

Dipl.-Ing. Thomas Blüm

Gelenkiger Anschluss an Stütze

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S723.de Stahl-Stielanschluss, gelenkig

Mit dem Modul S723.de können gelenkige Anschlüsse von Riegeln an Stützen nach Komponentenmethode bemessen und nachgewiesen werden. Dabei können die T-Stöße entweder mit durchgehendem Riegel auf einer Stütze aufliegend oder mit durchgehender Stütze und seitlich angeschlossenen Riegel ausgeführt werden. Die Anschlüsse werden mittels einer Stirnplatte und Schrauben umgesetzt.

The screenshot displays the BauStatik software interface for the design of a moment-resisting steel beam-to-column connection. The main window is titled "S723.de - Beschreibung S723.de - BauStatik 2020 (Aktuell2020)".

Left Panel (Modell): Shows a tree view of the model structure, including "System", "Einwirkungen", "Belastungen", "Char. Schnittgrößen", "Kombinationen", "Bem.-schnittgrößen", "Mat./Querschnitt", "Nachweise (GZT)", and "Zusammenfassung".

Input Panel (Eingabe): Contains fields for "Übernahme aus Position" (J/N), "Positionstyp" (Typ: Aufgelegter T-Stoß), and "Trägerneigung" (δ = 2,00°).

Technical Drawing Panel (Aktive Position: 01): Displays three views of the connection: "Schmitt A-A", "Schmitt B-B", and "Schmitt C-C". Below the drawings is a table of material and cross-section properties:

Mat./Querschnitt	Material	Querschnitt	Einheit
Stützen	S 235	HEA 200	
Träger	S 235	HEB 200	
Stirnplatte	S 235	200x110x10	

Statik Panel: Shows calculation results for various load cases, including "Einwirkungen", "Char. Schnittgrößen", "Norm. Bemessungswerte", "Ständige Verformung", "Berücksichtigte", and "Mat./Querschnitt".

Allgemein

„Ein gelenkiger Anschluss hat die Funktion, die auftretenden Schnittkräfte zu übertragen, ohne dass größere Momente erzeugt werden, welche unzulässige Auswirkungen auf die angeschlossenen Bauteile oder das Gesamttragwerk haben können.“ (vgl. [3]) Er ist die wichtigste Verbindung zwischen Stahlbauteilen, da er wesentlich kostengünstiger auszuführen ist als ein biegesteifer Anschluss.

Gelenkige Anschlüsse lassen sich allgemein als geschraubte Verbindung, geschraubte und geschweißte Verbindung und als rein geschweißte Verbindung ausführen. Der Nachweis der Tragfähigkeit kann für die häufigsten Verbindungen über typisierte Anschlüsse (z.B. mit dem Modul S733.de) erfolgen. Mehr Flexibilität ermöglicht der Nachweis mit der Komponentenmethode.

System

Als Positionstyp kann zwischen einem „seitlich angeschlossenen T-Stoß“ und einem „aufgelegten T-Stoß“ gewählt werden. Der Riegel kann dabei auch geneigt sein.

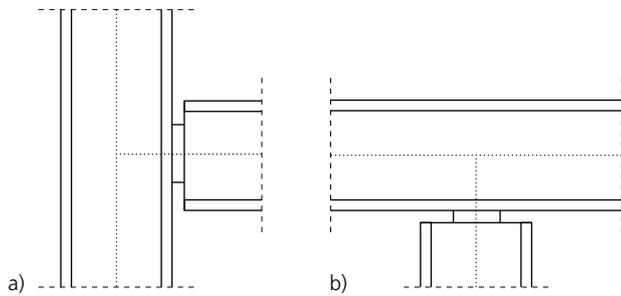


Bild 1. Positionstypen:
a) seitlich angeschlossener T-Stoß
b) aufgelegter T-Stoß

Material/Querschnitt

Im Kapitel „Material/Querschnitt“ werden die einzelnen Bauteile des Anschlusses definiert. Zunächst sind die Stütze und der Riegel mit der jeweiligen Stahl-Festigkeitsklasse und Querschnitt zu wählen. Die Querschnittswahl kann entweder über die Wahl der Profilreihe aus den Stammdaten oder über eine manuelle Eingabe als Schweißprofil erfolgen. Dabei müssen die Profile doppelt-symmetrische I-Profile sein.

