

Dipl.-Ing. Thomas Blüm

Detailnachweis Krafteinleitung

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S392.de Stahl-Lasteinleitung mit und ohne Rippen – EC 3, DIN EN 1993-1-1:2010-12

Mit dem Modul S392.de können Lasteinleitungsstellen unter Querbelastung bei Berücksichtigung von Stegbeulen bemessen und nachgewiesen werden. Bei Überschreitung der Tragfähigkeit kann diese Stelle durch Rippen quer zum Steg verstärkt werden.

The screenshot shows the mbAEC software interface for the design of a steel load introduction. The main window displays technical drawings and calculation tables for a 'Lasteinleitung' (load introduction) with ribs.

Technical Drawing (Left): Shows a cross-section of a beam with a load introduction. The load is applied to the top flange. The drawing includes dimensions for the load introduction, the beam height, and the rib spacing.

Calculation Tables (Right):

Material		Querschnitt	
Material	[N/mm ²]	Querschnitt	[mm ²]
S 235	235.0	PE 300	210000
S 235	235.0	St 100	210000

Material		Querschnitt	
Material	[N/mm ²]	Querschnitt	[mm ²]
S 235	235.0	PE 300	210000
S 235	235.0	St 100	210000

Material		Querschnitt	
Material	[N/mm ²]	Querschnitt	[mm ²]
S 235	235.0	PE 300	210000
S 235	235.0	St 100	210000

Allgemein

An Auflagerstellen oder Stellen mit konzentrierten Einzelasten und mit hohen Belastungen werden die Stege von Doppel-T-Profilen örtlich sehr stark beansprucht. Diese lokale Tragfähigkeit muss auch unter Berücksichtigung von Stegbeulen nachgewiesen werden.

Sollte die Tragfähigkeit nicht ausreichend sein, gibt es die Möglichkeit diese über eine Verstärkungsmaßnahme mit Rippen herzustellen. Die Rippen können die quer zur Stegebene wirkenden Lasten über eine größere Länge in den Steg weiterleiten und auch für eine ausreichende Stabilität sorgen. Aus Kostengründen sollte aber zunächst überprüft werden, ob eine rippenlose Lasteinleitung möglich ist.

System

Zunächst muss festgelegt werden, welche Situation bei der Lasteinleitung vorliegt. Hier kann zwischen einer Lasteinleitung bei einer Auflagerung am Trägerende oder in Trägermitte, einer Einzellast an der Trägeroberseite oder einer Kräfteinleitung von zwei sich kreuzenden Trägern gewählt werden.

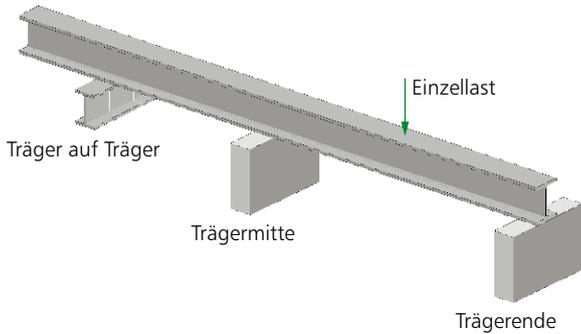


Bild 1. Beschreibung der Auflagersituation

Material/Querschnitt

Im Kapitel „Material/Querschnitt“ wird die Festigkeitsklasse und das Profil gewählt. Als Profile stehen entweder die Walzprofile aus den Stammdaten oder ein manuell definiertes Schweißprofil zur Wahl. Dabei müssen die Profile doppelt-symmetrische I-Profile sein.

Danach wird die Länge der starren Lasteinleitung definiert. Diese Länge s_s ist in der Regel die Länge, über die die Querkraft auf den Flansch eingeleitet wird (siehe Bild 2). Liegen mehrere Einzellasten dicht beieinander, so ist in der Regel die Beanspruchbarkeit sowohl für jede Einzellast als auch für die gesamte Querkraftbelastung und diese mit einer Länge der starren Lasteinleitung entsprechend dem Abstand der äußeren Einzellasten zu ermitteln. (vgl. [3], 6.3)

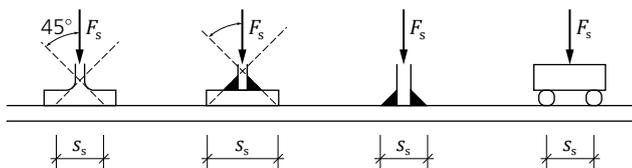


Bild 2. Länge der starren Lasteinleitung, Bild 6.2 [3]

Verstärkung

Sollte der Nachweis der Kräfteinleitung nicht erfüllt sein, so kann eine Verstärkung mit quer zum Steg verlaufenden Rippen erfolgen.

