

4H-EC3IM

Typisierter IM-Anschluss

Detailinformationen

Seite überarbeitet Februar 2024

Kontakt

Programmübersicht

Bestelltext

Infos auf dieser Seite

... als pdf

- Anschlussparameter

Tragfähigkeiten

Schnittgrößen

... Import Träger / Stütze

... Import Trägerstoß

Teilschnittgrößen
- Ergebnisübersicht

allgemeine Erläuterungen

Komponentenmethode

Nachweis Schweißnähte

... Stegsteifen

Rotationssteifigkeit
- Rotationskapazität

Grundkomponenten

Basisverbindungen

Stahlsorten

Ausdrucksteuerung

nationale EC-Anhänge

Anschlussparameter



Register 2 enthält Angaben zu den Anschluss- und Materialparametern

4H-EC3 - Typisierte IM-Verbindung [Position 1: 2 Schrauben (Träger-Stütze)]

Verbindung

Trägerstoß

Träger-Stütze

Stahlfestigkeit

Schraubenfestigkeit

effiziente Verbindung suchen

Gesamtangebot

Anschluss gespiegelt

Daten nach 4H-EC3BT² exportieren

Maximale Ausnutzung

U_{max} = 1.670 > 1 Fehler !!

Träger / Verbindung

Nr.	Profilreihe	Nennhöhe	Schraube	Anordnung	t _p	b _p	h _p	e ₁	p _{1,1}	p _{1,2}	p _{1,3}	u ₁	w	a _f	a _w
					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
<input type="radio"/> 10759	HEA	240	M 24		30	240	350	55	110	110		105	130	6	4
<input checked="" type="radio"/> 10760					30	240	440	55	110	110	110	105	130	6	4
<input type="radio"/> 10761					25	240	350	55	110	110		105	130	6	4
<input type="radio"/> 10762					25	240	440	55	110	110	110	105	130	6	4
<input type="radio"/> 10763					20	240	350	55	110	110		105	130	6	4
<input type="radio"/> 10764					20	240	440	55	110	110	110	105	130	6	4
<input type="radio"/> 10768					20	240	260	75	110			15	130	4	4
<input type="radio"/> 10769					25	240	260	75	110			15	130	5	4

Stütze

Profil aus Profilmanager

parametrisiertes Stahlprofil

Profilname

Verstärkung des Profils durch Stegsteifen

Bild vergrößern

Allgemeines

Das Programm 4H-EC3IM berechnet biegesteife Trägerstöße und Träger-Stützenanschlüsse von Doppel-T-Profilen, die im Ringbuch *Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau, Ergänzungsband 2018* verzeichnet sind.

Die Eingabedaten können u.A. in das Programm 4H-EC3BT, Biegesteifer Trägeranschluss, (ab V. 2019) übertragen werden.

Daten nach 4H-EC3BT² exportieren

Dazu ist der aktuelle Datenzustand über den Button **Daten exportieren** in die Zwischenablage zu kopieren.

Diese Daten können anschließend über den Button **Daten importieren** aus der Zwischenablage in das aktuell geöffnete Bauteil des Programms 4H-EC3BT übernommen werden.

Material

Das Programm ist in direkter Anlehnung an die Vorgehensweise zur Anwendung des Ringbuchs konzipiert.

Dazu sind zunächst die Verbindungsart (**Trägerstoß** oder **Träger-Stütze**), die Stahlfestigkeit (**S 235** oder **S 355**) und die Schraubenfestigkeitsklasse (**Fk 8.8** oder **Fk 10.9**) festzulegen.

Verbindung	<input type="radio"/> Trägerstoß	nur für Konfigurationen mit 2 Schrauben je Reihe
	<input checked="" type="radio"/> Träger-Stütze	
Stahlfestigkeit	<input checked="" type="radio"/> S 235	<input type="radio"/> S 355
Schraubenfestigkeit	<input type="radio"/> Fk 8.8	<input checked="" type="radio"/> Fk 10.9

Träger-Stütze-Verbindungen können nur für Konfigurationen mit 2 Schrauben je Schraubenreihe berechnet werden.

Es wird stets von HV-Schrauben ausgegangen.

Jedem Verbindungselement wird dasselbe Material zugeordnet.

Träger / Verbindung

Bei der Eingabe des Trägers und der Anschlussparameter ist analog zum Ringbuch vorzugehen, wobei das Programm die Eingabemöglichkeiten farblich unterstützt.

Zunächst ist die Profilreihe vorzugeben. In blau sind Profile der IPE-Reihe, in grün die Profile der HE-Reihe aufgelistet.

Die Nennhöhe der Profile berücksichtigt die im Ringbuch aufgeführten Kombinationen. In schwarz sind die Nennhöhen dargestellt, die für beide Profilreihen gelten, in blau und grün diejenigen, die nur für die IPE- bzw. HE-Reihe gelten.

Die Schraubengrößen, die für die Anschlusskonfigurationen des ausgewählten Profils nicht verfügbar sind, werden in der Liste rot markiert und können nicht ausgewählt werden.

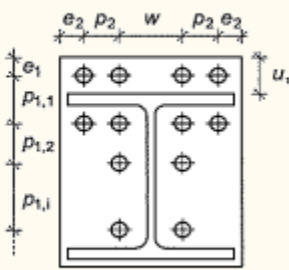
Ebenso berücksichtigt die Symbolliste der möglichen Schraubenbilder die bisher vorgegebenen Einstellungen. Die Anordnung, die in der Datenbank nicht vorhanden ist, ist rot markiert und kann nicht ausgewählt werden.

Nr.	Profilreihe	Nennhöhe	Schraube	Anordnung
<input type="radio"/> 10759	HEA	240	M 24	
<input checked="" type="radio"/> 10760	IPE	80	M 12	
	HEAA	100	M 16	
<input type="radio"/> 10761	HEA	120	M 20	
<input type="radio"/> 10762	HEB	140	M 22	
	HEM	160	M 24	
<input type="radio"/> 10763		180	M 27	
<input type="radio"/> 10764		200	M 30	
		220	M 36	
<input type="radio"/> 10768		240		
<input type="radio"/> 10769		260		
		270		
		280		

Eine Schraubenanordnung mit 4 Schrauben in einer Reihe kann nur für Trägerstöße verwendet werden.

Alle Einträge der Ringbuchdatenbank, die zu der gewählten Konfiguration passen, werden mit Nummer und Parametern am Bildschirm dargestellt.

Nr.	t _p	b _p	h _p	e ₁	p _{1,1}	p _{1,2}	p _{1,3}	u ₁	w	a _f	a _w
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
○ 10759	30	240	350	55	110	110		105	130	6	4
⊙ 10760	30	240	440	55	110	110	110	105	130	6	4
○ 10761	25	240	350	55	110	110		105	130	6	4
○ 10762	25	240	440	55	110	110	110	105	130	6	4
○ 10763	20	240	350	55	110	110		105	130	6	4
○ 10764	20	240	440	55	110	110	110	105	130	6	4
○ 10768	20	240	260	75	110			15	130	4	4
○ 10769	25	240	260	75	110			15	130	5	4



mit t_p, b_p, h_p: Dicke, Breite, Höhe der Stirnplatte und a_f, a_w: Schweißnahtdicken am Flansch und Steg des Trägers

einseit. Überstand

ohne Überstand

einseit. Überstand

beidseit. Überstand

Gesamtangebot

☒

Aus der ggf. langen Liste möglicher Anschlusskonfigurationen können die Verbindungen bzgl. ihrer Überstände selektiert werden.
Es werden nur Konfigurationen angezeigt, die der gewählten Bedingung genügen.

☐ Anschluss gespiegelt

Für Anschlüsse mit nur einem Überstand oder mit unsymmetrischen Schraubenbildern wurde die Option vorgesehen, den Anschluss zu spiegeln.

Aus der am Bildschirm dargestellten Verbindungsauswahl ist eine passende Wahl zu treffen.

