Rahmenriegel. Hierbei können unterschiedliche Dachneigungen berücksichtigt werden. Die Bemessung des Anschlusses erfolgt nach DIN EN 1993-1-8 [1], [2] auf der Grundlage der Komponentenmethode.

System

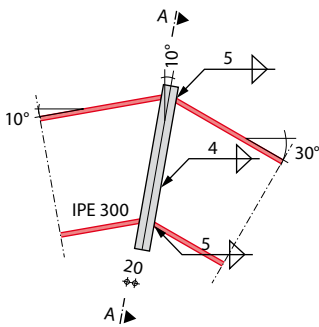
Ausführungsvarianten

Ein biegesteifer Stirnplattenstoß kann mit 2 oder 4 vertikalen Schraubenreihen ausgebildet werden. Die Bemessung des 2-reihigen Anschlusses erfolgt nach DIN EN 1993-1-8 [1], [2]. Anschlüsse mit vier Schrauben in einer Reihe werden nach dem Forschungsbericht 3/2009 [5] bemessen, da der EC 3 im Teil 1-8 keine Angaben enthält, wie Stirnplatten mit vier Schrauben in einer Reihe zu bemessen und nachzuweisen sind.

Als Varianten kommen in Abhängigkeit der Beanspruchung Stirnplattenstöße mit bündiger Stirnplatte oder mit überstehender Stirnplatte (oben, unten oder beidseitig überstehend) zur Ausführung.

Für Firstpunkte unsymmetrischer Satteldächer kann die Dachneigung links und rechts unabhängig voneinander definiert werden.

Ansicht



Schnitt A-A

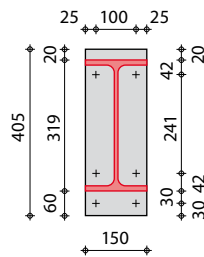


Bild 1. grafische Ausgabe des Systems

Übernahme aus EuroSta

Im Kapitel „System“ kann vom Anwender festgelegt werden, ob die allgemeine Übernahme aus einem EuroSta.stahl-Modell erfolgen soll, welches mit „S019 MicroFe einfügen“ in die BauStatik integriert wurde. Bei dieser Übernahme stehen alle im Modell enthaltenen Anschlüsse des Typs S681.de zur Verfügung.

Material/Querschnitt

Als Trägerprofil können doppelsymmetrische I-Profile verwendet werden. Dabei sind Walzprofile und Schweißprofile möglich.

Die Verbindung des Trägers mit der Stirnplatte erfolgt über Kehlnähte. Die Kehlnahtdicken werden entweder vom Anwender vorgegeben oder die erforderlichen Kehlnahtdicken werden programmseitig ermittelt. Bei Vorgabe der Kehlnahtdicken erfolgt ein zusätzlicher Schweißnahtnachweis. Bei einer Ermittlung der erforderlichen Kehlnahtdicken vom Programm, werden die Schweißnahtdicken so gewählt, dass die Biegetragfähigkeit des Anschlusses $M_{j,Rd}$ nicht durch die Tragfähigkeit der Schweißnähte begrenzt wird.

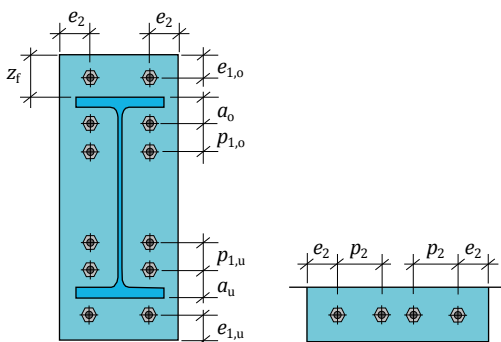


Bild 2. Schrauben, Eingabe

Die Verbindung der Stirnplatten erfolgt mittels roher Schrauben oder Passschrauben M12 bis M36 der Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9. Bei hochfesten Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 und 10.9 darf eine kontrollierte Vorspannung berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung einer kontrollierten Vorspannung hat einen steifigkeits-erhöhenden Einfluss und wirkt sich damit positiv auf das Verformungsverhalten des Anschlusses aus.

Belastungen

Alternativ zum Lastabtrag aus EuroSta.stahl können die Belastungen auch direkt eingegeben werden. Es können Normalkräfte, Biegemomente und Querkräfte an beiden Schnittufern definiert werden. Falls erforderlich, wird das Knotengleichgewicht über die automatische Ermittlung von Knotenlasten hergestellt.

