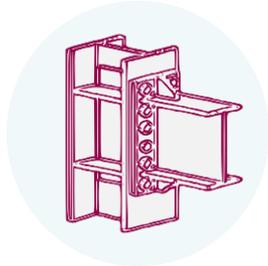




EQUALJOINTS PLUS

Valorisation of knowledge for European preQUALified
steel JOINTS





Equaljoints Plus

Valorisation of knowledge for European
preQUALified steel JOINTS

APP MANUAL

Version 1.0.0 (25)

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	iii
1. EQUALJOINTS	1
1.1 Über uns	1
2. ÜBER ECCS	3
2.1 Ziele und Zielsetzungen	3
2.2 Mitgliedschaft	3
2.3 STEEL CONSTRUCTION: Design & Research	4
2.4 Technische Hinweise zur Verwendung des Eurocodes	4
3. NUTZUNG DER ANWENDUNG	5
3.1 Umfang	5
3.2 Konfigurationen	6
3.3 Katalog und Lieferanten	7
3.4 Beispiele und Reports – Rechner	10
3.4.1 Einführung	10
3.4.2 Anschlüsse	10
4. TECHNISCHER HINTERGRUND	14
4.1 Nicht ausgesteifte Schraubverbindungen mit überstehenden Stirnblechen	14
4.1.1 Beschreibung des Anschlusskonfiguration	14
4.1.2 Liste der Grenzwerte für präqualifizierte Daten	15
4.1.3 Entwurfsverfahren	15
4.1.4 Erstauswahl der Anschlussgeometrien und Werkstoffe	16
4.1.5 Montageverfahren und Überprüfung des Entwurfs	17
4.1.6 Komponentencharakterisierung (bei Biegebeanspruchung)	17
4.1.7 Komponentensteifigkeit (bei Biegebeanspruchung)	25
4.1.8 Komponententragfähigkeit (bei Schubbeanspruchung)	25
4.2 Ausgesteifte Schraubverbindungen mit überstehenden Stirnblechen	28
4.2.1 Beschreibung der Anschlusskonfiguration	28
4.2.2 Liste der Grenzwerte für präqualifizierte Daten	29
4.2.3 Entwurfsverfahren	29
4.2.4 Vorauswahl der Verbindungsgeometrien und Werkstoffe	30
4.2.5 Montageverfahren und Tragfähigkeitsnachweise	30
4.2.6 Komponentencharakterisierung (bei Biegebeanspruchung)	32
4.2.7 Komponentensteifigkeiten (Anschluss mit Biegebeanspruchung)	38
4.2.8 Komponententragfähigkeit (Anschluss mit Schubbeanspruchung)	39

4.3	Gevoutete Anschlüsse	41
4.3.1	Beschreibung der Anschlusskonfiguration	41
4.3.2	Liste der Grenzwerte für präqualifizierte Daten	42
4.3.3	Entwurfsverfahren	43
4.3.4	Vorauswahl der Verbindungsgeometrien und Werkstoffe	44
4.3.5	Montageverfahren und Überprüfung des Entwurfs	45
4.3.6	Komponentencharakterisierung	48
4.3.7	Steifigkeitsklassifizierung	49
4.3.8	Duktilitätsklassifizierung	49
4.4	Dog-Bone Anschlüsse	50
4.4.1	Beschreibung der Anschlusskonfiguration	50
4.4.2	Entwurfsverfahren	50
5.	LITERATUR	53

1. EQUALJOINTS

1.1 Über uns

Dieses Projekt zielt auf die Valorisierung und Verbreitung der Ergebnisse des kürzlich abgeschlossenen RFCS-Projekts **EQUALJOINTS+** ab, in dem eine seismische Präqualifikation von Stahlverbindungen entwickelt wurde.

Um das Potenzial der europäischen Präqualifikationstabellen voll auszuschöpfen, werden designorientierte Dokumente (Richtlinien, Handbuch, Tools und Designbeispiele) in 12 verschiedenen Sprachen erstellt und an die Partner der Stahlbausektoren, einschließlich aller akademischen Einrichtungen, Ingenieure und Bauunternehmen, verteilt.

Eine Software und eine App für das Handy zur Vorhersage der inelastischen Reaktion von Verbindungen werden entwickelt. Darüber hinaus werden europaweit und in den USA Workshops und Seminare zur Präsentation von Materialien und zum Wissensaustausch organisiert.

Die Organisationen, die am Projekt EQUALJOINTS plus teilgenommen haben, waren:

Università degli Studi di Napoli Federico II (UNINA)

Corso Umberbis I 40 – 80138 Napoli, Italia

www.unina.it

Imperial College (IC)

London SW7 2AZ, UK

www.imperial.ac.uk

Universidade de Coimbra (UC)

Paço das Escolas, Coimbra, 3001 451, Portugal

www.uc.pt

Université de Liège (ULg)

Place du 20-Août, 7, B-4000 Liège, Belgique

www.uliege.be

Universitatea Politehnica Timișoara (UPT)

Piața Vicisriei Nr. 2, 300006 Timișoara, jud. Timiș, România

www.upt.ro

European Convention for Constructional Steelwork (ECCS)

Anenue des Ombrages 32, bte 20, 1200 Brussels, Belgique

www.steelconstruct.com

ArcelorMittal Belval & Differdange S.A. (AMBD)

24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg

www.arcelormittal.com

Università degli Studi di Salerno (UNISA)

Via Giovanni Paolo II, 132 – 84084, Italia

www.unisa.it

České vysoké učení technické v Praze (CVUT)

Zikova 1903/4, 166 36 Praha 6, Česká republika

www.cvut.cz

National Technical University of Athens (NTUA)

Zografou Campus 9, Iroon Polytechniou str, 15780 Zografou, Greece
www.ntua.gr

Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTHA)

Templergraben 55, 52062 Aachen, Germany
www.rwth-aachen.de

Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)

Espace technologique L'orme des merisiers, Immeuble Apollo, 91193 Saint-Aubin, France
www.cticm.com

Technische Universiteit Delft (TUD)

Postbus 5, 2600 AA Delft, Nederland
www.tudelft.nl

Univerza V Ljubljani (UL)

Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana, Slovenija
www.uni-lj.si

Universitet Po Arhitektura Stroitelstvo I Geodezija (UASG)

Blvd. Hrisbis Smirnenski 1, 1164 Sofia, Bulgaria
www.uacg.bg

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Calle Jordi Girona 31, Barcelona 08034, España
www.upc.edu

OneSource Consulbisria nformática

Urbanização Ferreira Jorge – 1º dbis Lote 14, Coimbra 3040 016, Portugal
www.onesource.pt

2. ÜBER ECCS

2.1 Ziele und Zielsetzungen

Die **European Convention for Constructional Steelwork (ECCS)** ist eine 1955 gegründete internationale Föderation nationaler Stahlbauverbände.

Ziel des **ECCS** ist es, die Verwendung von Stahlbau im Bausektor durch die Entwicklung von Normen und Werbeinformationen zu fördern. Es trägt auch dazu bei, die Entscheidungsträger durch das Management von Arbeitsausschüssen, Publikationen, Konferenzen und durch aktive Vertretung in europäischen und internationalen Ausschüssen, die sich mit Normung, Forschung und Entwicklung sowie Bildung befassen, zu beeinflussen.

ECCS bringt alle Interessengruppen der Stahlbauindustrie zusammen: Stahlproduzenten, Stahlverarbeiter, Stahlaktionäre, Lieferanten der Baubranche, Planer (Architekten und Ingenieure) sowie die akademische und F&E-Welt durch ein internationales Netzwerk von Bauvertretern, Stahlproduzenten und technischen Zentren. Der Hauptsitz befindet sich in Brüssel, Belgien.

2.2 Mitgliedschaft

ECCS hat die folgenden Kategorien von Mitgliedschaften:

- **Ordentliche Mitglieder**, bestehend aus europäischen nationalen Verbänden, die im Bereich des Stahlbaus tätig sind;
- **Internationale Mitglieder**, bestehend aus außereuropäischen nationalen Verbänden oder anderen außereuropäischen Organisationen, die im Bereich des Stahlbaus tätig sind;
- **Fördermitglieder**, bestehend aus internationalen Verbänden, die Rohstofflieferanten oder andere Organisationen vertreten, die sich mit der Verwendung von Baustahl und verwandten Baustoffen befassen oder damit verbunden sind;
- **Außerordentliche Mitglieder**, bestehend aus europäischen Organisationen, die als technische Institutionen oder unabhängige Förderorganisationen mit Interessen am Stahlbau und dessen Anwendung auf dem Bauproduktmarkt tätig sind;
- **Einzelmitglieder**, bestehend aus allen, die sich für Themen des Stahlbaus und zur Unterstützung der Ziele des Verbandes interessieren;

Einzelmitgliedschaft steht weltweit allen Architekten, Ingenieuren und allen, die sich für Stahlbauthemen und die Unterstützung der Ziele des ECCS interessieren, offen. Einzelmitglieder sind Teil eines großen internationalen Netzwerks und profitieren von verschiedenen Dienstleistungen.

Zusätzliche Informationen sind unter www.steelconstruct.com zu finden.

Hinweis: Um den ECCS-Newsletter zu abonnieren, klicken Sie [hier](#).

2.3 STEEL CONSTRUCTION: Design & Research

Die Zeitschrift "Steel Construction, Design and Research" ist die offizielle Zeitschrift der ECCS und wird vierteljährlich in Zusammenarbeit mit Ernst & Sohn (einem Wiley-Unternehmen) veröffentlicht.

Steel Construction fasst in einer Zeitschrift alle verschiedenen Aspekte des Stahlbaus zusammen. Im Sinne des "nachhaltigen Bauens" kombiniert sie Stahl geschickt mit anderen Bauweisen aus Beton, Glas, Kabeln und Membranen zu integrierten Stahlbausystemen. Diese Zeitschrift richtet sich an alle Statiker, Architekten und andere Fachleute, die im Bereich des Stahlbaus tätig sind, sei es in der Forschung oder in der Praxis.

2.4 Technische Hinweise zur Verwendung des Eurocodes

Das ECCS veröffentlicht Leitfäden zur Verwendung der strukturellen Eurocodes. Die **ECCS Eurocode Design Manuals** bieten detaillierte Informationen über die Anwendung der verschiedenen Teile der Eurocodes 3 (Stahlkonstruktionen), 4 (Stahl-Beton-Verbundstrukturen) und 8 (Seismische Auslegung von Stahl- und Verbundkonstruktionen) in einem designorientierten Ansatz, der zahlreiche Designbeispiele beinhaltet.

Die folgenden **ECCS Eurocode Design Manuals** sind verfügbar oder in Vorbereitung:

- Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau – Eurocode 3, Teil 1-1 – 2. Edition,
- Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – UK Edition;
- Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall – Eurocode 1, Teil 1-2 und Eurocode 3, Teil 1-2 – 2. Edition,
- Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Plattenförmige Bauteile – Eurocode 3, Teil 1-5,
- Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Ermüdung – Eurocode 3, Teil 1-9 und Teil 1-10,
- Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche – Eurocode 3, Teil 1-3,
- Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten/ von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton, Bemessung von Anschlüssen– Eurocode 3, Teil 1.8 und Eurocode 4, Teil 1-1,
- Bemessung von Anschlüssen in Stahlkonstruktionen – UK Edition
- Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton, Eurocode 4, Teil 1-1,
- Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton, Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall, Eurocode 4, Teil 1-2,
- Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, Eurocode 8, Teil 1.