Das Programm bietet die Möglichkeit, die effiziente Verbindung (bzgl. der maximalen Ausnutzung) aus der aktuellen Auswahl zu suchen, wenn Schnittgrößen eingegeben wurden (s. [Reg. 1](#)).

effiziente Verbindung suchen
aus aktueller Auswahl

Wird der Button **effiziente Verbindung suchen** betätigt, werden für die eingegebenen Lastkombinationen die maximalen Ausnutzungen jeder Verbindung aus der Auswahlliste berechnet und verglichen.
Die Verbindung mit $U_{\max} \leq 1$ wird als 'effiziente Verbindung' aktiviert.

Tragfähigkeiten anzeigen
der gewählten Konfiguration

Sind keine Schnittgrößen vorgegeben, kann die Tragfähigkeit der gewählten Verbindung, die in [Reg. 3](#) explizit dargestellt ist, an dieser Stelle über den Button **Tragfähigkeit anzeigen** für die gewählte Konfiguration abgerufen werden.

Maximale Ausnutzung
aus allen Lastkombinationen
 $U_{\max} = 0.932 \leq 1$ o.k.

Sind Schnittgrößen vorgegeben, wird die maximale Ausnutzung für die gewählte Konfiguration am Bildschirm angezeigt.

Stütze


Wird eine Träger-Stütze-Verbindung nachgewiesen, können die Parameter des Stützenprofils ohne Einschränkungen eingegeben werden.
Der Querschnitt kann entweder über den [pcae](#)-eigenen Profilmanager in das Programm importiert oder als parametrisiertes Stahlprofil eingegeben werden.


Um ein Profil aus dem Angebot des [Profilmanagers](#) zu wählen, ist der grün unterlegte Pfeil zu betätigen.
Das Programm kann Träger-Stützen-Anschlüsse oder Trägerstöße mit Doppel-T-Profilen berechnen, die als I, H-, DIL-, S- oder W-Profile [pcae](#)-intern bekannt sind.
Das externe Programm wird aufgerufen und ein Profil kann aktiviert werden. Bei Verlassen des Profilmanagers werden die benötigten Daten übernommen und der Profilname protokolliert.

☒ Profil aus Profilmanager

☐ parametrisiertes Stahlprofil

I-Profil





Profilname

HE400A

Zur Definition eines [parametrisierten Stahlprofils](#) sind Profilhöhe, Stegdicke, Flanscbreite und -dicke festzulegen.

Bei gewalzten Profilen wird der Ausrundungsradius r zwischen Flansch und Steg geometrisch berücksichtigt, während geschweißte Blechprofile mit Schweißnähten der Dicke a zusammengefügt sind.

Diese Schweißnähte werden **nicht** nachgewiesen.

- ☐ Profil aus Profilmanager
- ☒ typisiertes Stahlprofil

Profilklasse	H-Profil <input type="checkbox"/>	
Profilhöhe	h	390.0 mm
Stegdicke	t_w	11.0 mm
Flanscbreite	b_f	300.0 mm
Flanshdicke	t_f	19.0 mm

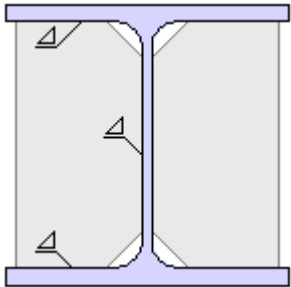
- ☒ gewalztes Profil
 - Ausrundungsradius r 27.0 mm
- ☐ geschweißtes Profil

Verstärkungen

Stützenprofile können zur Verstärkung des Stegs mit Stegsteifen ausgeführt werden.

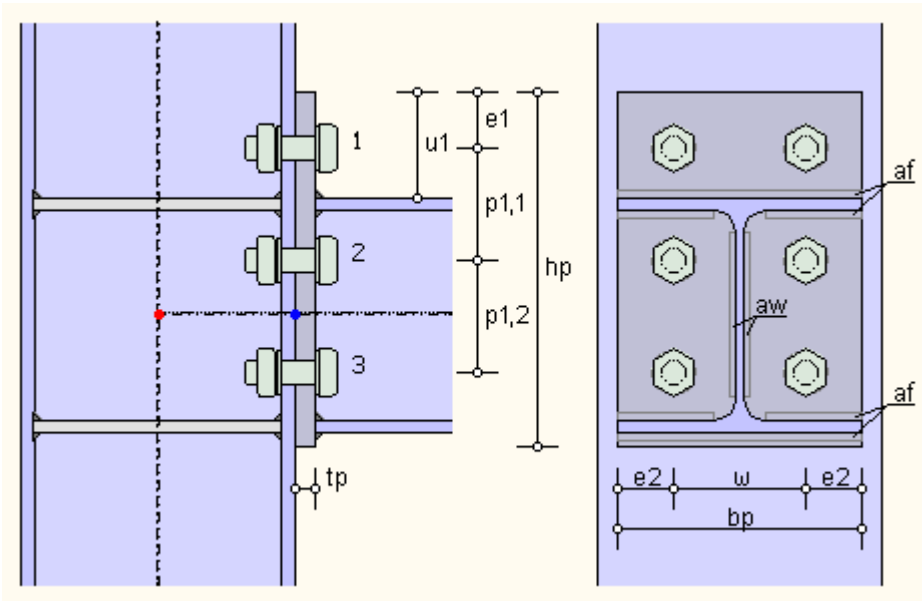
Stegsteifen (Rippen) werden beidseitig des Stegs zwischen die Flansche eingepasst und an Flansche und Steg der Stütze angeschweißt.

Zur Bemessung der **Stegsteifen**.



Bildschirmgrafik

Am Bildschirm werden die geometrischen Daten ausgewertet und der Anschluss in einer maßstäblichen Grafik dargestellt. Die protokollierten Abmessungen (s.o.) sind bezeichnet.



Lastangriffspunkte, in denen die Schnittgrößen wirken (s. **Reg. 1**), sind in rot (Knotenlasten) und blau (Anschlusslasten) gekennzeichnet.

Tragfähigkeiten



im Register 3 werden die Tragfähigkeiten des Anschlusses tabellarisch dargestellt

4H-EC3 - Typisierte IM-Verbindung [Position 1: 2 Schrauben (Träger-Stütze)]

Verbindung: Träger-Stütze
Stahlfestigkeit: S 235
Schraubenfestigkeit: 10.9

Stützenprofil: HE280A
☒ Verstärkung des Profils durch Stegsteifen

Maximale Ausnutzung aus allen Lastkombinationen
 $U_{max} = 1.670 > 1$ Fehler !!

Tragfähigkeiten / Rotationssteifigkeit / Ausnutzung

Lk	Profilreihe	Nennhöhe	Schraube	Anordnung	$M_{c,Rd}$ kNm	$M_{t,Rd}$ kNm	$N_{t,Rd}$ kN	$N_{c,Rd}$ kN	$V_{t,Rd}$ kN	$S_{t,Rd}$ MNm/rad	U	
1	HEA	240	M 24		168.0	101.2	409.4	432.4	63.9	26.55	0.750	o.k.
2					166.7	100.2	403.2	432.4	79.1	7.69	1.104	Fehler
3					167.9	97.4	386.4	432.4	148.8	27.88	0.359	o.k.
4					168.2	101.5	411.3	432.4	96.3	27.88	0.421	o.k.
5					167.2	98.8	394.6	432.4	95.6	18.65	0.851	o.k.
6					168.5	99.8	400.9	432.4	56.1	27.88	0.140	o.k.
7					166.8	100.0	402.1	432.4	96.6	13.31	0.968	o.k.
8					164.8	100.1	402.5	432.4	88.0	3.90	1.525	Fehler
9					164.5	100.1	402.3	432.4	82.6	3.04	1.670	Fehler
10					168.5	109.1	457.6	432.4	5.4	27.88	0.152	o.k.
11					168.5	108.0	451.0	432.4	18.0	27.88	0.115	o.k.
12					168.1	101.2	409.4	432.4	66.0	27.88	0.684	o.k.
13					168.0	97.8	388.8	432.4	131.3	27.88	0.385	o.k.
14					168.2	101.4	410.6	432.4	86.5	27.88	0.465	o.k.
15					167.9	98.9	395.4	432.4	91.9	27.88	0.604	o.k.
16					168.5	99.5	398.8	432.4	67.7	27.88	0.104	o.k.
17					167.0	100.1	402.3	432.4	91.9	13.39	0.966	o.k.
18					166.4	100.2	403.3	432.4	77.8	6.02	1.296	Fehler
19					167.7	99.1	396.2	432.4	88.5	27.88	0.687	o.k.