Bisherige Berechnungsgrundlagen setzten eine Beanspruchung aus hauptsächlich Querkraft und Biegemoment bei vergleichsweise kleinen Normalkräften voraus, sodass sich im Anschluss eine Zug- und eine Druckseite einstellte.

Durch die Verwendung der Komponentenmethode wird der Anwendungsbereich des Stirnplattenstoßes deutlich erweitert. Auf der Grundlage der Komponentenmethode sind neben den im Wesentlichen auf Biegung beanspruchten Anschlüssen auch vollständig überzogene oder überdrückte Stirnplattenstöße normgerecht nachweisbar.

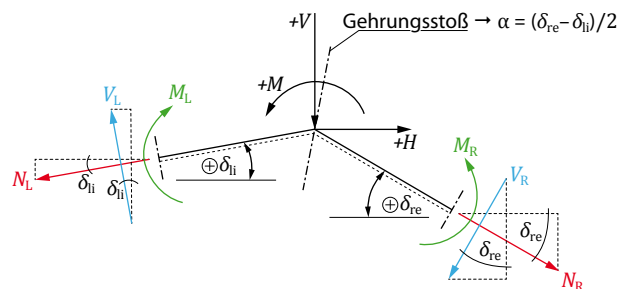


Bild 3. Schnittgrößen und Knotenlasten am herausgeschnittenen Firstknoten

Nachweise

Allgemein

Die Nachweise erfolgen nach der Komponentenmethode auf der Grundlage von DIN EN 1993-1-8, [1], [2] in Verbindung mit dem Forschungsbericht 3/2009 [5].

Ein biegesteifer Stirnplattenstoß setzt sich aus den nachfolgend aufgezählten Komponenten zusammen:

- Komponente 5: Stirnplatte mit Biegebeanspruchung
- Komponente 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung
- Komponente 8: Trägersteg mit Zugbeanspruchung
- Komponente 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung
- Komponente 19: Schweißnähte

In Abhängigkeit der Dachneigungen und der Knotenlasten können sich für die einzelnen Komponenten unterschiedliche Schnittgrößen ergeben, die zur Nachweisführung heranzuziehen sind.

Für die Komponenten 5, 10 und 19 werden die Schnittgrößen senkrecht bzw. parallel zum Gehrungswinkel verwendet (Bild 4).

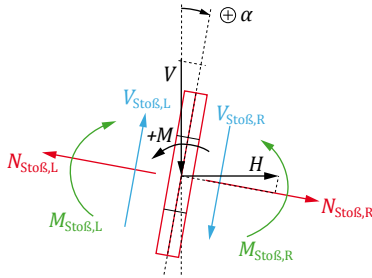


Bild 4. Schnittgrößen im Gehrungstoß

Die Komponenten 7 und 8 werden mit den Schnittgrößen parallel bzw. senkrecht zur Stabachse nachgewiesen (Bild 5).

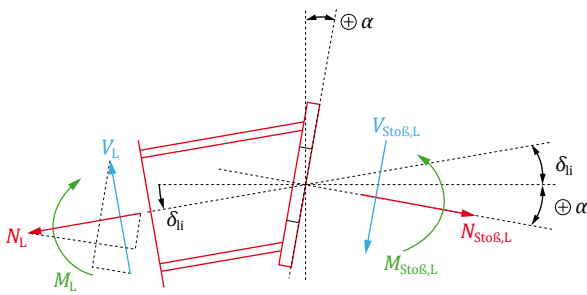


Bild 5. Stabwinkel links und zugeh. Winkel im Gehrungstoß

Komponente 5 und 10: Stirnplatte mit Biegebeanspruchung und Schrauben mit Zugbeanspruchung

Die Tragfähigkeit wird mit Hilfe eines „äquivalenten T-Stummelflansches“ mit der Länge l_{eff} berechnet. Die effektive Länge für Stirnbleche mit zwei Schrauben pro Reihe wird nach DIN EN 1993-1-8, Tab.6.6, [1] ermittelt. Für Stirnbleche mit vier Schrauben pro Reihe werden die effektiven Längen nach dem Forschungsbericht 3/2009, 4.3.2.3 [5] verwendet.