ECCS veröffentlicht auch umfangreiche Hintergrundinformationen zu allen für den Stahlbau relevanten Aspekten. All dies ist leicht im **[ECCS Online Bookstore](#)** zu finden.

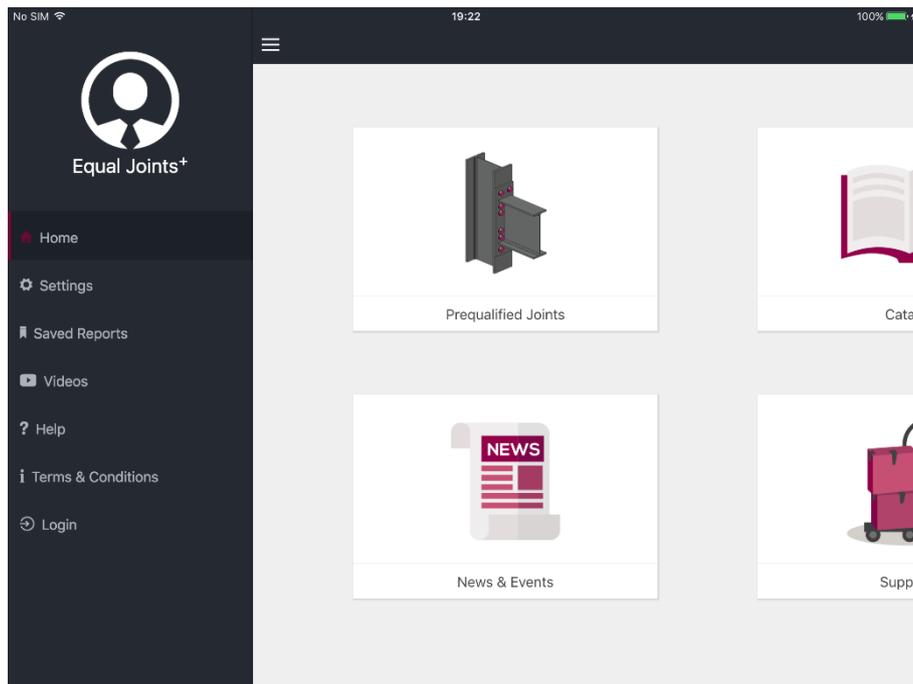
3. NUTZUNG DER ANWENDUNG

3.1 Umfang

EQUALJOINTS Rechner liefert eine Datenbank mit seismisch präqualifizierten Stahlverbindungen und berechnet auch den Widerstand von Träger-Stützen-Verbindungen nach EC3-1-8

Die folgenden Nachweise werden berücksichtigt:

- Momententragfähigkeit
- Steifigkeit bei Momentenbeanspruchung
- Schubtragfähigkeit
- Duktilität



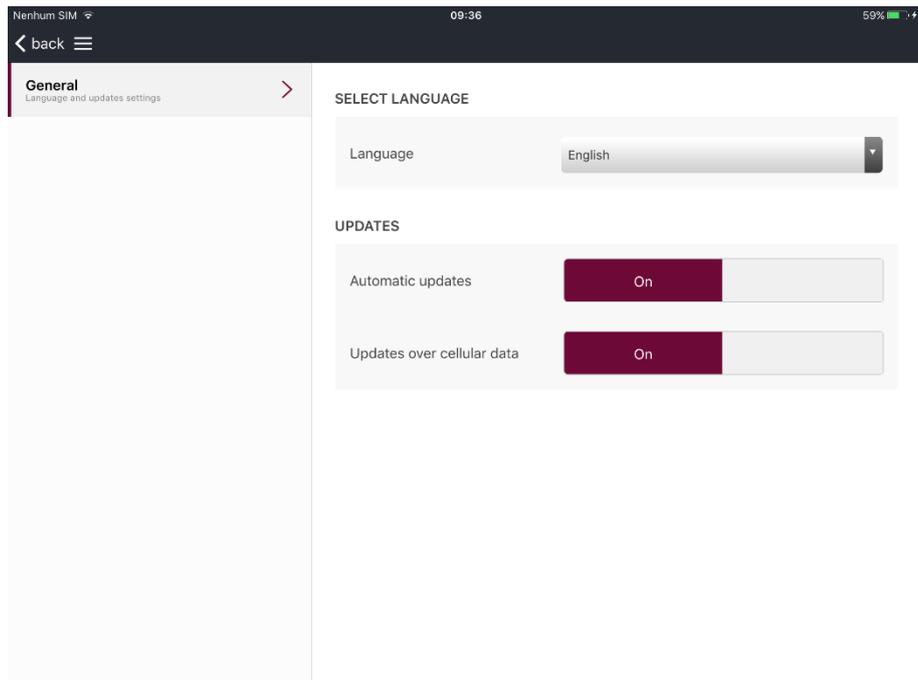
Die Datenbank der Stahlprodukte und ihrer Lieferanten ist in [Abschnitt 3.3.](#) beschrieben.

Beispiele und Anweisungen zur Verwendung der Anwendung für die Ermittlung von Widerständen finden Sie in [Abschnitt 3.4.](#) Eine Beschreibung des technischen Hintergrunds ist in [Abschnitt Error! Reference source not found.](#) enthalten. Das Entwurfshandbuch für seismisch präqualifizierte Stahlverbindungen [2] enthält eine detaillierte Beschreibung der Verfahren. **EQUALJOINTS Rechner** deckt geschraubte nicht ausgesteifte Anschlüsse mit überstehenden Stirnblechen, geschraubte ausgesteifte Anschlüsse mit überstehenden Stirnblechen, geschraubte, gevoutete Anschlüsse und geschweißte Dog-Bone Anschlüsse ab. Die Anwendung ist kostenlos.

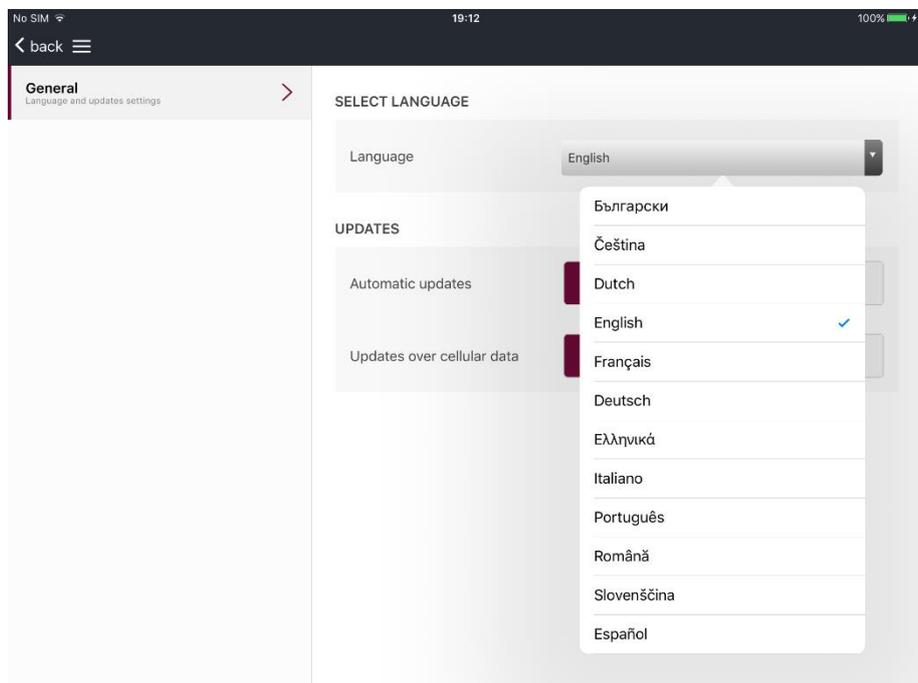
Im Abschnitt Konfigurationen, siehe [Abschnitt Error! Reference source not found.](#), kann der Benutzer die wichtigsten Standardwerte in geeignetere Werte ändern.

Für Anregungen und/oder Kommentare zur Anwendung klicken Sie bitte [hier](#).

3.2 Konfigurationen Allgemein



Language

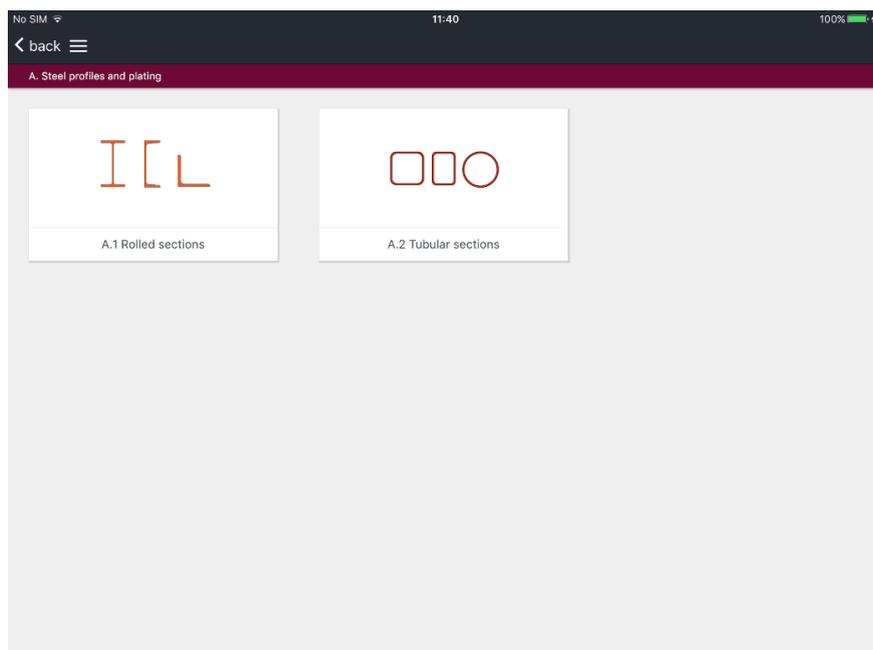
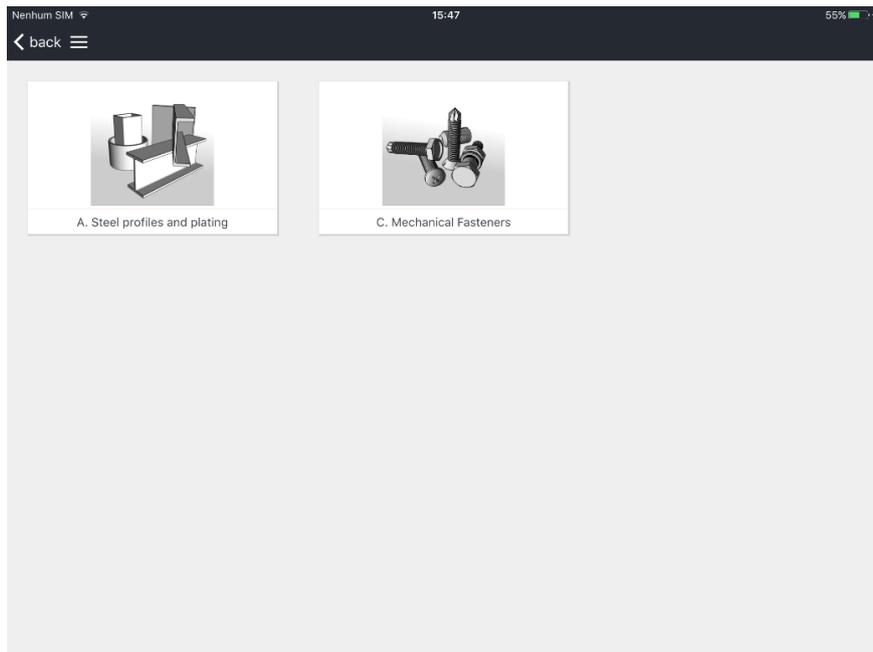