Bild vergrößern

Die Ausgabe erfolgt in direkter Anlehnung an das Kapitel *Momententragfähige Trägerstöße und Träger-Stützenanschlüsse mit Stirnplatte* des Ringbuchs *Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau nach EC 3-1-8, Ergänzungsband 2018*.

Die Berechnung basiert auf der Vorgehensweise, die im **pcae**-Modul 4H-EC3BT für biegesteife Trägerstöße und Träger-Stützenanschlüsse verwendet wird.

Der Rechenablauf für geschraubte Stirnblechanschlüsse wird im Kapitel **Komponentenmethode** beschrieben.

Die **Rotationssteifigkeit** der Verbindung wird ermittelt, und der **Querschnittsnachweis** des Trägers wird geführt.

Voraussetzungen

- geschraubter Stirnblechanschluss
- Träger: keine Vouten, keine Neigung, typisiertes Profil der IPE- oder HE-Reihen
- Stütze: keine Stegblechverstärkung, kein Futterblech
- horizontale Steifen in Höhe des oberen und unteren Trägerflanschs als zwischenliegende Steifen, Dicke der Steifen entspricht der Flanschdicke des Trägers, Breite der Steifen entspricht mindestens der Flanschbreite des Trägers, Schweißnahtdicken entsprechen der Nahtdicke zwischen Trägerflansch und Kopfplatte
- Schnittgrößen: Druckspannung im Stützensteg $\sigma_{com,wc} \leq 0.7 \cdot f_{y,wc}$, Übertragungsbeiwert $\beta = 1$
- Schrauben: vorgespannt
- Querschnittsnachweis: *Elastisch-Plastisch*,
Biege- und Querkrafttragfähigkeit mit der Komponentenmethode: Schraubengruppen nur bei Anschlüssen mit zwei Schrauben je Reihe,
MN-Interaktion nach Cerfontaine,
Querkrafttragfähigkeit mit vereinfachter Berechnung,

Schweißnachweis: richtungsbezogenes Verfahren,
Nachweis der Steifen

- Bedingung: $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd}$

Es wird unterschieden, ob lediglich Tragfähigkeiten ermittelt oder Nachweise für eingegebene **Schnittgrößenkombinationen** geführt werden.

Tragfähigkeiten / Rotationssteifigkeit							
Nr.	$M_{c,Rd}$	$M_{j1,Rd}$	$M_{j2,Rd}$	$N_{jt,Rd}$	$N_{jc,Rd}$	$V_{j,Rd}$	$S_{j,ini}$
	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	MNm/rad
10106	82.9	35.6	24.3	186.2	267.9	129.9	12.39

Sind keine Schnittgrößen vorgegeben, werden neben der plastischen Momententragfähigkeit des Trägerquerschnitts $M_{c,Rd}$ der Bemessungswert der Momententragfähigkeit $M_{j1,Rd}$ bei positivem Moment, $M_{j2,Rd}$ bei negativem Moment, die Zugtragfähigkeit (ohne Biegung) $N_{jt,Rd}$, die Drucktragfähigkeit $N_{jc,Rd}$, die Querkrafttragfähigkeit $V_{j,Rd}$ und die Anfangsrotationssteifigkeit $S_{j,ini}$ angezeigt.

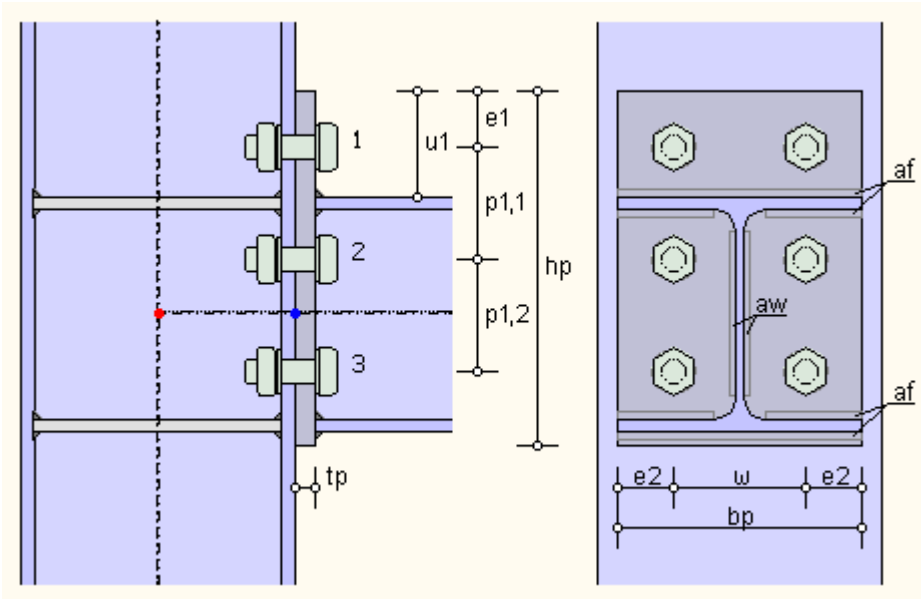
Tragfähigkeiten / Rotationssteifigkeit / Ausnutzung							
Lk	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	$N_{jt,Rd}$	$N_{jc,Rd}$	$V_{j,Rd}$	$S_{j,Rd}$	U
	kNm	kNm	kN	kN	kN	MNm/rad	-
1	82.9	34.1	126.2	156.9	129.9	11.00	0.122 o.k.
2	82.1	25.1	155.7	133.9	53.1	2.29	1.028 Fehler

Sind Schnittgrößen vorhanden, werden die zur betrachteten Lastkombination zugehörigen Tragfähigkeiten sowie - anstelle der Anfangsrotationssteifigkeit $S_{j,ini}$ - die vorhandene Rotationssteifigkeit $S_{j,Rd}$ angegeben.
Außerdem wird die Ausnutzung U je Lastkombination angezeigt. Fehler werden markiert.

Maximale Ausnutzung
aus allen Lastkombinationen
 $U_{max} = 1.028 > 1$ Fehler !!

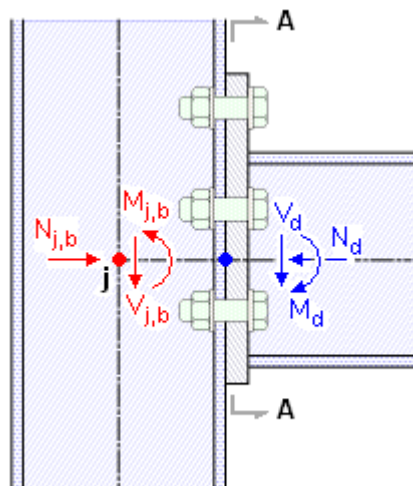
Sind Schnittgrößen vorgegeben, wird die maximale Ausnutzung am Bildschirm angezeigt.

Zur Information wird der Anschluss in einer maßstäblichen Grafik dargestellt (s.a. **Reg. 2**).



Schnittgrößen

das erste Register beinhaltet die Masken zur Eingabe der Bemessungsschnittgrößen



-

Das Programm **4H-EC3IM** bietet verschiedene Möglichkeiten zur Eingabe der Schnittgrößen an

- werden die Schnittgrößen aus einem Stabwerks-Programm übernommen, sind häufig nur die Schnittgrößen im Knotenpunkt der Systemachsen von Träger und Stütze (s. Grafik **Knoten j**) verfügbar.

Hier wird die Vorzeichendefinition der Statik vorausgesetzt.

Das Vorzeichen der Querkraft ist in Abhängigkeit der Definition des Schnittufers in der Tragwerksbemessung ggf. zu invertieren (s.u.).

- Schnittgrößen im Anschnitt der Verbindung: Da der Anschluss eines Trägers an eine Stütze bemessen werden soll, werden die Schnittgrößen direkt im Anschnitt (s. Grafik **Schnitt A-A**) bezogen auf die Systemachse erwartet.

Die Vorzeichendefinition kann entweder derjenigen der Statik oder derjenigen des EC 3-1-8 entsprechen.