Des Weiteren müssen Angaben zur Stirnplatte mit Festigkeit und Abmessungen getätigt werden. Die Stirnplatte ist immer am anzuschließenden Bauteil angeschweißt. Die zugehörige Schweißnaht kann entweder vom Modul ermittelt oder manuell vorgegeben werden.

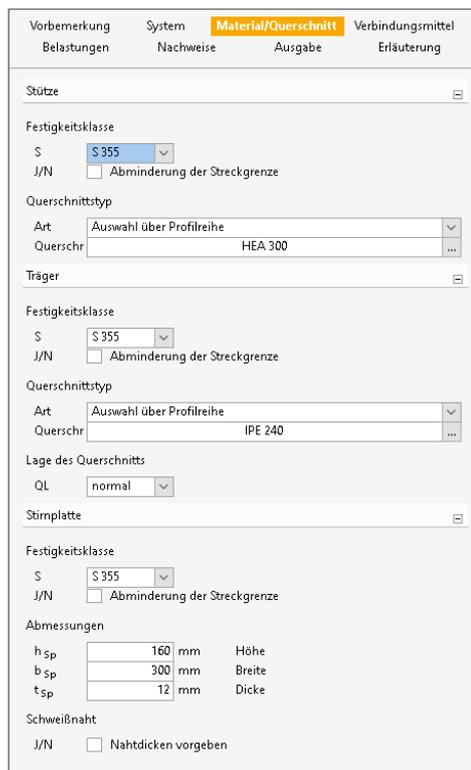


Bild 2. Kapitel „Material/Querschnitt“

Verbindungsmittel

Die Stirnplatte wird mit Schrauben an das Hauptbauteil angeschlossen. Diese sind im Kapitel „Verbindungsmittel“ zu definieren. Es können Passschrauben oder rohe Schrauben mit den gängigen Festigkeitsklassen gewählt werden. Außerdem kann bestimmt werden, ob die Scherfuge im Schaft- oder im Gewindebereich der Schrauben liegt. Es müssen die Anzahl der Schrauben in Reihen und Spalten sowie die Rand- und Innenabstände festgelegt werden.

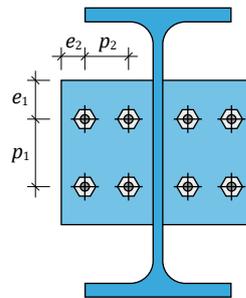


Bild 3. Schraubenbild und -abstände

Belastung

Als Belastung müssen die Anschlussschnittgrößen N_x und V_z des anzuschließenden Bauteils eingegeben werden. Beim seitlichen Anschluss sind das die Schnittgrößen aus dem Riegel und beim aufgelegten T-Stoß die Schnittgrößen der Stütze.

Die Eingaben erfolgen entweder als charakteristische Schnittgrößen und anschließender automatischer Bildung von Einwirkungskombinationen oder es können analog zu anderen Anschlussmodulen im Kapitel „Belastung“ feste Kombinationen definiert und diesen dann Bemessungsschnittgrößen zugewiesen werden. Daneben können in Form eines Detailnachweises direkt die Bemessungsschnittgrößen per Lastabtrag aus der Quellposition komfortabel übernommen werden.

Eine Dokumentation von Lastzusammenstellungen und einzelner Lastübernahmen in der Ausgabe ist möglich.

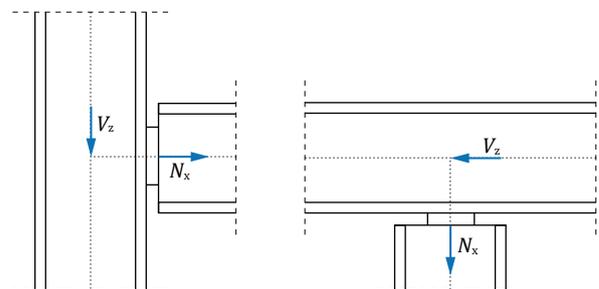


Bild 4. Schnittgrößen aus anzuschließendem Bauteil

Entsprechend DIN EN 1993-1-8 sind Anschlüsse sowie angeschlossene Bauteile so zu bemessen, dass die aus Exzentrizitäten entstehenden Schnittgrößen aufgenommen werden können. Die Schnittgrößen, die in der Eingabe eingegeben wurden, sind auf den Schnittpunkt der Schwerachse der beiden Bauteile bezogen. Durch andere Bezugspunkte wie beispielsweise die Scherfuge entstehen Exzentrizitäten mit zusätzlichen Momenten, die vom Modul ermittelt werden.