Für jede Schraubenreihe, bzw. Schraubengruppe werden drei Versagensmodi untersucht:

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

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

$$F_{t,ep,r,Rd} = \min \{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} \quad (1)$$

Komponente 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung

Die Resultierende des Druckwiderstandes des Trägerflansches und der angrenzenden Druckzone im Trägersteg darf in der Flanschlmittellinie angenommen werden. Die Tragfähigkeit auf Druck ermittelt sich nach Gleichung (2) zu:

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{h - t_{fb}} \quad (2)$$

mit

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

Komponente 8: Trägersteg mit Zugbeanspruchung

Die Tragfähigkeit des Trägerstegs mit Zugbeanspruchung für jede Schraubenreihe bzw. -gruppe berechnet sich zu:

$$F_{t,wb,r,Rd} = \min \left\{ \frac{b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb}}{\gamma_{M0}}; \frac{l_{eff} \cdot \sum a_w \cdot f_{1,w,Rd}}{\sqrt{2}} \right\} \quad (3)$$

mit

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

Komponente 19: Schweißnähte

Werden die Schweißnahtdicken vom Anwender vorgegeben, erfolgt ein Schweißnahtnachweis. Dabei werden die Stegnahte für die Aufnahme der Biegemomente mit angesetzt, die Ausrundungen bleiben jedoch unberücksichtigt.

Die Schweißnahtdicken sollten so gewählt werden, dass die Biegetragfähigkeit des Anschlusses $M_{j,Rd}$ nicht durch die Tragfähigkeit der Schweißnähte begrenzt wird.

Werden die erforderlichen Schweißnahtdicken nach Gleichung (4) ermittelt, wird die plastische Tragfähigkeit der Flansche bzw. des Stegs erreicht.

$$\sum a_w \geq t \cdot \frac{f_y}{f_u} \cdot \sqrt{2} \cdot \beta_w \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M0}} \quad (4)$$

mit

- a_w Nahtdicke Flansch bzw. Steg
- t Steg- bzw. Flanschdicke
- β_w Korrelationsbeiwert
- f_y/f_u Verhältnis der Streckgrenze zur Zugfestigkeit
- γ_{M2}/γ_{M0} Verhältnis der Teilsicherheitsbeiwerte

Momentenragfähigkeit $M_{j,Rd}$

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:

$$M_{j,Rd} = \sum_r h_r \cdot F_{tr,Rd} \tag{5}$$

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 S681.de wird die Anfangsrotationssteifigkeit $S_{j,ini}$ nach DIN EN 1993-1-8, [1] ermittelt:

$$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z_{eq}^2}{\frac{1}{k_{eq}}} \tag{6}$$

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 (6) 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.

Ausgabe

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe zur Verfügung gestellt. Der Ausgabeumfang kann in gewohnter Weise gesteuert werden.

Neben maßstabstreuen Detailskizzen werden die Schnittgrößen, Kombinationen und Nachweise unter Angabe der Berechnungsgrundlage und Einstellungen des Anwenders in übersichtlicher tabellarischer Form ausgegeben.

Dipl.-Ing. (FH) Timo Uhl
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1993-1-8:2010-12: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen. Deutsche Fassung EN 1993-1-8: 2005 + AC:2009.
- [2] DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen.
- [3] DIN EN 1990:2010-12: Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung. Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010.
- [4] DIN EN 1990/NA:2010-12: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung.
- [5] Deutscher Ausschuss für Stahlbau DASt, 3/2009 Forschungsbericht, Entwicklung eines Bemessungsmodells für geschraubte, momentenragfähige Kopfplattenverbindungen mit 4 Schrauben in einer Schraubenreihe auf der Grundlage der prEn 1993-1-8: 2003, Stahlbau Verlags- und Service GmbH.
- [6] Wagenknecht, G.: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 3: Komponentenmethode, Beuth Verlag, 2014.

! Aktuelle Angebote

S681.de Stahl-Firstpunkt, Komponentenmethode – EC 3, DIN EN 1993-1-1	390,- EUR
<small>Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel</small>	
Einsteiger-Paket „Stahlbeton“ – EC 2, DIN EN 1992-1-1:2011-01	299,- EUR
<small>bestehend aus S300.de, S401.de, S510.de</small>	
Einsteiger-Paket „Stahl“ – EC 3, DIN EN 1993-1-1:2010-12	299,- EUR
<small>bestehend aus S301.de, S404.de, S480.de</small>	
Einsteiger-Paket „Holz“ – EC 5, DIN EN 1995-1-1:2010-12	299,- EUR
<small>bestehend aus S110.de, S302.de, S400.de</small>	
Einsteiger-Paket „Mauerwerk“ – EC 6, DIN EN 1996-1-1:2010-12	299,- EUR
<small>bestehend aus S405.de, S420.de, S470.de</small>	
<small>Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenzen je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Mai 2016</small>	
<small>Unterstützte Betriebssysteme: Windows 7 (64) / Windows 8 (64) / Windows 10 (64)</small>	
Preisliste: www.mbaec.de	