Entspricht die Vorzeichendefinition der Statik, ist die Querkraft in Abhängigkeit der Definition des Schnittufers in der Tragwerksbemessung ggf. zu invertieren (s.o.)!

Es werden Trägerschnittgrößen eingegeben.

Bei einseitigem Anschluss wirken sie rechts (s. Grafik **Schnitt A-A**, im EC 3-1-8 mit 1 bezeichnet) vom Anschlusspunkt.

Zur Identifikation kann jeder Schnittgröße eine Bezeichnung (Kurzbeschreibung) zugeordnet werden, die im Ausdruck aufgeführt wird.

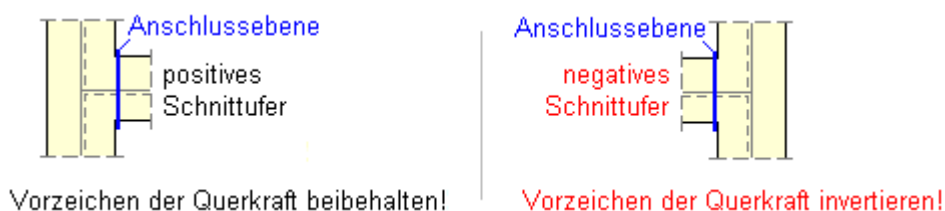
Die Schnittgrößen werden in die intern verwendeten **Bemessungsgrößen** transformiert.

Träger, Anschnitt		
$N_{d,Ed}$ kN	$M_{d,Ed}$ kNm	$V_{d,Ed}$ kN
0.00	50.00	40.00
30.00	50.00	40.00

Vorzeichen der Querkraft

Bei negativem Schnittufer ist das Vorzeichen der Querkraft zu invertieren.

Dies gilt z.B. bei einem Träger, der im Tragwerks-Programm von links nach rechts beschrieben wurde (gestrichelte Linie unterhalb der Systemlinie) und dessen Anschluss an die Stütze sich rechts befindet.



Schnittgrößen importieren

Detailnachweisprogramme zur Bemessung von Anschlüssen (Träger/Stütze, Träger/Träger), Fußpunkten (Stütze/Fundament) etc. benötigen Schnittgrößenkombinationen, die häufig von einem Tragwerksprogramm zur Verfügung gestellt werden.

Dabei handelt es sich i.d.R. um eine Vielzahl an Kombinationen, die im betrachteten Bemessungsschnitt des übergeordneten Tragwerkprogramms vorliegen und in das Anschlussprogramm übernommen werden sollen.

pcae stellt neben der 'per Hand'-Eingabe zwei verschiedene Mechanismen zur Verfügung, um Schnittgrößen in das vorliegende Programm zu integrieren.

Schnittgrößen aus **4H**-Programm importieren



Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen



• Import aus einem **4H**-Programm

Voraussetzung zur Anwendung des DTE[®]-Import-Werkzeugs ist, dass sich ein **pcae**-Programm auf dem Rechner befindet, das Ergebnisdaten exportieren kann.

Die Importschnittgrößen werden nur im Statik-Koordinatensystem übertragen (s.o.).

- Import bei **Träger-Stützenanschlüssen**
- ... von einem Einzelschnitt bei **Trägerstößen**

• Import aus einer Text-Datei

Die Schnittgrößenkombinationen können aus einer Text-Datei im ASCII-Format eingelesen werden.

Die Datensätze müssen in der Text-Datei in einer bestimmten Form vorliegen; der entsprechende Hinweis wird bei Betätigen des **Einlese**-Buttons gegeben.

Anschließend wird der Dateiname einschl. Pfad der entsprechenden Datei abgefragt.

Es werden sämtliche vorhandenen Datensätze eingelesen und in die Tabelle übernommen. Bereits bestehende Tabellenzeilen bleiben erhalten.

Wenn keine Daten gelesen werden können, erfolgt eine entsprechende Meldung am Bildschirm.

Teilschnittgrößen

Die Schnittgrößen sind als Bemessungsgrößen bereits mit den Lastfaktoren für den Grenzzustand der Tragfähigkeit beaufschlagt und können auf zwei verschiedene Arten in das Programm eingegeben werden.

- Knoten-Schnittgrößen beziehen sich auf den Knotenpunkt der Schwerachsen.
Knoten-Schnittgrößen sind häufig das Resultat einer vorangegangenen Stabwerksberechnung und mit der Vorzeichenregel des *Statik*-Koordinatensystems (positive Normalkraft = Zug, pos. Biegemoment = Zug unten) definiert.
- Anschnitt-Schnittgrößen sind die senkrecht zur Anschlussebene wirkenden Bemessungsgrößen im *EC 3-1-8*-Koordinatensystem (positive Normalkraft = Druck, positives Biegemoment = Zug oben), die den Tragfähigkeitsnachweisen zu Grunde liegen.

Knoten-Schnittgrößen müssen in die Bemessungsebene transformiert werden. Zu beachten ist, dass dabei keine äußeren Einwirkungen berücksichtigt werden!

Dabei wird mit Bemessungsebene (Anschlussebene) die Kontaktebene zwischen Träger und Stütze (bei Stößen die Kontaktebene zwischen den Trägern) bezeichnet. Bei Stirnplattenverbindungen ist dies der Anschluss der Stirnplatte an die Stütze (bei Stößen die Mittelebene der beiden Stirnplatten).

Transformation der Schnittgrößen

Sind die Schnittgrößen im Knotenpunkt der Schwerachsen gegeben (KOS *Statik*), werden sie zunächst in die Anschluss-Schnittgrößen (KOS *EC 3-1-8*) bezogen auf die Schwerachse des Trägers transformiert.

Schnittgrößen im Anschluss bezogen auf die Schwerachsen

$$\begin{aligned} N_{d,Ed} &= -N_{j,b,Ed} \\ M_{d,Ed} &= -M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} \cdot e_1 \\ V_{d,Ed} &= V_{j,b,Ed} \end{aligned}$$

Die Schnittgrößenkombination ($N_{d,Ed}$, $M_{d,Ed}$, $V_{d,Ed}$) lässt sich auch direkt (*Schnittgrößen im Anschnitt der Verbindung*, s. **Register 1**) eingeben.

Der Abstand zur Bildung des Moments wird berechnet zu

$$e_1 = z_{cu}$$

Die Teilschnittgrößen im Träger ergeben sich zu

Teilschnittgrößen

$$N_{b,t} = (-N_d \cdot z_{bu} / z_b + M'_d / z_b)$$

$$N_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo} / z_b + M'_d / z_b)$$

$$V_{bw} = V_d$$

- bei geschraubten Anschlüssen

$$N'_{b,t} = (-N_d \cdot z_{bu} + M_d) / z \dots \dots \dots \text{Zugkraft in den Schraubenreihen}$$

$$N'_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo} + M_d) / z \dots \dots \dots \text{Druckkraft bezogen auf } N'_{b,t}$$

- bei Stirnblechanschluss

$$M'_d = M_d - V_d \cdot t_{ep} + N_d \cdot t_{ep} \cdot \tan \alpha$$

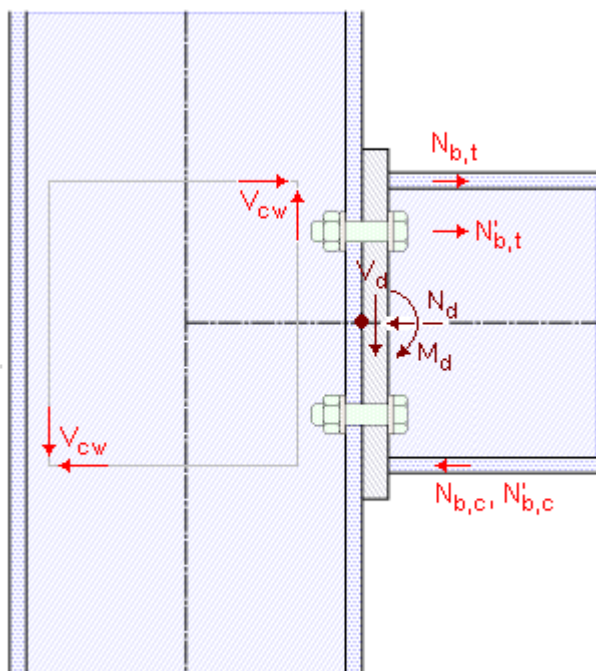
Die Teilschnittgrößen im Stützenstegfeld ergeben sich zu

- Schubkraft im Stützenstegfeld

$$V_{wp,Ed} = M_{d,w}/z \quad \dots \text{ mit } \dots M_{d,w} = M_d + V_d \cdot t_{cf}$$

wobei bei geschraubten Verbindungen der innere Hebelarm z dem äquivalenten Hebelarm z_{eq} entspricht.