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Folgende Komponenten werden für den Nachweis des Anschlusses herangezogen:

- Stirnplatte auf Biegung (Komponente 5)
- Stirnplatte auf Schub (Komponente 1)
- Profil auf Biegung (Komponente 4)
- Profil auf Schub (Komponente 1)
- Schrauben auf Zug (Komponente 10)
- Blockversagen einer Schraubengruppe (Komponente 9)

Die Komponenten für die Verbindungen

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

Ermittlung der effektiven Längen

Grundlage für die Ermittlung der Komponententragfähigkeiten bilden die effektiven Längen (siehe Gl. (1) und (2)), die nach EC3 [3], 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.

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

Komponenten 10, 5 und 4

Komponente 10 untersucht die Tragfähigkeit der Schraube auf Zug. Die Zugtragfähigkeit wird nach EC 3 [3] 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 Verbindungen mit hochfesten Schrauben wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass sich die Stirnplatten eines Anschlusses elastisch-plastisch verhalten. Unter Belastung kann sich die Stirnplatte verformen; sie bleibt im Allgemeinen nicht ideal eben. Dies kann dazu führen, dass in der Verbindung Abstützkräfte durch die Verformung der Stirnplatte entstehen. Diese Abstützkräfte müssen zusätzlich von den Schrauben aufgenommen werden können.

Ob sich solche Abstützkräfte einstellen, hängt von den Abmessungen der Stirnplatte und der Schrauben ab.

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 Querdrukbeanspruchung 	6.2.6.2	6.3.2	6.4.2 6.4.3
3 Stützensteg mit Querkzugbeanspruchung 	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

Tabelle 1. Grundkomponenten (Auszug) eines Anschlusses nach [1]

Bei der Übertragung der Zugkräfte in geschraubte Anschlüsse werden der Stützenflansch (Komponente 4) und die Stirnplatte (Komponente 5) auf Biegung beansprucht. Der Versagenszustand der biegebeanspruchten Komponenten tritt durch Bildung bestimmter Fließlinienmechanismen ein.

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: $F_{T,3,Rd}$

$$F_{T,Rd,1} = \frac{4 \cdot m_{pl,Rd} \cdot l_{eff,1}}{m} \quad \text{für Versagensart 1 (3)}$$

$$F_{T,Rd,2} = \frac{2 \cdot m_{pl,Rd} \cdot l_{eff,2} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} \quad \text{für Versagensart 2 (4)}$$

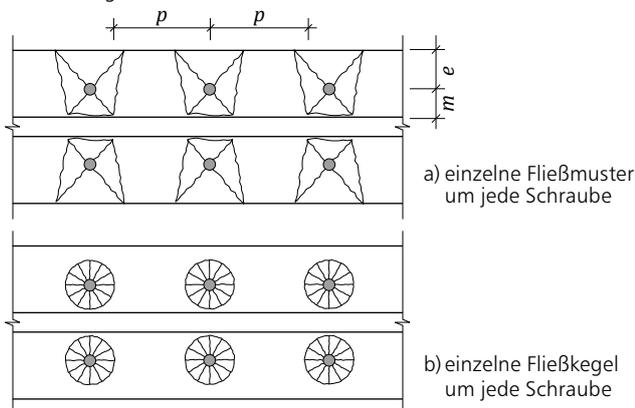
$$F_{T,Rd,3} = \sum F_{t,Rd} \quad \text{für Versagensart 3 (5)}$$

mit

$$m_{pl,Rd} = \frac{t^2 \cdot f_y}{4 \cdot \gamma_{M0}} \quad \text{Plastisches Plattenmoment des T-Stummelflansches}$$

t Flanschdicke
 f_y Streckgrenze
 $\gamma_{M0} = 1.00$ Teilsicherheitsbeiwert
 m und e geometrische Angaben bzgl. der Schraubenachse und unter Berücksichtigung des Walzradius zur Erfassung der Lage der Fließlinien
 n Abstand der Abstützkraft Q von der Schraubenachse; $n = e_{min}$, wobei n auf 1.25· m begrenzt ist
 $\sum F_{t,Rd}$ Summe der Zugtragfähigkeiten der Schrauben im T-Stummel
 $l_{eff,1}, l_{eff,2}$ kleinste wirksame Breite aus der Betrachtung der möglichen Fließlinienmechanismen im T-Stummel unter Berücksichtigung der Versagensarten