Die Eingabe bietet hierzu vielfältige Möglichkeiten. Die Rippen werden immer paarweise angeordnet. Dabei können ein einzelnes, doppeltes oder dreifaches Rippenpaar gesetzt werden. Eine Ausführung als Vollrippe über die gesamte Trägerhöhe oder nur über einen Teil der Höhe ist möglich.

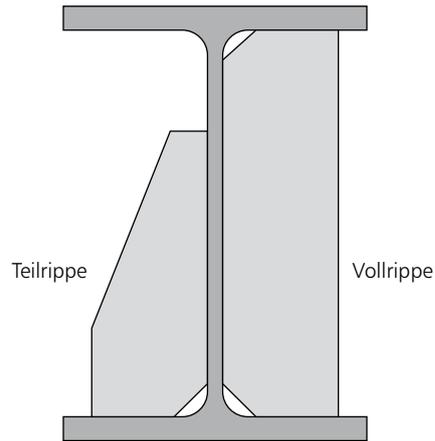


Bild 3. Ausführung der Rippen als Vollrippe oder Teilrippe

Die Rippen werden mit Länge, Breite, Dicke und der Rippenaussparung beschrieben. Die erforderliche Länge und die Dicke kann auch vom Programm automatisch ermittelt werden. Das Gleiche gilt für die Schweißnähte an Steg und Flansch.

Vorbemerkung	System	Material/Querschnitt	Verstärkung
Belastungen	Nachweise	Ausgabe	Erläuterung
Verstärkung			20
J/N	<input checked="" type="checkbox"/> eingeben		
Festigkeitsklasse			21
S	S 235		
J/N	<input type="checkbox"/> Abminderung der Streckgrenze		
Rippenanordnung			22
n	Einzelnes Rippenpaar		
J/N	<input type="checkbox"/> Ausbildung als Vollrippe		
Rippen			25
b _R	140.0 mm	Rippenbreite	
h _R	200.0 mm	Rippenhöhe	
t _R	15.0 mm	Rippendicke	
c _R	30.0 mm	Rippenaussparung	
Rippenhöhe			
J/N	<input checked="" type="checkbox"/> automatisch anpassen		
max h _R	300.0 mm	maximale Höhe	
Δh _R	5.0 mm	Schrittweite	
Rippendicke			
J/N	<input type="checkbox"/> automatisch anpassen		
Abschrägung			
J/N	<input checked="" type="checkbox"/> Rippe abschrägen		
Schweißnähte			38
Stegnaht			
Art	<input checked="" type="radio"/> automatisch		
	<input type="radio"/> vorgeben		
untere Flanschnaht			
Art	<input checked="" type="radio"/> automatisch		
	<input type="radio"/> vorgeben		

Bild 4. Eingabekapitel „Verstärkung“

Belastung

Als Belastung muss die Auflagerlast bzw. die Einzellast F_z eingegeben werden.

Die Eingaben erfolgen entweder als charakteristische Belastung mit anschließender automatischer Bildung von Einwirkungskombinationen oder es können analog zu anderen Anschlussmodulen im Kapitel „Belastung“ feste Kombinationen definiert werden 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.

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Bei den Nachweisen im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss unterschieden werden, ob die Kraft nur vom Trägerprofil (rippenlose Krafteinleitung) oder von einem mit Rippen verstärkten Profil aufgenommen wird.

Rippenlose Krafteinleitung

Die Beanspruchbarkeit eines Trägersteges bei Querbelastung ist in [3], Kapitel 6 geregelt. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Belastung über die Flansche des Trägers eingeleitet wird und die Flansche durch die eigene Querbiegesteifigkeit oder seitliche Halterungen ausreichend fixiert sind.