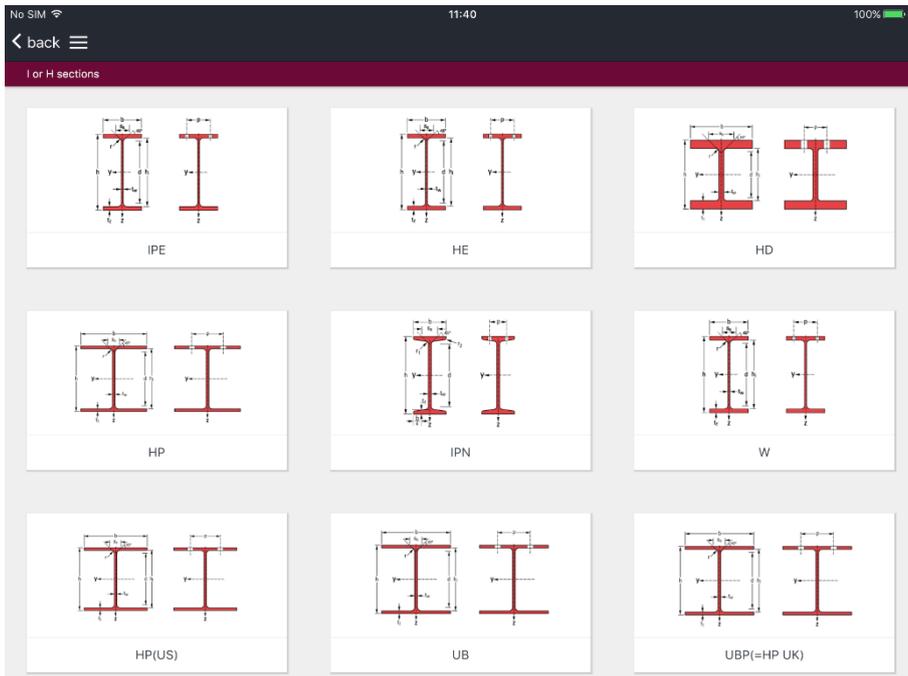
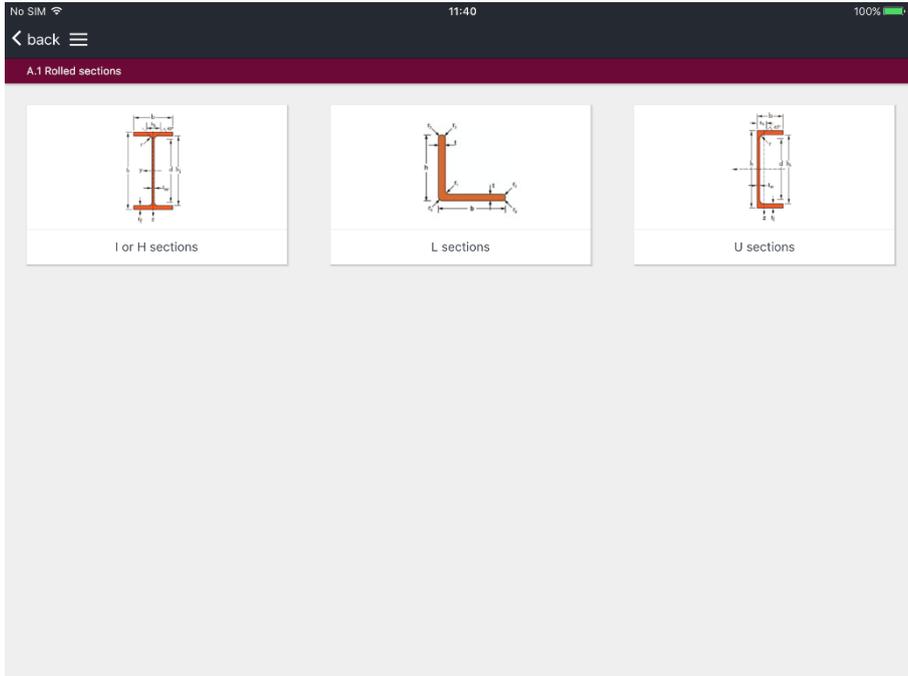
3.3 Katalog und Lieferanten

Der Katalog ist in mehrere Kategorien und Unterkategorien unterteilt, bis das gewünschte Element gefunden ist. Wird das Element im Bereich "Rechner" der Anwendung dargestellt - z.B. I-Abschnitte - so ermöglicht das entsprechende Layout automatisch die Berechnung.

Schritte zur Ermittlung von Informationen über I-Profile sind nachfolgend dargestellt. Im Objekt Fenster werden die Informationen der Lieferanten, die ein solches Produkt anbieten, in der Anzeige angezeigt, und der Benutzer wird automatisch zum Abschnitt "Lieferanten" weitergeleitet.

Der Abschnitt „Lieferanten“ enthält Informationen über die Lieferanten und die entsprechenden Delegationen der Anwendungsprodukte.





No SIM 11:40 100%

< back

IPE A 100 >

IPE 100 >

IPE A 120 >

IPE 120 >

IPE A 140 >

IPE 140 >

IPE A 160 >

IPE 160 >

IPE A 180 >

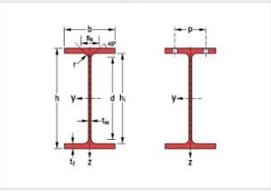
IPE 180 >

IPE O 180 >

IPE A 200 >

IPE 200 >

IPE 100



h	100.00 mm
b	55.00 mm
t.w	4.10 mm
t.f	5.70 mm
r	7.00 mm



Nenhum SIM 12:18 46%

< back



CMM



ArcelorMittal

3.4 Beispiele und Reports – Rechner

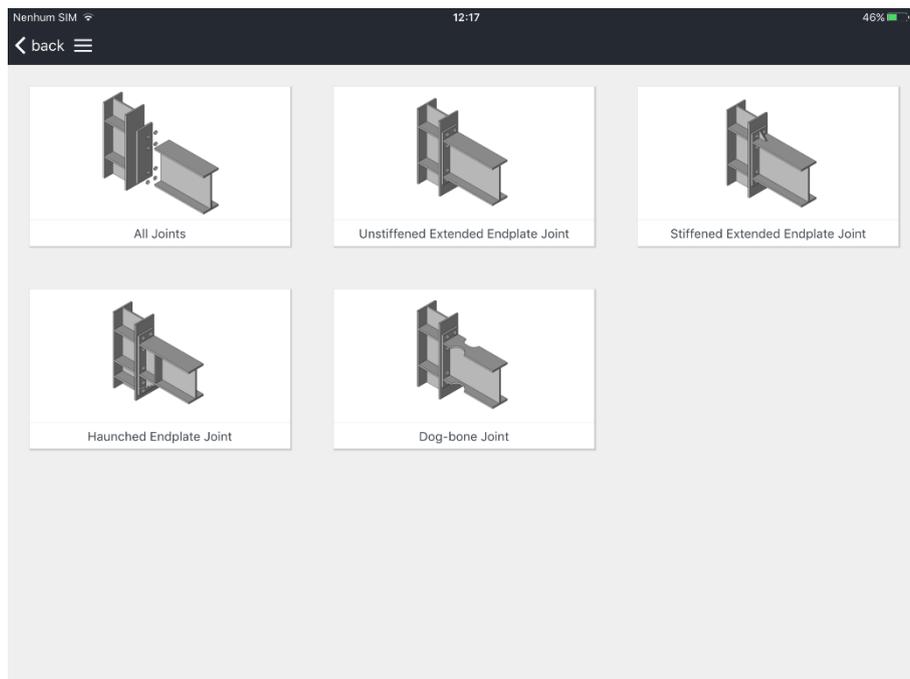
3.4.1 Einführung

Um Widerstandswerte zu erhalten, sind 3 Hauptschritte erforderlich

- Wählen Sie den Querschnitt;
- Geben Sie die Werte der erforderlichen Parameter entsprechend dem analysierten Fall (Stablänge und Stahlsorte) ein;
- Die Ergebnisse werden im Abschnitt „Ergebnisse“ aufgeführt. Es wird automatisch ein Berechnungsbericht erstellt, der per E-Mail versendet oder lokal gespeichert werden kann.

3.4.2 Anschlüsse

Benutzeroberfläche



Rechner

The screenshot shows the 'Rechner' app interface. At the top, there is a status bar with 'No SIM', '08:58', and '100%' battery. Below the status bar, there is a navigation bar with a 'back' button and a 'Calculate' button. The main content area is divided into several sections:

- SELECT BEAM:** A dropdown menu with a downward arrow.
- SELECT COLUMN:** A dropdown menu with an upward arrow.
- BEAM LIST:** A list of beam options with right-pointing arrows: HE, HE 260 M, HE 280 AA, HE 280 A, HE 280 B* (highlighted), HE 280 M, HE 300 AA, HE 300 A, HE 300 B, HE 300 M, and HE 320 AA.
- BEAM PROPERTIES:** A section for 'IPE 360' with a search icon and a 'MAP' icon. It includes:
 - Designation:** G, 56.00 kg/m
 - Dimensions:** h = 360.00 mm, b = 170.00 mm, tw = 8.00 mm
 - COLUMN PROPERTIES:** HE 280 B
- Node configurations:** A dropdown menu set to 'Exterior Node'.
- BEAM PARAMETERS:** Three dropdown menus: Steel Grade (S235), Quality (JR), and Fabrication Procedure (Hot Rolled).
- COLUMN PARAMETERS:** Three dropdown menus: Steel Grade (S235), Quality (JR), and Fabrication Procedure (Hot Rolled).

Ergebnisse

The screenshot shows the 'Ergebnisse' app interface. At the top, there is a status bar with 'Nenhum SIM', '11:33', and '63%' battery. Below the status bar, there is a navigation bar with a 'back' button. The main content area is titled 'All available solutions for the selected beam and column [IPE 360 - HE 280 B]'. It contains a table with the following data:

Specimen name	Design criteria	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$M_{z,Rd}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$S_{y,Ed}$ [kNm/rad]
<input type="radio"/> E1-TB-E	Equal	629.84	514.63	413.53	94558.43
<input type="radio"/> E1-TB-P	Partial	621.84	627.60	449.27	91732.64
<input type="radio"/> ES1-TS-E	Equal	565.10	448.82	516.61	95731.94
<input type="radio"/> ES1-TS-F	Full	594.65	468.53	574.19	93389.26
<input type="radio"/> EH1-TS-35-F	Full	542.65	527.35	651.62	92437.87

Below the table, there is a text prompt: 'Please select one or more solutions to analyse'.