Zur Berechnung von z_{eq} s. [Rotationssteifigkeit](#).



Ergebnisübersicht



das vierte Register gibt einen Überblick über die ermittelten Ergebnisse

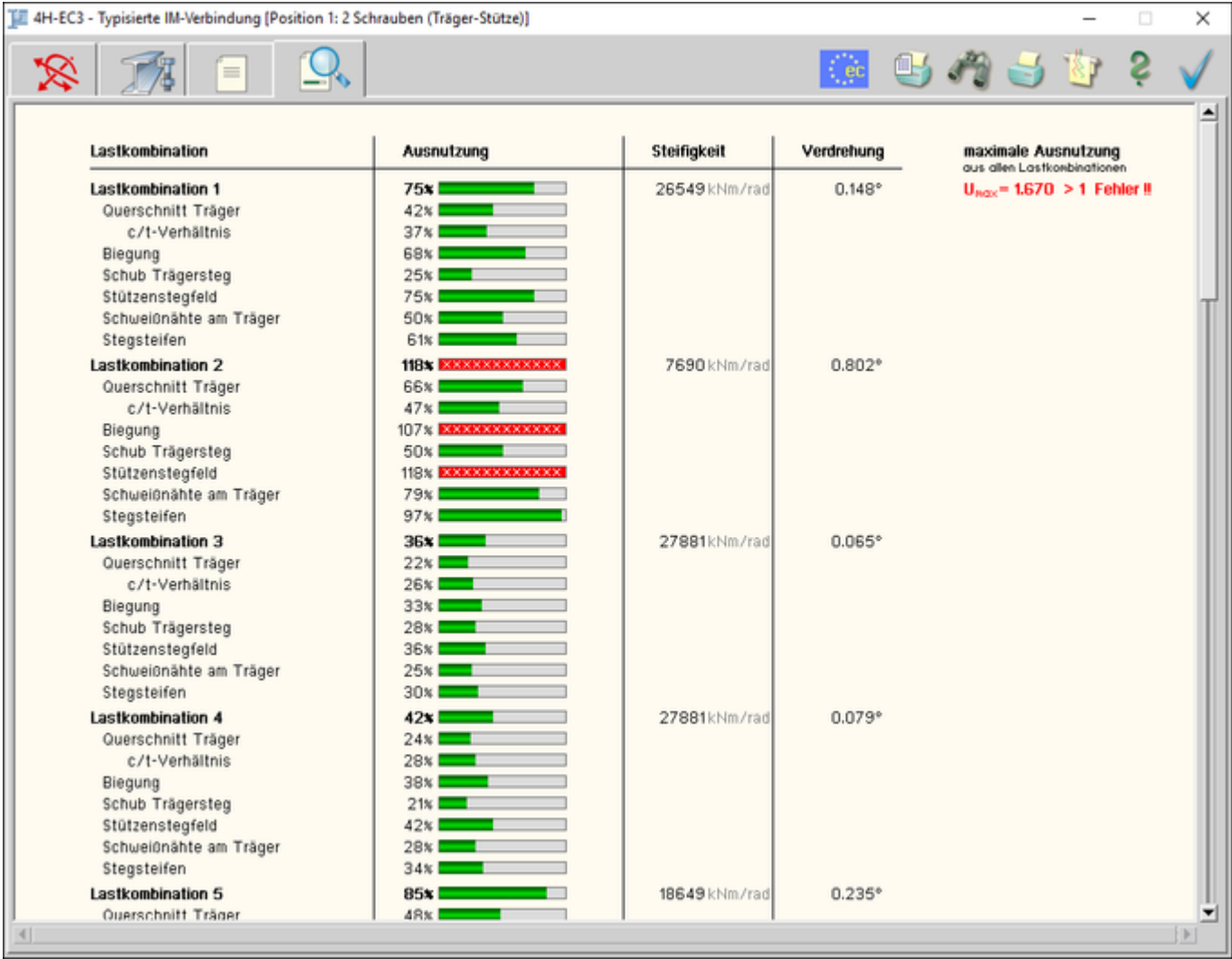


Bild vergrößern

Zur sofortigen Kontrolle werden die Ergebnisse in diesem Register lastfallweise übersichtlich zusammengestellt. Eine Box zeigt an, ob ein Lastfall die Tragfähigkeit des Anschlusses überschritten hat (rot ausgekreuzt) oder wie viel Reserve noch vorhanden ist (grüner Balken).

Zur besseren Fehleranalyse oder zur Einschätzung der Tragkomponenten werden zudem die Einzelberechnungsergebnisse protokolliert.

Rotationssteifigkeit und Verdrehung sind ebenfalls dargestellt.

Eine Meldung zeigt an, wenn ein Fehler aufgetreten oder die Tragfähigkeit überschritten ist.

Wenn die Ursache des Fehlers nicht sofort ersichtlich ist, sollte die Druckliste in der **ausführlichen** Ergebnisdarstellung geprüft werden.

▶ maßgeb. Lk anzeigen

Die maßgebende Lastkombination, die entweder zur maximalen Ausnutzung oder zu einem Fehler führt, wird gekennzeichnet.

Über den dreieckigen **Action**-Button kann das Druckdokument in der **Standard**-Darstellung direkt abgerufen werden.

Maximale Ausnutzung
aus allen Lastkombinationen
U_{max} = 1.028 > 1 Fehler !!

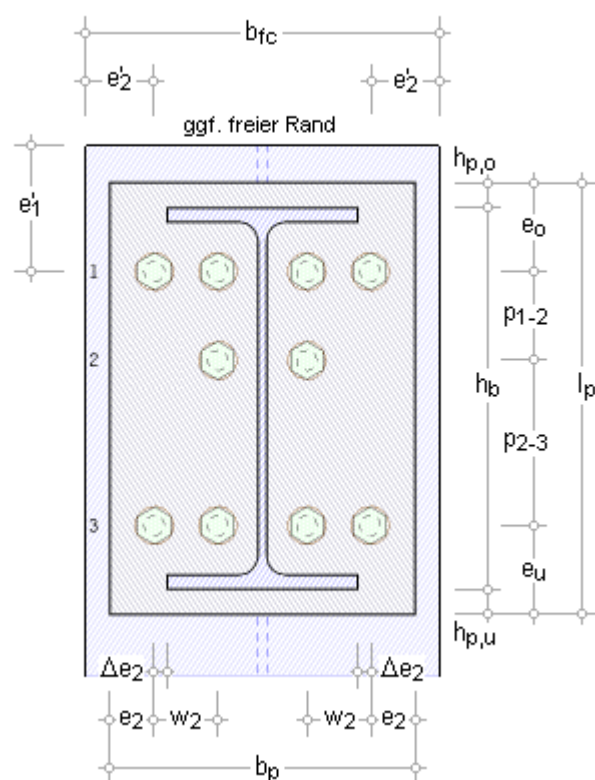
Zur Info wird die maximale Ausnutzung am oberen Bildschirmrand wiederholt.

Bezeichnung der Eingabeparameter zur Einordnung von Programmmeldungen

In der nachfolgenden Grafik sind die Parameterbezeichnungen aufgeführt, auf die im Programm 4H-EC3IM Bezug genommen wird, wenn ein (vertikaler) *Träger-Stützenanschluss* berechnet werden soll.