Für den Nachweis der Tragfähigkeit des Trägersteges muss zunächst untersucht werden, ob dieser unter Last ausbeulen kann. Dies wird mittels der Stegslankheit $\bar{\lambda}_F$ beurteilt.

$\bar{\lambda}_F \leq 0,5$	kein Stegbeulen
$\bar{\lambda}_F > 0,5$	Stegbeulen

Die Tragfähigkeit wird dann wie folgt ermittelt:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} \cdot l_{eff} \cdot t_w}{\gamma_M}$$

mit

- t_w Stegblechdicke
- f_{yw} Streckgrenze des Stegblechs
- l_{eff} wirksame Lastausbreitungslänge

$$l_{eff} = \chi_F \cdot l_y$$

- l_y wirksame Lastausbreitungslänge ohne Stegbeulen
- χ_F Abminderungsfaktor für den Fall Stegbeulen nach [3], 6.4

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} \leq 1,0$$

Nachweis der Tragfähigkeit:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1,0$$

Krafteinleitung mit Rippen

Die Rippen werden immer paarweise angeordnet und mit Kehlnähten an Flansch und Steg angeschweißt. Wegen der Ausrundung beim Walzprofil bzw. Schweißnähten beim Schweißprofil werden die Rippen in den Ecken ausgerundet oder abgeschrägt.

Durch die Rippen ändert sich der Lastfluss im Einleitungsbereich. Dabei nehmen die Rippen den größeren Anteil der Querlast aus dem Flansch direkt auf und leiten diese weiter. Der Lastfluss ist abhängig davon, ob die Rippen als Voll- oder Teilrippen ausgeführt werden.

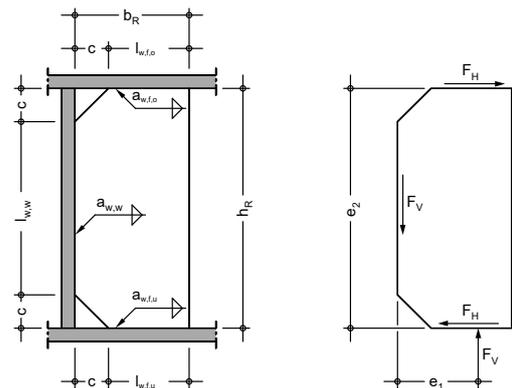


Bild 5. Schnittgrößen für Vollrippen

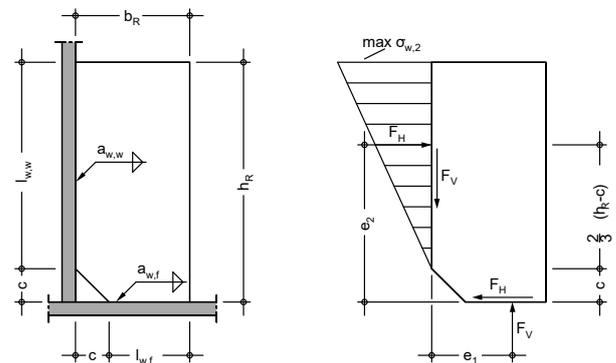


Bild 6. Schnittgrößen für Teilrippen

Dabei ist:

$$F_H = F_V \cdot \frac{e_1}{e_2}$$

Der Nachweis der Tragfähigkeit erfolgt dann für die Rippe selbst sowie für die Schweißnähte an Flansch und Steg.

Für die Spannungen in der Rippe gilt:

Am Flansch	Am Steg
$\sigma_d = \frac{F_V}{t_R \cdot (b_R - c_R)}$	$\sigma_d = \frac{F_V}{t_R \cdot (l_R - c_R)}$
$\tau_d = \frac{F_H}{t_R \cdot (b_R - c_R)}$	$\tau_d = \frac{F_H}{t_R \cdot (l_R - c_R)}$
$\sigma_{v,d} = \sqrt{\sigma_d^2 + 3 \cdot \tau_d^2}$	$\sigma_{v,d} = \sqrt{\sigma_d^2 + 3 \cdot \tau_d^2}$

In der Regel werden die Spannungen am Flansch maßgebend, da die Rippen meist länger als breit sind.