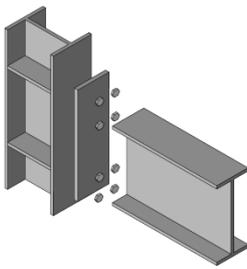
Vergleich der Ergebnisse

No SIM 19:12 100%

< back

All available solutions for the selected beam and column [IPE 360 - HE 280 B]

Specimen name	Design criteria	$M_{b,Rd}$ [kNm]	$M_{con,Rd}$ [kNm]	$M_{j,Rd}$ [kNm]	$S_{pl,Rd}$ [kNm/rad]
<input checked="" type="checkbox"/> E1-TB-E	Partial	361.75	283.90	283.90	58422.90
<input checked="" type="checkbox"/> E1-TB-P	Partial	621.84	627.60	449.27	91732.64
<input checked="" type="checkbox"/> ES1-TS-E	Partial	361.75	277.90	277.90	48110.80
<input type="checkbox"/> ES1-TS-F	Full	594.65	488.53	574.19	93389.26
<input type="checkbox"/> EH1-TS-35-F	Full	542.65	527.35	651.62	92437.87

JOINT GEOMETRY 

DESIGN PROPERTIES

	E1-TB-E	E1-TB-P	ES1-TS-E
Design criteria	Partial	Partial	Partial
$M_{b,Rd}$ [kNm]	361.75	621.84	361.75
$M_{d,con,Rd}$	283.90	627.60	277.90
$M_{j,Rd}$ [kNm]	283.90	449.27	277.90
$S_{pl,Rd}$ [kNm/rad]	58422.90	91732.64	48110.80
$M_{con,Rd}/M_{b,Rd}$	0.79	1.01	0.77
$V_{ap,Rd}$ [kN]	832.06	1360.16	817.56
$V_{ap,Rd}/F_{Rd}$	1.00	0.75	0.90
K_b	13.68	11.85	7.77
$V_{con,Rd}$ [kNm]	1795.20	1686.80	1468.80
$V_{con,Rd}/V_{b,Rd}$	2.50	1.45	2.04

Full report (in English)

Bericht auswählen

Nenhum SIM 11:30 63%

< back

All available solutions for the selected beam and column [IPE 360 - HE 280 B]

Specimen name	Design criteria	$M_{b,Rd}$ [kNm]	$M_{con,Rd}$ [kNm]	$M_{j,Rd}$ [kNm]	$S_{pl,Rd}$ [kNm/rad]
<input checked="" type="checkbox"/> E1-TB-E					94558.43
<input checked="" type="checkbox"/> E1-TB-P					91732.64
<input checked="" type="checkbox"/> ES1-TS-E					95731.94
<input checked="" type="checkbox"/> ES1-TS-F					93389.26
<input type="checkbox"/> EH1-TS-35-F					92437.87

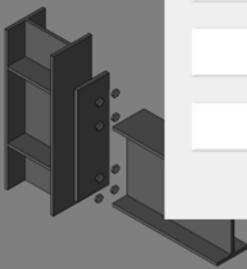
Select report Close

E1-TB-E

E1-TB-P

ES1-TS-E

ES1-TS-F

JOINT GEOMETRY 

	E1-TB-E	E1-TB-P	ES1-TS-E	ES1-TS-F
Design criteria				Full
$M_{b,Rd}$ [kNm]				594.65
$M_{d,con,Rd}$				488.53
$M_{j,Rd}$ [kNm]				574.19
$S_{pl,Rd}$ [kNm/rad]				93389.26
$M_{con,Rd}/M_{b,Rd}$				0.79
$V_{ap,Rd}$ [kN]				1346.50
$V_{ap,Rd}/F_{Rd}$				0.97
K_b	5.86	11.85	7.76	10.00
$V_{con,Rd}$ [kNm]	1417.31	1686.80	1777.98	1218.96
$V_{con,Rd}/V_{b,Rd}$	1.33	1.45	2.14	1.73

Full Report

Gesamter Bericht

Carrier 2:37 PM 100%

Done E1-TB-P

Full report – Unstiffened extended end-plate beam-to-column joint

GENERAL DATA

Design Criteria
Partial strength

Joint Typology
Unstiffened extended end-plate joint: E1-TB-P

Description of joint configuration
Beam: IPE 350
Column: HEB 200
Bolts: M30, 10.9
End-plate [mm]: 280x590x15
Stiffeners thickness [mm]: 15
Flange weld size [mm]: 5
Web weld size [mm]: 7
Steel grade: S355

PREQUALIFICATION CHECK

Beam
Depth
 h_b [mm]: 450 ≤ 600 OK
Span-to-depth ration
 L_b [mm]: 9000
 L_b/h_b [-]: 10 ≤ 17.8 ≤ 23 OK
Flange thickness
 t_b [mm]: 14.6 mm ≤ 19 OK
Material
 f_u [MPa]: 235 ≤ 355 ≤ 355 OK

Column
Depth
 h_c [mm]: 340 ≤ 550 OK
Beam/column depth
 h_b/h_c [-]: 1.32 (limits not available yet)
Flange thickness
 t_c [mm]: 21.5 mm ≤ 29 OK
Material
 f_u [MPa]: 235 ≤ 355 ≤ 355 OK

End-plate
Thickness
 t_e [mm]: 18 ≤ 18 ≤ 25
 t_e [mm]: 1/2 d_b ≤ 18 ≤ 2/3 d_b
 t_e [mm]: 18 ≤ 21.5

1 / 18

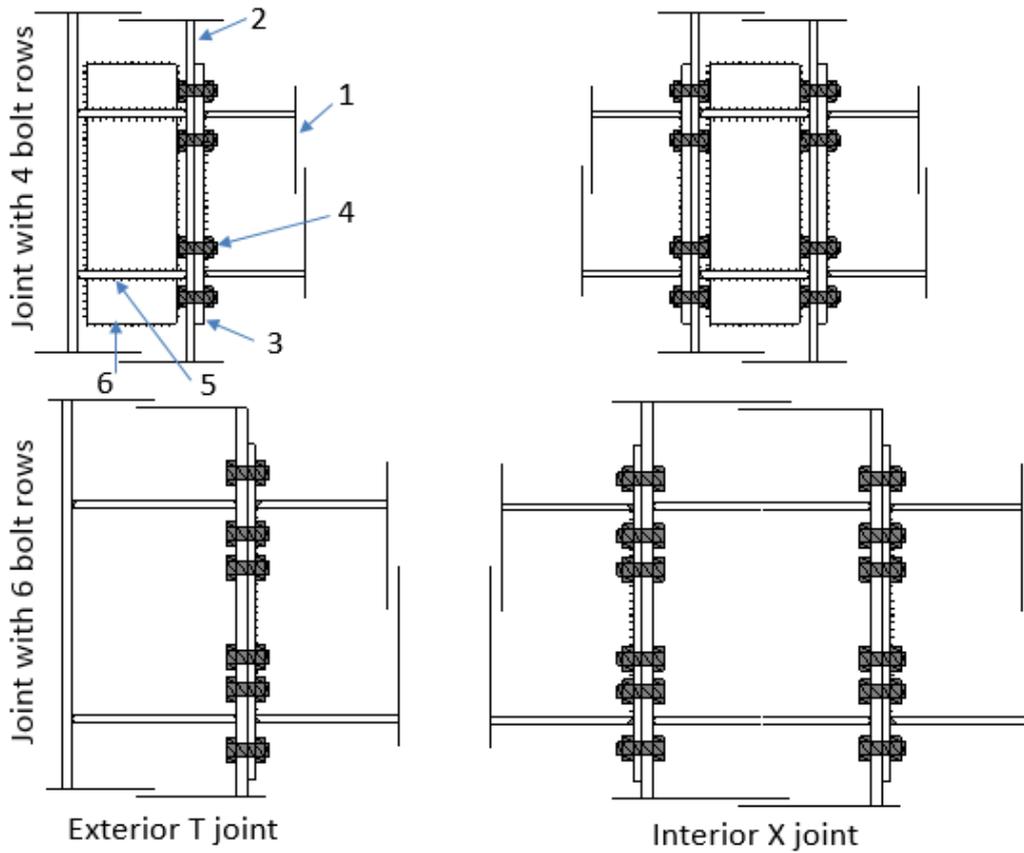
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

4. TECHNISCHER HINTERGRUND

4.1 Nicht ausgesteifte Schraubverbindungen mit überstehenden Stirnblechen

4.1.1 Beschreibung der Anschlusskonfiguration

Beschreibung der nicht ausgesteiften Schraubverbindungen mit überstehenden Stirnblechen



1: Träger

3: Stirnblech

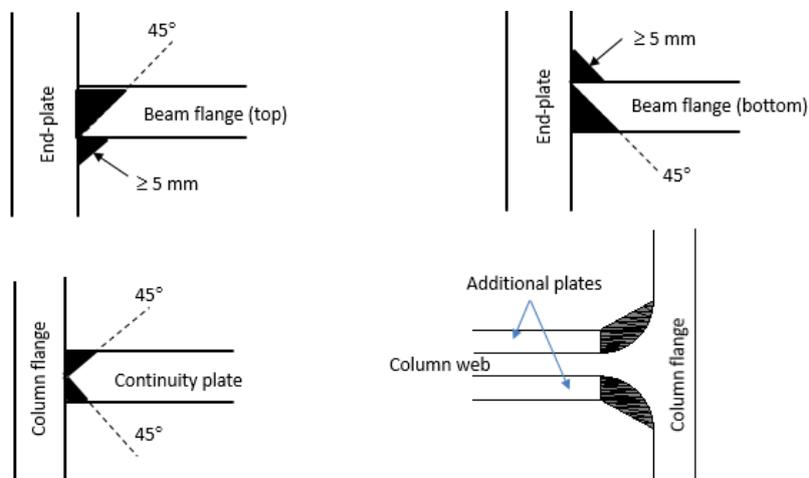
5: Quersteifen

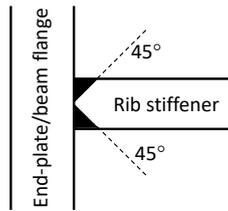
2: Stütze

4: Schrauben

6: Zusätzliche Bleche

Anschlussdetails der durchgeschweißten Stumpfnähte





4.1.2 Liste der Grenzwerte für präqualifizierte Daten

Tabelle 4-1- Grenzwerte für präqualifizierte Daten

Elemente	Parameter	Anwendungsgrenzen
Träger	Tiefe	Maximum = 600mm
	Spannweite-Tiefe Verhältnis	Maximum = 23, Minimum = 10
	Flanschdicke	Maximum = 19mm
	Werkstoff	von S235 bis S355
Stütze	Tiefe	Maximum = 550mm
	Flanschdicke	Maximum = 31mm
	Werkstoff	von S235 bis S355
<i>Träger/Stütze Tiefe</i>		
Stirnblech	Dicke	18-25mm
	Werkstoff	von S235 bis S355
Querstreifen	Dicke	Gleich oder größer als die Dicke des angeschlossenen Trägerflansches
	Werkstoff	S235 bis S355
Zusätzliche Bleche	Dicke	Error! Reference source not found.
	Werkstoff	von S235 bis S355
Schrauben		HV oder HR
	Größe	Error! Reference source not found.
	Klasse	10.9
	Anzahl Schraubenreihen	Error! Reference source not found.
	Unterlegscheiben	
Schweißnähte		Löcher
	Stirnblech zu Trägerflansch	Verstärkte durchgeschweißte Stumpfnähte
	Querstreifen zu Stützenflansch	Durchgeschweißte Stumpfnähte
	Zusatzbleche zu Stützenflansch	Durchgeschweißte Stumpfnähte
	Andere Schweißnähte	Kehlnähte: Nahtdicke größer als das 0,55-fache der Dicke des angeschlossenen Blechs.