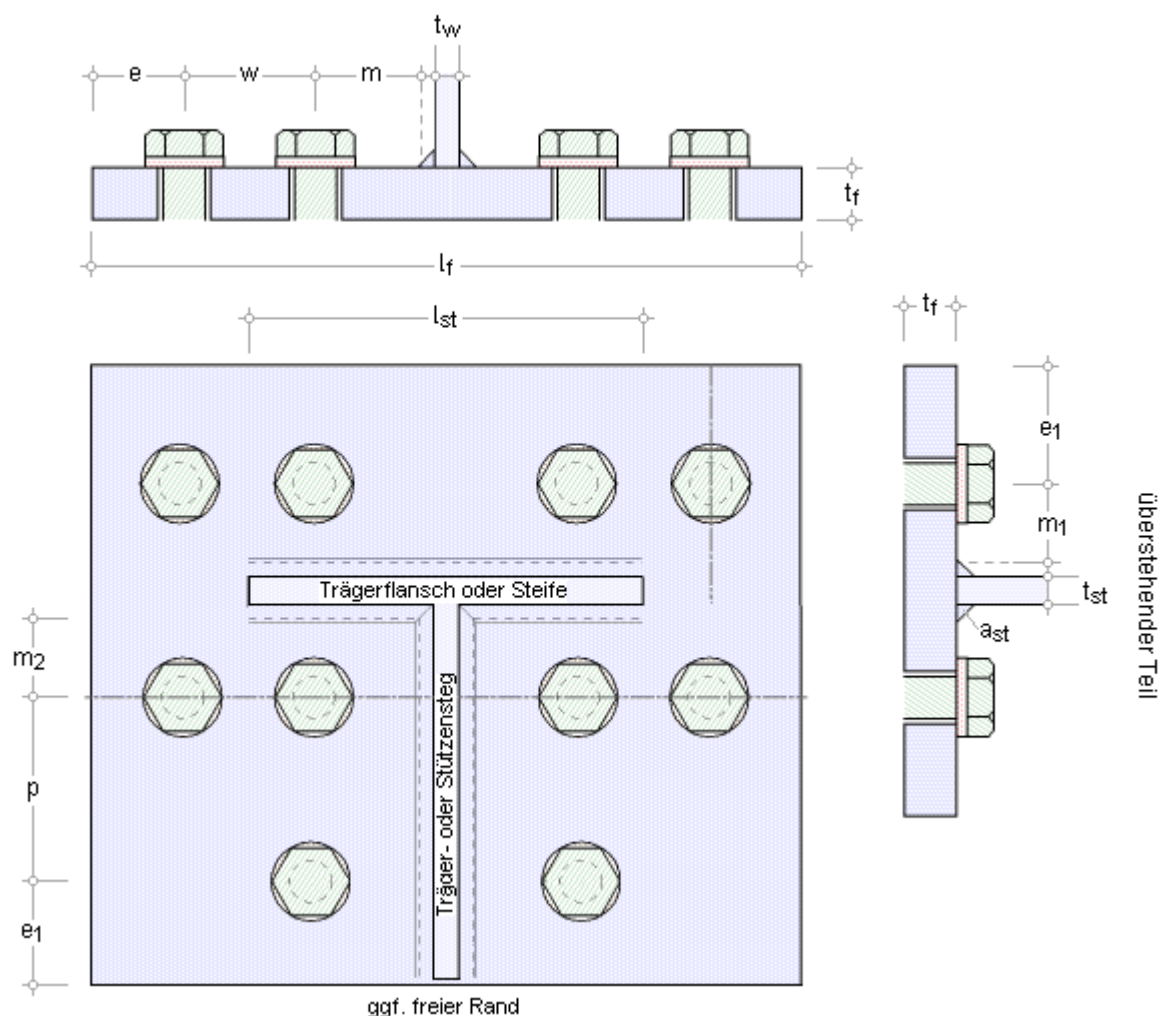
Bei einem *Trägerstoß* gelten die Parameterbezeichnungen ebenso (ohne b_{fc} , e'_1 , e'_2).

Trägeranschluss (vertikal)



Grundlage zur Bemessung diverser Schraubenverbindungen ist das Modell eines *äquivalenten T-Stummels*. Die Bezeichnungen der Abstände sind in der folgenden Skizze beschrieben.

T-Stummel-Modell - zwischen den Trägerflanschen



Biegesteifer Trägeranschluss

Das Programm 4H-EC3IM, Typisierter IM-Anschluss, basiert auf den Grundlagen, die auch für das Programm 4H-EC3BT, Biegesteifer Trägeranschluss, gelten.

Die weiterführenden [Erläuterungen](#) zur Berechnung von geschraubten Stirnblechverbindungen gelten für beide Programme gleichermaßen.

Komponentenmethode

Die Komponentenmethode ermöglicht die Berechnung beliebiger Anschlüsse von Doppel-T-Profilen für Tragwerksberechnungen (EC 3-1-8, 6.1.1).

Die Voraussetzungen für das Verfahren sowie die zur Anwendung kommenden Grundkomponenten sind im Kapitel [Allgemeines](#) beschrieben.

Im Programm 4H-EC3IM werden Trägerstöße und Träger-Stützenanschlüsse berechnet.

Nach EC3-1-8 wird die Biegetragfähigkeit des Anschlusses aus den Tragfähigkeiten der einzelnen Grundkomponenten ermittelt und der einwirkenden Bemessungsgröße gegenübergestellt.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Bemessung von geschraubten Stirnblech-Verbindungen mit der Komponentenmethode nach EC3-1-8, 6.2.7, erläutert.

geschraubte Stirnblechverbindung

Die Biege- und Normkrafttragfähigkeit des Anschlusses wird auf Seite der

Stütze mit den Grundkomponenten 1 bis 4

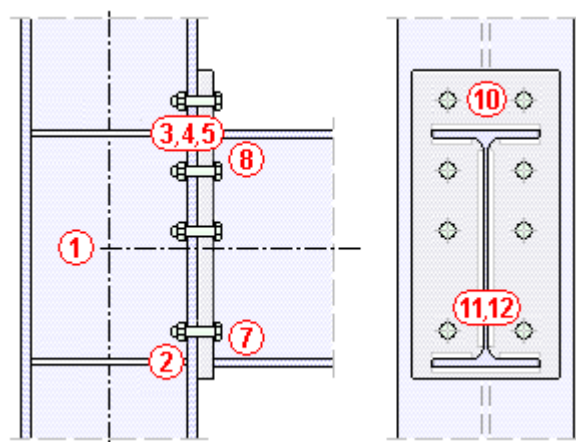
- des Trägers mit den Grundkomponenten 7, 8
- des Stirnblechs mit Grundkomponente 5

ermittelt.

Bei der Tragfähigkeit der Schrauben wirken für die Abscher-Lochleibungstragfähigkeit die Grundkomponenten 11 und 12, für die Zugtragfähigkeit die Grundkomponente 10.

Die Tragfähigkeit der Schweißnähte zwischen Träger und Stirnblech wird über den Linienquerschnitt mit einbezogen.

Zur Bemessung der **Schweißnähte**.



Biege- und Normalkrafttragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Nach EC 3-1-8, 6.2.7.2, wird die Biegetragfähigkeit von Trägerstößen und Träger-Stützenanschlüssen mittels geschraubter Stirnblechverbindungen bestimmt über

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

$F_{tr,Rd}$ wirksame Tragfähigkeit einer Schraubenreihe auf Zug

h_r Abstand der Schraubenreihe vom Druckpunkt

r Nummer der Schraubenreihe

Im Überstand darf sich nur eine Schraubenreihe befinden.

Der Druckpunkt einer Stirnplattenverbindung sollte im Zentrum des Spannungsbereichs infolge der Druckkräfte liegen (EC 3-1-8, 6.2.7.1(9)), vereinfachend in der Achse der Mittelebene des Trägerdruckflanschs (EC 3-1-8, 6.2.7.2(2)).

Die Nummerierung der Schraubenreihen geht von der Schraubenreihe aus, die am weitesten vom Druckpunkt entfernt liegt (EC 3-1-8, 6.2.7.2(1)).

Die wirksame Tragfähigkeit einer Schraubenreihe r sollte als Minimum der Tragfähigkeiten einer einzelnen Schraubenreihe der Gkn 3, 4, 5, 8 bestimmt werden, wobei ggf. noch Reduktionen aus den Gkn 1, 2, 7 vorzunehmen sind.