Die Spannungen in den Schweißnähten der Teilrippe werden nach folgenden Formeln ermittelt:

Am Flansch

$$\sigma_{w,d} = \frac{F_V}{a_{w,f} \cdot (b_R - c_R)}$$

$$\tau_{||,d} = \frac{F_H}{a_{w,f} \cdot (b_R - c_R)}$$

Am Steg

$$\sigma_{w,d} = \frac{F_V}{a_{w,w} \cdot (b_R - c_R)}$$

$$\tau_{||,d} = \frac{F_H}{a_{w,w} \cdot (b_R - c_R)}$$

Die Spannungen in der Vollrippe und deren Schweißnaht werden auf die gleiche Weise ermittelt. Der einzige Unterschied ist, dass die Normalkraft F_H nicht am Steg auftritt, sondern am oberen Flansch als Schubkraft.

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 der Kräfteinleitungsstelle werden die Schnittgrößen und Nachweise unter Berücksichtigung der Einstellungen des Anwenders tabellarisch ausgegeben.

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 1993-1-5: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Plattenförmige Bauteile. Ausgabe Juli 2017. Beuth Verlag.
- [4] DIN EN 1993-1-8: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Bemessung von Anschlüssen. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [5] Wagenknecht, G.: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3 – Band 2: Verbindungen und Konstruktionen. Beuth Verlag, Mai 2011.

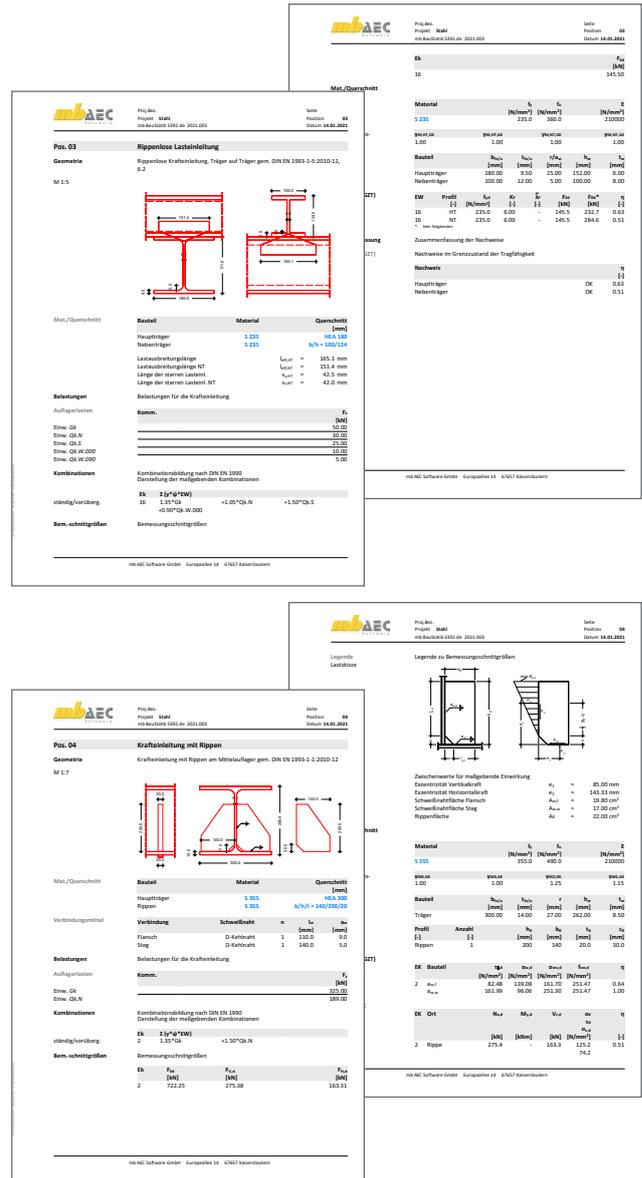


Bild 7. Beispielausgaben

Preise und Angebote

S392.de Stahl-Lasteinleitung mit und ohne Rippen - EC 3, DIN EN 1993-1-1:2010-12
Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/S392.de>

BauStatik 5er-Paket
bestehend aus 5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl*

BauStatik 10er-Paket
bestehend aus 10 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl*

* ausgenommen: S012, S018, S030, S141.de, S261.de, S410.de, S411.de, S414.de, S630.de, S811.de, S853.de

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 2021

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste siehe www.mbaec.de