4.1.3 Entwurfsverfahren

Die drei wesentlichen Konstruktionsschritte des Bauteilverfahrens werden sukzessive angegangen:

- Komponentencharakterisierung
- Montagevorgang
- Anschlussklassifikation und Entwurfsprüfung

Allgemeines Vorgehen

Schritt 1: Erstausswahl der Anschlussgeometrien und Werkstoffe

- Schraubenfestigkeitsklasse, Schraubengröße und Anzahl Schraubenreihen
- Dicke und Abmessungen des Stirnbleches
- Dicke und Abmessungen der Stützensteifen
- Dicke und Abmessungen der zusätzlichen Bleche (wenn vorhanden)
- Schweißnahtspezifikation

Schritt 2: Komponentencharakterisierung

- Komponententragfähigkeit (Anschluss mit Biegebeanspruchung)
- Komponentensteifigkeit (Anschluss mit Biegebeanspruchung)
- Komponententragfähigkeit (Anschluss mit Schubbeanspruchung)

Schritt 3: Montagevorgang

- Anschlussstragfähigkeit bei Biegebeanspruchung
- Anschlusssteifigkeit bei Biegebeanspruchung
- Verbindungstragfähigkeit bei Schubbeanspruchung
- Duktilitätsklasse der Verbindung

Schritt 4: Anschlussklassifikation und Entwurfsprüfung

- Tragfähigkeit bei Biegebeanspruchung
- Steifigkeit bei Biegebeanspruchung
- Tragfähigkeit bei Schubbeanspruchung
- Duktilität
- Überprüfung

4.1.4 Erstausswahl der Anschlussgeometrien und Werkstoffe

Tabelle 4-2- Erstausswahl der Anschlussgeometrien und Werkstoffe

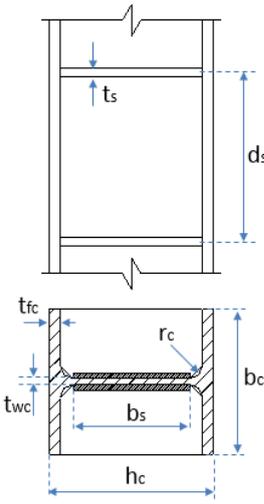
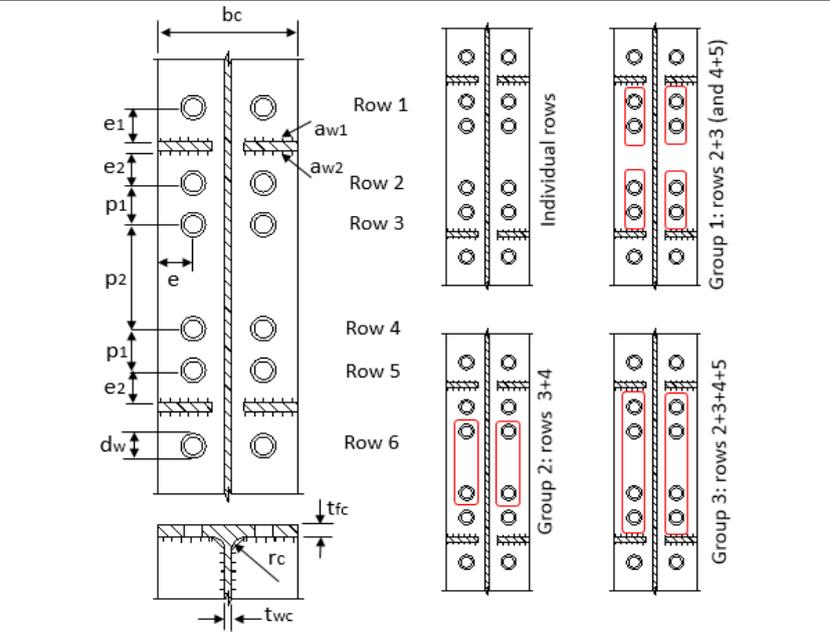
Verbindungselemente	Trägergrößen		
	Klein (\approx IPE360)	Klein (\approx IPE360)	Klein (\approx IPE360)
Schraubenfestigkeitsklasse	HV 10.9		
Schraubengröße	M27	M27	M27
Anzahl Schraubenreihen	4	4	4
Stirnblech	<p><i>Dicke:</i> $t_{ep}=(1/2\div 2/3)d_b$ für teiltragfähige Anschlüsse; $t_{ep}=(2/3\div 5/6)d_b$ für gleichtragfähige Anschlüsse; aber sollte kleiner sein als die Dicke des Stützenflansches.</p> <p><i>Abmessungen:</i> Die Breite sollte der des Stützenflansches entsprechen. Der überstehende Teil sollte groß genug sein, eine Schraubenreihe, unter Beachtung der Regeln in EC3-1-8 (§3.5), platzieren zu können.</p>		
Zusätzliche Platten	Bei HEB Stützen und IPE Trägern sollten die zusätzlichen Platten nur dann berücksichtigt werden, wenn ein starkes Stegblech erforderlich ist. Die Dicke und die Dimensionen der zusätzlichen Platten sind zu beachten, weshalb die Regeln in EC3-1.8 (§ 6.2.6.1) einzuhalten sind.		
Stützensteifen	Error! Reference source not found.		
Schweißnahtdetails			
Anmerkung: t_{ep} ist die Dicke des Stirnblechs und d_b ist der Nenndurchmesser der Schraube.			

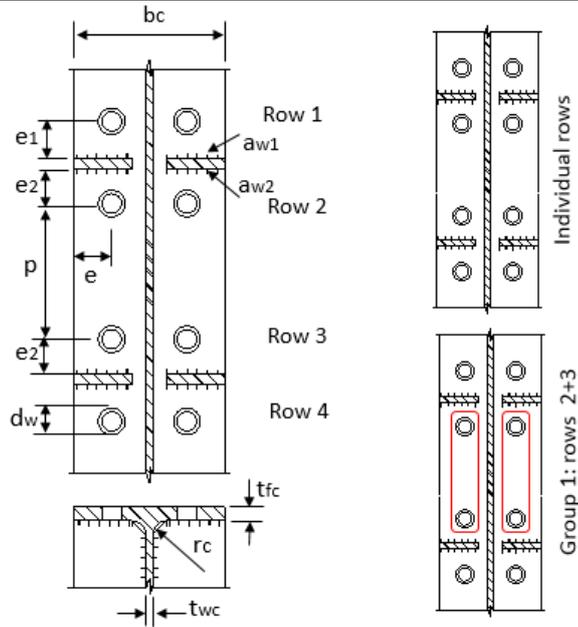
4.1.5 Montageverfahren und Überprüfung des Entwurfs

Klassifikationstyp	Kriterium	Quelle									
Tragfähigkeit bei Biegebeanspruchung	$M_{con,Rd} < M_{con,Ed}$: teiltragfähige Verbindung $M_{con,Rd} \approx M_{con,Ed}$: gleichtragfähige Verbindung $M_{con,Rd} > M_{con,Ed}$: volltragfähige Verbindung $V_{wp,Rd} < \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: überfestes Stegblech $V_{wp,Rd} \approx \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: volltragfähiges Stegblech $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: überfestes Stegblech mit: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ (I = 1 bis 5 für Anschlüsse mit 6 Schraubenreihen und i= 1 bis 3 für Anschlüsse mit 4 Schraubenreihen), ist die Querschubkraft in der Verbindung infolge der Schraubenreihen mit Zugbeanspruchung. $F_{fbc,Rd}$ ist die Tragfähigkeit des Trägerflansches und des Steges bei Druckbeanspruchung	Equaljoints									
Steifigkeitsklassifikation	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Klassifikation</th> <th>ausgesteifte Rahmen</th> <th>nicht ausgesteifte Rahmen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>nachgiebig</td> <td>$0.5 \leq k_b < 8$</td> <td>$0.5 \leq k_b < 25$</td> </tr> <tr> <td>biegesteif</td> <td>$k_b \geq 8$</td> <td>$k_b \geq 25$</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">$k_b = S_j / (EI_b / L_b)$</p>	Klassifikation	ausgesteifte Rahmen	nicht ausgesteifte Rahmen	nachgiebig	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	biegesteif	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	EC3-1-8 <i>Klassifikation</i> 5.2.2 Semi-rigid joints Rigid joints
Klassifikation	ausgesteifte Rahmen	nicht ausgesteifte Rahmen									
nachgiebig	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$									
biegesteif	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$									
Tragfähigkeit bei Schubbeanspruchung	$V_{con,Rd} < V_{b,Rd}$: teiltragfähig bei Schubbeanspruchung $V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$: gleichtragfähig bei Schubbeanspruchung $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$: volltragfähig bei Schubbeanspruchung										
Duktilitätsklassifikation	$\beta_{max} \leq 1.0$: Duktilitätsklasse 1 $\beta_{max} > 1.0$ and $\eta_{max} \leq 0.95$: Duktilitätsklasse 2 mit: $\beta_{max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$; $\eta_{max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$	Equaljoints									

4.1.6 Komponentencharakterisierung (bei Biegebeanspruchung)

Komponente	Detaillierte Regeln	Quelle
Stützenstegfeld mit Schub-	$V_{wp,Rd} = \frac{0.9 A_{vc} f_{y,wc}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} + \frac{4 (0.25 t_{fc}^2 f_{y,fc}) (b_c - t_{wc} - 2r_c)}{d_s}$	EC3-1-8 6.2.6.1

<p>Beanspruchung</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • Stützenstegblech mit Schubbeanspruchung mit Quersteifen und ohne zusätzliche Bleche: $A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc}$ • Stützenstegblech mit Schubbeanspruchung mit Quersteifen und ohne zusätzliche Bleche: $A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc} + t_{wc} b_s$ 	
<p>Trägerquerschnitt mit Biegebeanspruchung</p>	$M_{b,Rd} = W_{b,p} f_{y,b}$ <ul style="list-style-type: none"> • $W_{b,p}$ ist das plastische Widerstandsmoment des Trägerabschnitts bei Biegebeanspruchung • $f_{y,b}$ ist die Streckgrenze des Trägermaterials 	
<p>Stützenflansch mit Biegebeanspruchung</p>	 <p style="text-align: center;">Fall mit 6 Schraubenreihen</p>	<p>EC3-1-8 6.2.6.4</p>



Fall mit 4 Schraubenreihen

Für jede Schraubenreihe oder jede Gruppe von Schraubenreihen, wird die Tragfähigkeit mit der folgenden Formel ermittelt:

$$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}]$$

mit:

- $$F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m+n)}$$
- $$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n}$$

wobei:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$m = 0.5(b_c - 2e - t_{wc} - 1.6r_c)$$

$n = \min[e, 1.25m]$, bei kreisförmigem Muster kann $n=\infty$ benutzt werden.