Einzelversagen der Schraubenreihe



Versagen einer Schraubenreihengruppe

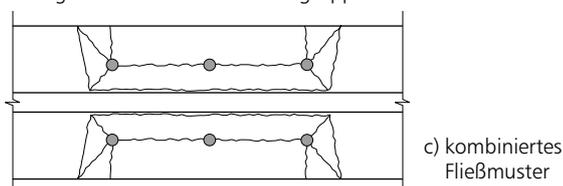


Bild 5. Mögliche Fließmuster

Die Biegetragfähigkeit $F_{t,ep,Rd}$ der Stirnplatte für die horizontale Schraubenreihe r entspricht dem Mindestwert der drei Versagensmöglichkeiten (siehe Gleichung (6)).

$$F_{t,ep,Rd} = \min\{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} \quad (6)$$

Komponente 1 bis 3

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

Komponente 1 (Schubbeanspruchung):

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{y,wc} \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad (7)$$

Komponente 2 (Querdruck):

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{yc}}{\gamma_{M1}} \quad (8)$$

Komponente 3 (Querzug):

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{yc}}{\gamma_{M0}} \quad (9)$$

mit

- A_{vc} wirksame Schubfläche
- 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)]

Stirnplatte mit Schub Abs. 6.2.6.1		Stirnplatte mit Schubbeanspruchung (Komponente 1)				
Bauteil	$A_{p,brt}$ [cm ²]	$F_{t,p,brt,Rd}$ [kN]	$A_{v,net}$ [cm ²]	$F_{t,p,net,Rd}$ [kN]	$F_{t,p,Rd}$ [kN]	
Stirnplatte	24.00	512.80	20.80	864.64	512.80	
$A_{p,brt}$	plastische Schubfläche der Stirnplatte, Bruttoquerschnitt					
$F_{t,p,brt,Rd}$	Tragfähigkeit der Stirnplatte, Bruttoquerschnitt					
$A_{v,net}$	plastische Schubfläche der Stirnplatte, Nettoquerschnitt					
$F_{t,p,net,Rd}$	Tragfähigkeit der Stirnplatte, Nettoquerschnitt					
$F_{t,p,Rd}$	Tragfähigkeit der Stirnplatte, maßgebender Wert					

Bild 6. Ausgabebeispiel für die Ermittlung der Tragfähigkeit für Komponente 1

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 [3] 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 als Kehlnähte ausgeführt.

Es werden alle Krafttrichtungen berücksichtigt und in Form der Vergleichsspannung nachgewiesen [3]:

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

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

Ausgabe

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

Neben der grafischen Darstellung des Anschlusses werden die Schnittgrößen und Nachweise unter Berücksichtigung der Einstellungen des Anwenders sowohl grafisch als auch tabellarisch ausgegeben.

Am Ende der Ausgabe werden in der Zusammenfassung die maßgebenden Ausnutzungen der zuvor geführten Nachweise übersichtlich dargestellt.

Dipl.-Ing. Thomas Blüm
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [2] DIN EN 1993-1-1/NA: Nationaler Anhang Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [3] DIN EN 1993-1-8: Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Bemessung von Anschlüssen. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [4] Wagenknecht, G.: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3 - Band 3 Komponentenmethode. Beuth Verlag GmbH, März 2017
- [5] Kretz, J.: Anschlüsse nach DIN EN 1993-1-8, mb-news 5/2017

The screenshot shows the output of the mbAEC software for a steel column connection. It includes a title page with project details (S723.de), a table of combinations, a table of internal forces (N, V, M, Q), and a detailed technical drawing of the connection with various views (Ansicht, Schnitt B-B, Schnitt A-A) and material specifications.

Preise und Angebote

S723.de Stahl-Stielanschluss, gelenkig – 390,- EUR
EC 3, DIN EN 1993-1-1
Leistungsbeschreibung siehe
nebenstehenden Fachartikel

Aktionspreise befristet bis 15.05.2020

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: März 2020

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: www.mbaec.de