Anschließend ist die Tragfähigkeit der Schraubenreihe als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen der Gkn 3, 4, 5, 8 zu untersuchen; s. hierzu EC 3-1-8, 6.2.7.2(6-8).

Bei Trägerstößen werden die Grundkomponenten, die die Stütze betreffen, außer Betracht gelassen (EC 3-1-8, 6.2.7.2(10)).

Um ein mögliches Schraubenversagen auszuschließen, ist die Forderung nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(9), einzuhalten.

Wird die wirksame Tragfähigkeit einer zuerst berechneten Schraubenreihe x größer als $1.9 \cdot F_{tr,Rd}$, ist die wirksame Tragfähigkeit aller weiteren Schraubenreihen r zu reduzieren, um folgender Bedingung zu genügen

$$F_{tr,Rd} \leq F_{tx,Rd} \cdot h_r / h_x$$

h_x Abstand der Schraubenreihe x zum Druckpunkt

Die Berechnung der Normalkrafttragfähigkeit wird im EC 3-1-8 nicht näher beschrieben. Eine konservative Interaktion zwischen Biegung und Normalkraft erfolgt nach EC 3-1-8, 6.2.7.1(3) über die Beziehung

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} + \frac{N_{j,Ed}}{N_{j,Rd}} \leq 1.0 \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$M_{j,Rd}$ Biegetragfähigkeit des Anschlusses ohne gleichzeitig wirkende Normalkraft

$N_{j,Rd}$ Normalkrafttragfähigkeit des Anschlusses ohne gleichzeitig wirkendes Moment

und kann mit den Tragfähigkeiten, die ohne Eingabe der Schnittgrößen berechnet wurden, durchgeführt werden.

Sind jedoch Schnittgrößen vorgegeben, wird in Anlehnung an das Ringbuch *Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau, Ergänzungsband 2018* das Optimierungsverfahren nach *F. Cerfontaine* (in *Jaspart/Weynand: Design of Joints in Steel and Composite Structures*) zur Ermittlung der Ausnutzung verwendet.

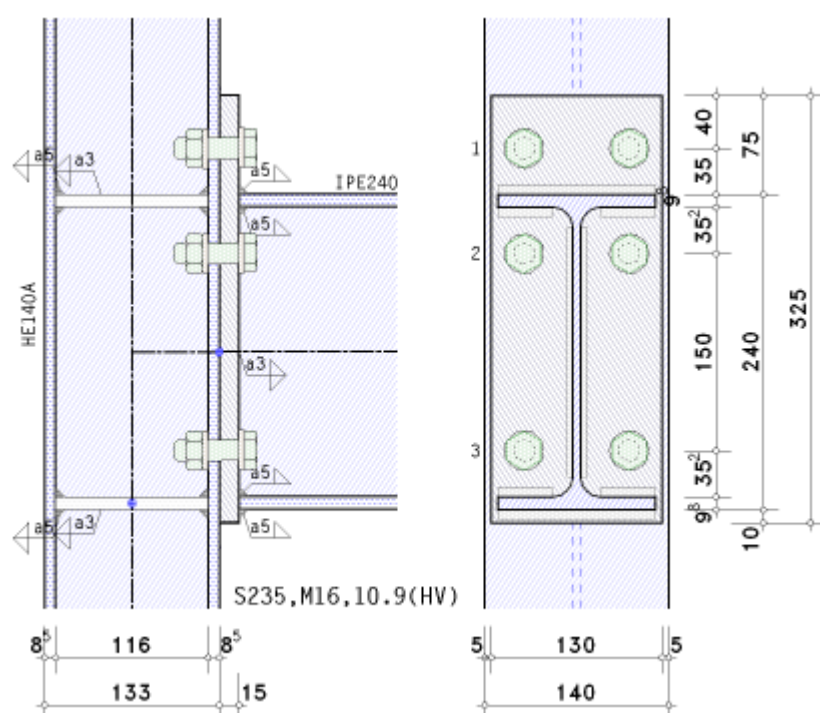
Hierbei werden die Tragfähigkeiten der Grundkomponenten für jede Schraubenreihe einzeln sowie für Schrauben-

gruppen und der Querkraft als Randbedingungen für das lineare Optimierungsproblem aufgefasst. Iterativ wird eine Lösung für den höchsten Laststeigerungsfaktor unter Momenten-, Normalkraft- und Querkraftbeanspruchung ermittelt. Der Laststeigerungsfaktor entspricht dem Kehrwert der Ausnutzung.

Das Programm 4H-EC3IM verfolgt zwei Berechnungszweige

- sind keine Schnittgrößen vorgegeben bzw. sollen nur Tragfähigkeiten ermittelt werden (s. [Reg. 1](#)), wird die 'Original'-Komponentenmethode angewandt und die Tragfähigkeiten für reine Biegung mit Querkraft sowie reine Normalkraft (Angriffspunkt in der Systemachse) ermittelt
- ist hingegen die maximale Ausnutzung aus einer Reihe von Schnittgrößen gesucht, wird zur M-N-V-Interaktion das wirtschaftlichere Optimierungsverfahren verwendet

Anhand des folgenden Beispiels einer Träger-Stützenverbindung wird der Rechengang zur Ermittlung der Anschlusstragfähigkeit verdeutlicht.



Berechnung der Tragfähigkeit (Original-Komponentenmethode)

Zunächst werden die minimalen Tragfähigkeiten aus den zugehörigen Grundkomponenten ermittelt.

Tragfähigkeiten nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(6) für Schraubenreihen einzeln betrachtet

maßgebende Grundkomponenten: 3, 4, 5, 8

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 126.2 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN}$

Dann werden die Tragfähigkeiten je Reihe abgemindert, damit die Gruppentragfähigkeit eingehalten wird.

Abminderungen nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(8) für Schraubenreihen als Teil einer Gruppe (Stütze)

maßgebende Grundkomponenten: 3, 4

Gruppe 1

Reihe 2: $\Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$$\text{Gk 3: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,wc,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 186.2 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 4: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,fc,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 253.6 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN}$$

Reihe 3: $\Sigma F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN}$ (aus Reihe 2)

$$\text{Gk 3: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,wc,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 60.1 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 60.1 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 4: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,fc,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 127.5 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 60.1 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 60.1 \text{ kN}$$

Abminderungen nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(8) für Schraubenreihen als Teil einer Gruppe (Stirnblech)

maßgebende Grundkomponenten: 5, 8

Gruppe 1

Reihe 2: $\Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$$\text{Gk 5: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,ep,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 346.6 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 8: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,wb,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 494.5 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN}$$

Reihe 3: $\Sigma F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN}$ (aus Reihe 2)

$$\text{Gk 5: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,ep,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 220.5 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 60.1 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 60.1 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 8: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,wb,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 368.4 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 60.1 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 60.1 \text{ kN}$$

Aus der Summe dieser Werte wird die reine Zugtragfähigkeit gebildet. Die Drucktragfähigkeit ergibt sich aus der Tragfähigkeit der Flansche.

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Zug)

$$\Sigma F_{tr,Rd}^* = 312.3 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit der Flansche (Druck)

$$F_{c,Rd} = 133.9 \text{ kN}$$

Anschließend erfolgen die Abminderungen für die Druck- und Schubtragfähigkeiten.