$e_w = 0.25d_w$ (mit d_w als dem Durchmesser der Unterlegscheiben)

Effektive Längen

❖ Verbindung mit 6 Schraubenreihen

Schraubenreihe 1:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Schraubenreihe 2 (oder Reihe 5):

Einzelne Reihe:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Erste Reihe der Gruppe 1 oder Gruppe 3

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$$

Schraubenreihe 3 (oder Reihe 4):

Einzel:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1, 25e]$$

$$l_{eff,2} = 4m + 1, 25e$$

Letzte Reihe der Gruppe 1:

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5 p_1]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5 p_1$$

Eine Reihe der Gruppe 2:

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 0.5 p_2 + 0.5 \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p_2 + 0.5 \alpha m$$

mittlere Reihe der Gruppe 3:

$$l_{eff,1} = p_1 + p_2$$

$$l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$$

α ist in Bild 6.11 in EC3-1-8 gegeben, abhängig von:

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$$

mit

$$m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 1}$$

$$m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 2 oder 5}$$

❖ Verbindung mit 4 Schraubenreihen

Schraubenreihe 1:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Schraubenreihe 2:

Einzel:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Eine Reihe der Gruppe 2+3

	$l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <p><u>Schraubenreihe 3: analog zu Schraubenreihe 2</u></p> <p>α ist in Bild 6.11 in EC3-1-8 gegeben, abhängig von:</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ <p>mit:</p> $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 2 oder 3}$	
<p>Stirnblech mit Biegebeanspruchung</p>	<p>Fall mit 6 Schraubenreihen</p> <p>Fall mit 4 Schraubenreihen</p>	<p>EC3-1-8 6.2.6.5</p>

Für jede Schraubenreihe oder Gruppe von Schraubenreihen, wird die Tragfähigkeit mit der folgenden Formel ermittelt:

$$F_{pb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ mit}$$

- $F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m+n)}$
- $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n}$

Wobei: $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{ep}^2 f_{y,ep} / \gamma_{M0}$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,2} t_{ep}^2 f_{y,ep} / \gamma_{M0}$$

$$\begin{cases} m = 0.5(b_{ep} - 2e - t_{bw} - 1.6a_w \sqrt{2}) \\ n = \min[e, 1.25m] \end{cases} \text{ für Schraubenreihen in den Trägerflanschen}$$

$$\begin{cases} m = e_1 - 0.8a_{w1} \sqrt{2} \\ n = \min[e_x, 1.25m] \end{cases} \text{ für Schraubenreihen außerhalb der Trägerflansche}$$

(bei kreisförmigem Muster kann $n=\infty$ benutzt werden).

$$e_w = 0.25d_w$$

Effektive Längen

❖ *Verbindung mit 6 Schraubenreihen*

Schraubenreihe 1:

$$l_{eff,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2\pi m, \quad \pi m + w, \quad \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, \quad e + 2m + 0.625e_x, \quad 0.5b_{ep}, \quad 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{array} \right.$$

$$l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, \quad e + 2m + 0.625e_x, \quad 0.5b_{ep}, \quad 0.5w + 2m + 0.625e_x]$$

Schraubenreihe 2 (oder Reihe 5):

Einzelne Reihe:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Erste Reihe der Gruppe 1 (Reihen 2+3 oder 4+5)

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, \quad 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$$

Schraubenreihe 3 (oder Reihe 4):

Einzelne Reihe:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \quad 4m + 1,25e]$$

$$l_{eff,2} = 4m + 1,25e$$

Letzte Reihe der Gruppe 1 (Reihen 2+3 oder 4+5):

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, \quad 2m + 0.625e + 0.5 p_1]$$

	$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_1$ <p><i>Erste Reihe (oder letzte Reihe) der Gruppe 2 (Reihen 3+4):</i></p> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, \quad 2m + 0.625e + 0.5p_2]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_2$ <p><i>Mittlere Reihe der Gruppe 3 (Reihen 2+3+4+5):</i></p> $l_{eff,1} = p_1 + p_2$ $l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$ <p>α ist in Bild 6.11 in EC3-1-8 gegeben, abhängig von:</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \quad \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ <p>mit:</p> $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 2 oder 5}$ <p style="text-align: center;">❖ <i>Verbindung mit 4 Schraubenreihen</i></p> <p><u>Schraubenreihe 1:</u></p> $l_{eff,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2\pi m, \quad \pi m + w, \quad \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, \quad e + 2m + 0.625e_x, \quad 0.5b_{ep}, \quad 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{array} \right.$ $l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, \quad e + 2m + 0.625e_x, \quad 0.5b_{ep}, \quad 0.5w + 2m + 0.625e_x]$ <p><u>Schraubenreihe 2:</u></p> <p><i>Einzelne Reihe:</i></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \quad \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><i>Eine Reihe der Gruppe 2+3</i></p> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p, \quad 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <p><u>Schraubenreihe 3: analog zu Schraubenreihe 2:</u></p> <p>α ist in Bild 6.11 in EC3-1-8 gegeben, abhängig von:</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \quad \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 2 oder 3}$	
Trägerflansch und Steg mit	$F_{fbc,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$ <p>wobei:</p>	EC3-1-8 6.2.6.7

Druckbeanspruchung	<ul style="list-style-type: none"> • h die Tiefe des angeschlossenen Trägers ist; • $M_{c,Rd}$ die Momenten Tragfähigkeit des Trägerquerschnitts ist, bei Bedarf reduziert um Schub zuzulassen, siehe EN 1993-1-1 • t_{fb} die Flanschdicke des angeschlossenen Trägers ist. 	
Stützensteg und Quersteifen mit Druckbeanspruchung	<p>Die Tragfähigkeit des Stützenstegs und der Durchgangsplatten darf berechnet werden mit:</p> $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ <p>wobei:</p> $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ <p>A_{cp} ist die Fläche der Stützensteifen (beide Seiten);</p> <p>Der Reduktionsfaktor k_{wc} zur Berücksichtigung der Axialspannung im Stützensteg, ist gegeben in 6.2.6.2(2) von EC3-1-8;</p> <p>Der Reduktionsfaktor ω ist gegeben in Tabelle 6.3 in EC3-1-8;</p> <p><u>Anmerkung:</u> Eine Abminderung infolge Beulen des Stützensteges und der Stützensteifen bei Querdruckbeanspruchung wird vernachlässigt. Die Geometrien (Die Schlankheit) der Durchgangsplatten, die zur Erfüllung der Bedingungen erforderlich sind, werden in Tabelle 4.3.1 gezeigt.</p>	EC3-1-8 6.2.6.2
Trägersteg mit Zugbeanspruchung	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ <p>Die effektive Breite $b_{eff,t,wb}$ des Trägersteges mit Zugbeanspruchung sollte gleich der effektiven Länge des äquivalenten T-Stummels, welcher das Stirnblech mit Biegebeanspruchung für eine einzelne Schraubenreihe oder eine Schraubengruppe widerspiegelt, angenommen werden.</p>	EC3-1-8 6.2.6.8
Stützensteg mit Querzugbeanspruchung	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ <p>Die effektive Breite $b_{eff,t,wc}$ des Trägersteges mit Zugbeanspruchung sollte gleich der effektiven Länge des äquivalenten T-Stummels, welcher das Stirnblech mit Biegebeanspruchung für eine einzelne Schraubenreihe oder eine Schraubengruppe widerspiegelt, angenommen werden.</p> <p>Der Reduktionsfaktor ω ist in Tabelle 6.3 in EC3-1-8 angegeben.</p>	EC3-1-8 6.2.6.3
Schrauben mit Zugbeanspruchung	<p>Die Tragfähigkeit einer Schraubenreihe (zwei Schrauben) mit Zugbeanspruchung ist gegeben durch:</p> $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>wobei:</p> <ul style="list-style-type: none"> • f_{ub} die Schraubenzugfestigkeit ist; • A_s Spannungsquerschnittsfläche der Schraube ist 	EC3-1-8 3.6.1

4.1.7 Komponentensteifigkeit (bei Biegebeanspruchung)

Komponente	Detaillierte Regeln	Quelle
Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung	$k_1 = \frac{0.38A_{vc}}{\beta z}$ <p>Der Transformationsparameter β ist in Tabelle 5.4 des EC3-1-8 angegeben. Der Hebelarm, z, der Verbindung ist in EC-1-8, 6.3.3.1 angegeben.</p>	EC3-1-8 6.3.2
Stützenflansch mit Biegebeanspruchung	<p>Für eine einfache Schraubenreihe mit Zugbeanspruchung:</p> $k_4 = \frac{0.9b_{eff,cf}t_{fc}^3}{m^3}$ <p>Die effektive Breite b_{eff} ist die kleinste effektive Länge der Schraubenreihe (einzeln oder als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen).</p>	EC3-1-8 6.3.2
Stirnblech mit Biegebeanspruchung	<p>Für eine einfache Schraubenreihe mit Zugbeanspruchung:</p> $k_5 = \frac{0.9b_{eff,ep}t_{ep}^3}{m^3}$ <p>Die effektive Breite b_{eff} ist die kleinste effektive Länge der Schraubenreihe (einzeln oder als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen).</p>	EC3-1-8 6.3.2
Stützensteg mit Querkzugbeanspruchung	<p>Für eine einfache Schraubenreihe mit Zugbeanspruchung:</p> $k_3 = \frac{0.7b_{eff,wc}t_{wc}}{d_c}$ <p>Die effektive Breite b_{eff} ist die kleinste effektive Länge der Schraubenreihe (einzeln oder als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen) der Komponente Stützenflansch mit Biegebeanspruchung.</p>	EC3-1-8 6.3.2
Schrauben mit Zugbeanspruchung	<p>Für eine einfache Schraubenreihe mit Zugbeanspruchung:</p> $k_{10} = 1.6A_s / L_b$	EC3-1-8 6.3.2

4.1.8 Komponententragfähigkeit (bei Schubbeanspruchung)

Komponente	Detaillierte Regeln	Quelle
Trägersteg mit Schubbeanspruchung	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ <p>wobei:</p> $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w \text{ falls } \bar{\lambda}_w \geq 0.83 ;$ $\chi_w = 1.0 \text{ falls } \bar{\lambda}_w < 0.83$ <p>mit $\bar{\lambda}_w = 0.3467 (h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}$</p>	EC3-1-5 5.3

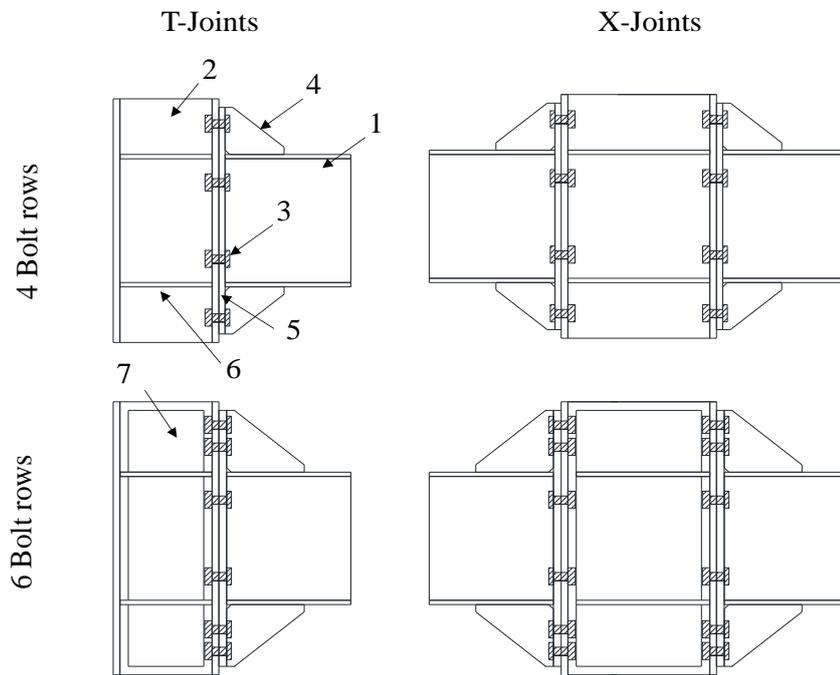
<p>Stützenflansch mit Lochleibungsbeanspruchung</p>	<p>Für eine einfache Schraubenreihe (zwei Schrauben) mit Schubbeanspruchung:</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ <p>wobei:</p> $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ <p>α_b abhängig von der Richtung der Schubkraft und der Position der Schraubenreihe:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><i>Abwärts gerichtete Schubkraft</i></p> <p>Schraubenreihen 1, 5 und 6 (oder^(*) Reihen 1, 3 und 4):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihen 2 und 4 (oder^(*): Reihe 2):</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 3:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><i>Aufwärts gerichtete Schubkraft</i></p> <p>Schraubenreihen 1, 2 und 6 (oder^(*) Reihen 1, 2 und 4)</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihen 3 und 5 (oder^(*) Reihe 3)</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 4:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$ </td> </tr> </table> <p>^(*): verwendet für einen Anschluss mit 4 Schraubenreihen (p_1 sollte durch p ersetzt werden)</p>	<p><i>Abwärts gerichtete Schubkraft</i></p> <p>Schraubenreihen 1, 5 und 6 (oder^(*) Reihen 1, 3 und 4):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihen 2 und 4 (oder^(*): Reihe 2):</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 3:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$	<p><i>Aufwärts gerichtete Schubkraft</i></p> <p>Schraubenreihen 1, 2 und 6 (oder^(*) Reihen 1, 2 und 4)</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihen 3 und 5 (oder^(*) Reihe 3)</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 4:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$	<p>EC3-1-8 3.6.1</p>
<p><i>Abwärts gerichtete Schubkraft</i></p> <p>Schraubenreihen 1, 5 und 6 (oder^(*) Reihen 1, 3 und 4):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihen 2 und 4 (oder^(*): Reihe 2):</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 3:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$	<p><i>Aufwärts gerichtete Schubkraft</i></p> <p>Schraubenreihen 1, 2 und 6 (oder^(*) Reihen 1, 2 und 4)</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihen 3 und 5 (oder^(*) Reihe 3)</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 4:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$			
<p>Stirnblech mit Lochleibungsbeanspruchung</p>	<p>Für eine einfache Schraubenreihe (zwei Schrauben) mit Schubbeanspruchung:</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><i>Abwärts gerichtete Schubkraft:</i></p> <p>Schraubenreihen 2 und 6 (oder^(*) Reihen 2 und 4):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihe 1 (oder^(*) Reihe 1):</p> $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$ <p>Schraubenreihen 3 und 5 (oder^(*) Reihe 3):</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 4:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><i>Aufwärts gerichtete Schubkraft:</i></p> <p>Schraubenreihen 1 und 5 (oder^(*) Reihen 1 und 3):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihe 6 (oder^(*) Reihe 4):</p> $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$ <p>Schraubenreihen 2 und 4 (oder^(*) Reihe 2)</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 3:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$ </td> </tr> </table> <p>^(*): verwendet für einen Anschluss mit 4 Schraubenreihen (p_1 sollte durch p ersetzt werden)</p>	<p><i>Abwärts gerichtete Schubkraft:</i></p> <p>Schraubenreihen 2 und 6 (oder^(*) Reihen 2 und 4):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihe 1 (oder^(*) Reihe 1):</p> $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$ <p>Schraubenreihen 3 und 5 (oder^(*) Reihe 3):</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 4:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$	<p><i>Aufwärts gerichtete Schubkraft:</i></p> <p>Schraubenreihen 1 und 5 (oder^(*) Reihen 1 und 3):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihe 6 (oder^(*) Reihe 4):</p> $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$ <p>Schraubenreihen 2 und 4 (oder^(*) Reihe 2)</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 3:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$	<p>EC3-1-8 3.6.1</p>
<p><i>Abwärts gerichtete Schubkraft:</i></p> <p>Schraubenreihen 2 und 6 (oder^(*) Reihen 2 und 4):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihe 1 (oder^(*) Reihe 1):</p> $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$ <p>Schraubenreihen 3 und 5 (oder^(*) Reihe 3):</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 4:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$	<p><i>Aufwärts gerichtete Schubkraft:</i></p> <p>Schraubenreihen 1 und 5 (oder^(*) Reihen 1 und 3):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihe 6 (oder^(*) Reihe 4):</p> $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$ <p>Schraubenreihen 2 und 4 (oder^(*) Reihe 2)</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 3:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$			

Schrauben mit Abscherbeanspruchung	<p>Für eine einfache Schraubenreihe (zwei Schrauben) mit Schubbeanspruchung:</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>$\alpha_v = 0.6$ für 8.8 Schrauben und $\alpha_v = 0.5$ für 10.9 Schrauben.</p>	<p>EC3-1-8</p> <p>3.6.1</p>
------------------------------------	--	-----------------------------

4.2 Ausgesteifte Schraubverbindungen mit überstehenden Stirnblechen

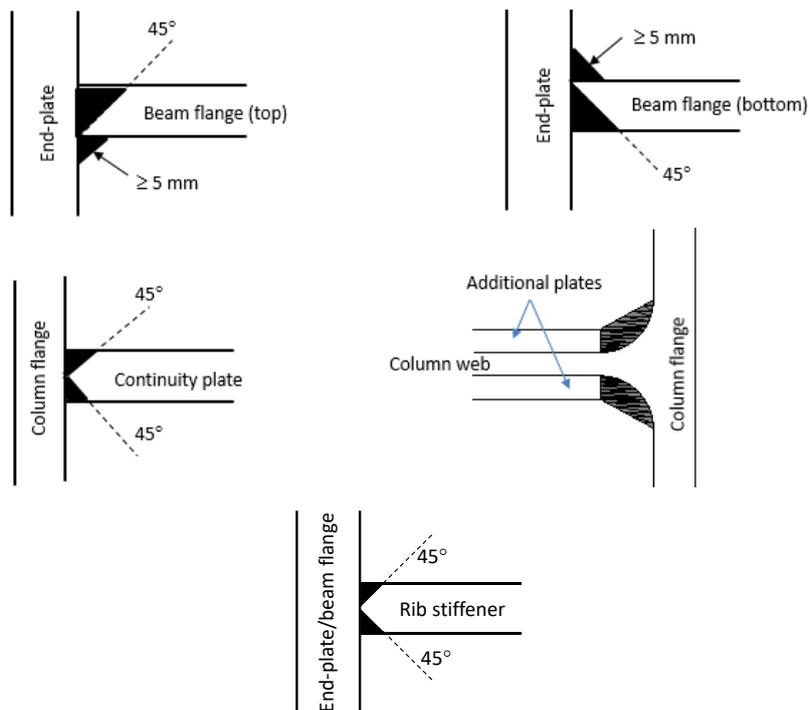
4.2.1 Beschreibung der Anschlusskonfiguration

Beschreibung der ausgesteiften Anschlüsse mit überstehenden Stirnblechen



- 1: Träger 3: Schrauben 5: Stirnblech 7: zusätzliche Bleche
 2: Stütze 4: Rippen 6: Querstreifen

Anschlussdetails der durchgeschweißten Stumpfnähte



4.2.2 Liste der Grenzwerte für präqualifizierte Daten

Tabelle 4-3- Liste der Grenzwerte für präqualifizierte Daten

Elemente	Anwendungsbereich	
<i>Träger</i>		
	Tiefe	Maximum=600mm
	Spannweite-Tiefe Verhältnis	Maximum=23, Minimum=10
	Flanschdicke	Maximum=19mm
	Werkstoff	Von S235 bis S355
<i>Stütze</i>		
	Tiefe	Maximum=550mm
	Flanschdicke	Maximum=29mm
	Werkstoff	Von S235 bis S355
<i>Träger/Stützen Tiefe</i>		0.65-2.15
<i>Stirnblech</i>		18-30mm
	Dicke	Error! Reference source not found.
	Werkstoff	Von S235 bis S355
<i>Querstreifen</i>		
	Dicke	Gleich oder größer als die Dicke des angeschlossenen Trägerflansches
	Werkstoff	Von S235 bis S355
<i>Zusätzliche Bleche</i>		
	Dicke	Error! Reference source not found.
	Werkstoff	Von S235 bis S355
<i>Schrauben</i>		
		HV oder HR
	Größe	Error! Reference source not found.
	Klasse	10.9
	Anzahl Schraubenreihen	Error! Reference source not found.
	Unterlegscheiben	Gemäß EN 14399-4
	Löcher	Gemäß EN 1993-1-8
<i>Schweißnähte</i>		
	Stirnblech an Trägerflansch	Verstärkte durchgeschweißte Stumpfnähte (Error! Reference source not found.)
	Querstreifen an Stützenflansch	Durchgeschweißte Stumpfnähte (Error! Reference source not found.)
	Zusätzliche Platten an Stützenflansch	Durchgeschweißte Stumpfnähte (Error! Reference source not found.)
	Andere Schweißnähte	Kehlnähte: Nahtdicke größer als das 0.55-fache der Dicke der angeschlossenen Bleche

4.2.3 Entwurfsverfahren

Die drei wesentlichen Konstruktionsschritte des Bauteilverfahrens werden sukzessive angegangen:

- Komponentencharakterisierung
- Montagevorgang
- Anschlussklassifikation und Entwurfsüberprüfung

Allgemeines Vorgehen

Schritt 1: Erste Auswahl der Anschlussgeometrien und Werkstoffe

- Schraubenklasse, Schraubengröße und Anzahl der Schraubenreihen
- Dicke und Abmessungen des Stirnblechs

- Dicke und Abmessungen der Quersteifen
- Dicke und Abmessungen der zusätzlichen Stegbleche (falls erforderlich)
- Schweißnahtspezifikation