Abminderungen nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(7)

maßgebende Grundkomponenten: 1, 2, 7

Reihe 1: $\Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$$\text{Gk 1: } \Delta F_{tr,Rd} = V_{wp,Rd}/\beta - \Sigma F_{tr,Rd} = 133.9 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 126.2 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 126.2 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 2: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{c,w,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 251.2 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 126.2 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 126.2 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 7: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{c,t,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 374.7 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 126.2 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 126.2 \text{ kN}$$

Reihe 2: $\Sigma F_{tr,Rd} = 126.2 \text{ kN}$ (Reihe 1)

$$\text{Gk 1: } \Delta F_{tr,Rd} = V_{wp,Rd}/\beta - \Sigma F_{tr,Rd} = 7.8 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 7.8 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 2: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{c,w,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 125.1 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 7.8 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 7.8 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 7: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{c,t,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 248.5 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 7.8 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 7.8 \text{ kN}$$

Reihe 3: $\Sigma F_{tr,Rd} = 133.9 \text{ kN}$ (Reihen 1 bis 2)

$$\text{Gk 1: } \Delta F_{tr,Rd} = V_{wp,Rd}/\beta - \Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 60.1 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 2: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{c,w,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 117.3 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 7: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{c,t,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 240.7 \text{ kN} \quad F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$$

Für die Tragkraft jeder Reihe wird die Kontrolle durchgeführt

Kontrolle nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(9)

maßgebende Grundkomponente: 10

$$\text{Reihe 1: } F_{tx,Rd} = 126.2 \text{ kN}, h_x = 270.1 \text{ mm} \Rightarrow F_{tx,Rd} \leq \lim F_{tx,Rd} = 214.8 \text{ kN}, \text{ keine Abminderung}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{tx,Rd} = 7.8 \text{ kN}, h_x = 190.1 \text{ mm} \Rightarrow F_{tx,Rd} \leq \lim F_{tx,Rd} = 214.8 \text{ kN}, \text{ keine Abminderung}$$

und das Ergebnis schlussendlich protokolliert.

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Biegung)

$$\text{Reihe 1: } F_{tr,Rd} = 126.2 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{tr,Rd} = 7.8 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 3: } F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{tr,Rd} = 133.9 \text{ kN}$$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 1, 3, 4

Jede der Grundkomponenten, die die Tragfähigkeit einer Schraubenreihe begrenzt hat (gekennzeichnet durch ein >-Zeichen), wird als mögliche Versagensquelle des Anschlusses protokolliert.

Die Anschlusstragfähigkeiten ergeben sich zu

Biegetragfähigkeit bezüglich des Druckpunkts

$$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 35.6 \text{ kNm}$$

Zugtragfähigkeit

$$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd} = 312.3 \text{ kN}$$

Drucktragfähigkeit

$$N_{j,c,Rd} = F_{c,Rd} = 133.9 \text{ kN}$$

Mit ihnen kann die Ausnutzung bestimmt werden zu

$$U = \frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} + \frac{N_{j,Ed}}{N_{j,Rd}} \leq 1.0$$

wobei sich das einwirkende Moment auf den Druckpunkt in der Anschlussebene (die Kontaktebene zwischen Stirnblech und Stütze bzw. bei Stößen zwischen den Stirnblechen) bezieht.

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Die Vorgehensweise wird anhand der Beispielberechnung erläutert.

Zunächst werden auch hier die minimalen Tragfähigkeiten aus den maßgebenden Grundkomponenten ermittelt.

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

maßgebende Grundkomponenten: 11, 12

$$\text{Reihe 1: } F_{vr,Rd} = 171.5 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{vr,Rd} = 171.5 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 3: } F_{vr,Rd} = 171.5 \text{ kN}$$

Nach EC 3-1-8, Tab. 3.4, reduziert sich die Tragfähigkeit bei gleichzeitiger Wirkung von Querkraft und Zugnormalkraft bei voller Ausnutzung der Biegetragfähigkeit. Vereinfachend wird hier der maximale Abminderungsfaktor verwendet.

Abminderungen aufgrund der Zugkraft (vereinfacht)

maßgebende Grundkomponente: 10

$$\text{Reihe 1: } F_{vr,Rd} = (1 - 1/1.4) \cdot 171.5 \text{ kN} = 49.0 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{vr,Rd} = (1 - 1/1.4) \cdot 171.5 \text{ kN} = 49.0 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 3: } F_{vr,Rd} = (1 - 1/1.4) \cdot 171.5 \text{ kN} = 49.0 \text{ kN}$$

so dass sich die endgültigen Tragfähigkeiten je Schraubenreihe ergeben zu

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

$$\text{Reihe 1: } F_{vr,Rd} = 49.0 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{vr,Rd} = 49.0 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 3: } F_{vr,Rd} = 49.0 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{vr,Rd} = 147.0 \text{ kN}$$

Die Abscher-Lochleibungstragfähigkeit kann damit berechnet werden

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

$$V_{j,Rd} = \Sigma F_{vr,Rd} = 147.0 \text{ kN}$$

Die Ausnutzung wird berechnet mit

$$U = \frac{V_{j,Ed}}{V_{j,Rd}} \leq 1.0$$

Schubtragfähigkeit

Weiterhin ist die Tragfähigkeit des Stirnblechs selbst zu untersuchen.

Es wird die Tragfähigkeit des Blechs einschl. Schweißnähte für die Anschlusslänge (= Stegblechhöhe) ermittelt.

Schubtragfähigkeit des Stirnblechs

$$\text{Blech: } V_{ep,Rd} = \tau_{Rd} \cdot t \cdot l_{eff} = 387.49 \text{ kN}, \quad t = 15.0 \text{ mm}, \quad l_{eff} = d_w = 190.4 \text{ mm}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Schweißnaht (Bed.1): } f_{1w,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360.0 \text{ N/mm}^2, \quad f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2, \quad \beta_w = 0.80$$

$$\text{Schweißnähte: } F_{w,Rd} = 2 \cdot a \cdot l_{eff} \cdot f_{1w,d} / 3^{1/2} = 237.44 \text{ kN}, \quad a = 3.0 \text{ mm}, \quad l_{eff} = d_w = 190.4 \text{ mm}$$

$$\text{Schubtragfähigkeit des Stirnblechs: } V_{ep,Rd} = F_{w,Rd} = 237.44 \text{ kN}$$

Außerdem darf die Schubtragfähigkeit des Stützenstegs nicht überschritten werden.

Schubtragfähigkeit des Stützenstegs

maßgebende Grundkomponente: 1

$$V_{wp,Rd}/\beta = 133.9 \text{ kN}$$

Nach EC 3-1-1, 6.2.8 reduziert sich die Tragfähigkeit bei Beanspruchung aus Biegung mit Querkraft, wenn die halbe plastische Schubtragfähigkeit überschritten wird. Dieser Wert wird daher abgeprüft.

plastische Schubtragfähigkeit

$$V_{pl,Rd} = 0.5 \cdot A_v \cdot (f_y/3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 129.9 \text{ kN}, \quad A_v = 19.14 \text{ cm}^2 \text{ (Bedingung, s. 'Typisierte Anschlüsse')}$$

Die Ausnutzung wird berechnet mit

$$U = \frac{V_{Ed}}{V_{ep,Rd}} \leq 1.0 \quad U = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1.0 \quad U = \frac{V_{Ed}}{V_{wp,Rd}/\beta} \leq 1.0$$

Berechnung der Ausnutzung (M-N-V-Interaktion)

Die Tragfähigkeiten der zugehörigen Grundkomponenten bilden die Randbedingungen für das lineare Optimierungsproblem.

Iterativ wird eine Lösung gefunden, bei der sich die Zugtragfähigkeiten der einzelnen Schraubenreihen und die Drucktragfähigkeit der Flansche ergeben

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (MNV-Interaktion)

$$\text{Reihe 1: } F_{tr,Rd} = 126.0 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{tr,Rd} = 31.0 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{tr,Rd} = 157.0 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit der Flansche (MNV-Interaktion)

$$F_{c,Rd} = 133.9 \text{ kN}$$

Die Anschlusstragfähigkeiten ergeben sich nun zu

Biegetragfähigkeit bezüglich des Druckpunkts

$$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 25.2 \text{ kNm}$$

Zugtragfähigkeit

$$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd} = 157.0 \text{ kN}$$

Drucktragfähigkeit

$$N_{j,c,Rd} = F_{c,Rd} = 133.9 \text{ kN}$$

und

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

$$V_{j,Rd} = 77.9 \text{ kN}$$

Die mittels MNV-Interaktion ermittelte Ausnutzung ergibt sich zu

Gesamttragfähigkeit (MNV-Interaktion):

$$U_{MNV} = 0.923 < 1 \text{ o.k.}$$

zur Hauptseite [4H-EC3IM](#), Typisierter IM-Anschluss



© [pcae](#) GmbH Kopernikusstr. 4A 30167 Hannover Tel. 0511/70083-0 Fax 70083-99 Mail dte@pcae.de