Schritt 2: Bauteilcharakterisierung

- Komponententragfähigkeit (Anschluss mit Biegebeanspruchung)
- Komponentensteifigkeit (Anschluss mit Biegebeanspruchung)
- Komponententragfähigkeit (Anschluss mit Schubbeanspruchung)

Schritt 3: Montageverfahren

- Tragfähigkeit des Anschlusses bei Biegebeanspruchung
- Biegesteifigkeit des Anschlusses bei Biegebeanspruchung
- Tragfähigkeit der Verbindung bei Schubbeanspruchung
- Duktilitätsklasse der Verbindung

Schritt 4: Anschlussklassifizierung und Überprüfung des Entwurfs

- Tragfähigkeit bei Biegebeanspruchung
- Steifigkeit bei Biegebeanspruchung
- Tragfähigkeit bei Schubbeanspruchung
- Duktilität
- Nachweis/Überprüfung

4.2.4 Vorauswahl der Verbindungsgeometrien und Werkstoffe

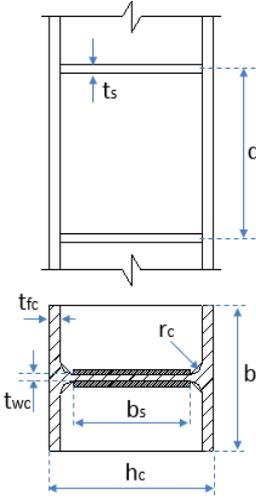
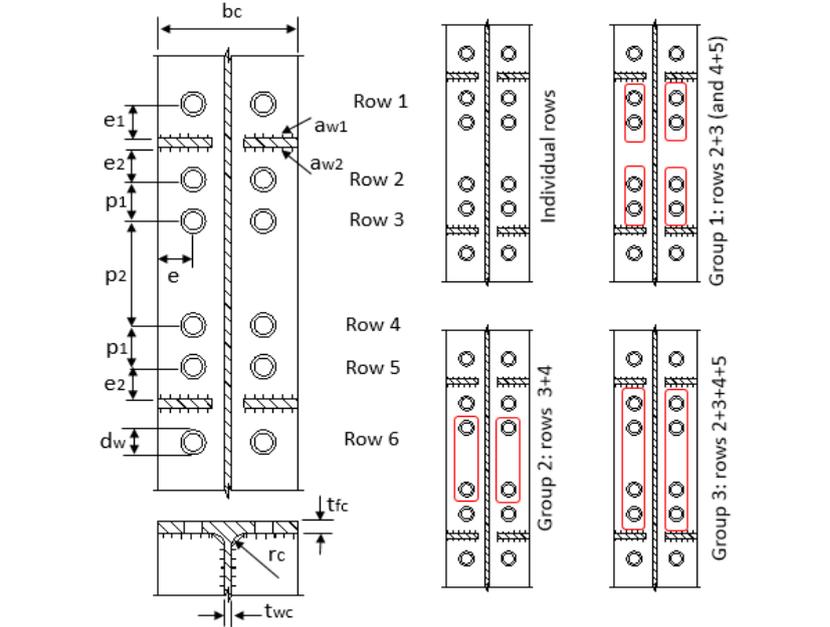
Tabelle 4-4- Vorauswahl der Verbindungsgeometrien und Werkstoffe

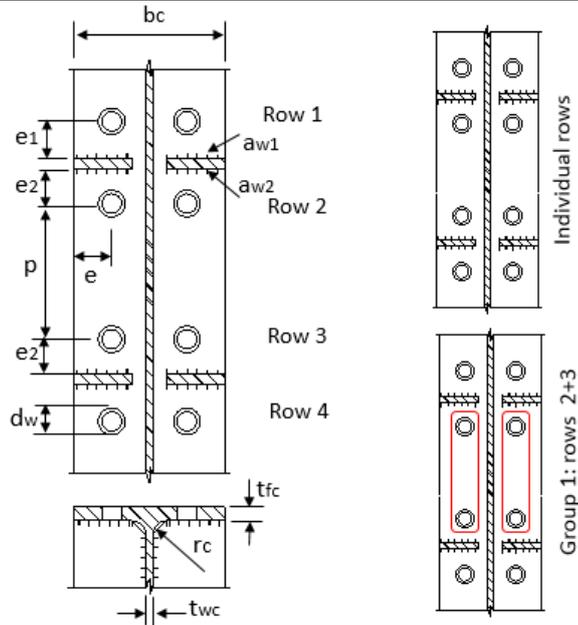
Verbindungs- elemente	Trägergröße		
	Klein (\approx IPE360)	Klein (\approx IPE360)	Klein (\approx IPE360)
Schraubenfestigkeit	10.9		
Schraubengröße	M27	M27	M27
Anzahl	4/6	4/6	4/6
Schraubenreihen			
Stirnblech	<p><i>Dicke:</i> $t_{ep}=(2/3\div 5/6) d_b$ bei volltragfähigen Verbindungen kann sie etwas größer sein als die Stützenflansche; $t_{ep}=(2/3\div 5/6)d_b$ für gleichtragfähige Verbindungen; sollte aber kleiner als die Dicke der Stützenflansche sein.</p> <p><i>Abmessungen:</i> Die Breite sollte gleich oder kleiner als die des Stützenflansches sein. Der verlängerte Teil sollte ausreichen, um eine oder zwei Schraubenreihen unter Beachtung der in EC3-1-8 (§3.5) angegebenen Regeln zu positionieren.</p>		
Zusätzliche Bleche	Die Dicke und die Abmessungen der Zusatzbleche sollten den Vorschriften in EC3-1.8 (§ 6.2.6.1) entsprechen, andernfalls sollten Lochschweißnähte verwendet werden, um die Stabilität der Zusatzbleche zu gewährleisten.		
Quersteifen	Error! Reference source not found.		
Schweißdetails			
Anmerkung: t_{ep} ist die Dicke der Stirnbleche; d_b ist der Nenndurchmesser der Schrauben.			

4.2.5 Montageverfahren und Tragfähigkeitsnachweise

Klassifikationstyp	Kriterium	Quelle												
Tragfähigkeit bei Biegebeanspruchung	$M_{con,Rd} < M_{con,Ed}$: teiltragfähige Verbindung $M_{con,Rd} \approx M_{con,Ed}$: gleichtragfähige Verbindung $M_{con,Rd} > M_{con,Ed}$: volltragfähige Verbindung $V_{wp,Rd} < \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: niederfestes Stützenstegfeld $V_{wp,Rd} \approx \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: gleichfestes Stützenstegfeld $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: überfestes Stützenstegfeld mit: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ (I = 1 bis 5 für Anschlüsse mit 6 Schraubenreihen und i = 1 bis 3 für Anschlüsse mit 4 Schraubenreihen), ist die Querschubkraft in der Verbindung infolge der Schraubenreihe mit Zugbeanspruchung $V_{fbc,Rd}$ ist die Tragfähigkeit der Trägerflansche und des Steges bei Druckbeanspruchung	Equaljoints												
Steifigkeitsklassifikation	<table border="0"> <tr> <td>Klassifikation</td> <td>ausgesteifter Rahmen</td> <td>nicht ausgesteifter Rahmen</td> </tr> <tr> <td>nachgiebig</td> <td>$0.5 \leq k_b < 8$</td> <td>$0.5 \leq k_b < 25$</td> </tr> <tr> <td>biegesteif</td> <td>$k_b \geq 8$</td> <td>$k_b \geq 25$</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$</td> </tr> </table>	Klassifikation	ausgesteifter Rahmen	nicht ausgesteifter Rahmen	nachgiebig	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	biegesteif	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$		$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$		EC3 Klassifikation 5.2.3 Semi-rigid joints Rigid joints
Klassifikation	ausgesteifter Rahmen	nicht ausgesteifter Rahmen												
nachgiebig	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$												
biegesteif	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$												
	$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$													
Tragfähigkeit bei Schubbeanspruchung	$V_{con,Rd} < V_{b,Rd}$: teiltragfähig bei Schubbeanspruchung $V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$: gleichtragfähig bei Schubbeanspruchung $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$: volltragfähig bei Schubbeanspruchung													
Duktilitätsklassifikation	$\beta_{max} \leq 1.0$: Duktilitätsstufe 1 $\beta_{max} > 1.0$ and $\eta_{max} \leq 0.95$: Duktilitätsstufe 2 mit: $\beta_{max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$; $\eta_{max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$	Equaljoints												

4.2.6 Komponentencharakterisierung (bei Biegebeanspruchung)

Komponente	Detaillierte Regeln	Quelle
<p>Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung</p>	$V_{wp,Rd} = \frac{0.9A_{vc}f_{y,wc}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} + \frac{4(0.25t_{fc}^2f_{y,fc})(b_c - t_{wc} - 2r_c)}{d_s}$  <ul style="list-style-type: none"> • Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung mit Querstreifen und ohne zusätzliche Bleche: $A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c)t_{fc}$ • Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung mit Querstreifen und ohne zusätzliche Bleche: $A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c)t_{fc} + t_{wc} b_s$ 	<p>EC3-1-8 6.2.6.1</p>
<p>Trägerquerschnitt mit Biegebeanspruchung</p>	$M_{b,Rd} = W_{b,p} f_{y,b}$ <ul style="list-style-type: none"> • $W_{b,p}$ ist das plastische Widerstandsmoment des Trägerabschnitts bei Biegebeanspruchung. • $f_{y,b}$ ist die Streckgrenze des Trägermaterials. 	
<p>Stützenflansch mit Biegebeanspruchung</p>	 <p>Fälle mit 6 Schraubenreihen</p>	<p>EC3-1-8 6.2.6.4</p>



Fälle mit 4 Schraubenreihen

Für jede Schraubenreihe oder für eine Gruppe von Schraubenreihen ergibt sich die Tragfähigkeit nach folgender Formel:

$$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ mit}$$

- $F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m+n)}$
- $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n}$

wobei:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$m = 0.5(b_c - 2e - t_{wc} - 1.6r_c)$$

$n = \min[e, 1.25m]$, bei kreisförmigem Muster kann $n = \infty$ benutzt werden.

$$e_w = 0.25d_w \text{ (mit } d_w \text{ ist der Durchmesser der Unterlegscheibe)}$$

Effektive Längen

❖ Verbindung mit 6 Schraubenreihen

Schraubenreihe 1:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Schraubenreihe 2 (oder 5):

Einzelne Reihe:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Erste Reihe der Gruppe 1 oder Gruppe 3

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, \quad 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$$

Schraubenreihe 3 (oder 4):

Einzel:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \quad 4m + 1, 25e]$$

$$l_{eff,2} = 4m + 1, 25e$$

Letzte Reihe der Gruppe 1:

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, \quad 2m + 0.625e + 0.5 p_1]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5 p_1$$

Eine Reihe der Gruppe 2:

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, \quad 0.5 p_2 + 0.5 \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p_2 + 0.5 \alpha m$$

Mittlere Reihe einer Gruppe 3:

$$l_{eff,1} = p_1 + p_2$$

$$l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$$

α ist in Bild 6.11 in EC3-1-8 gegeben, abhängig von:

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \quad \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$$

wobei:

$$m_2 = e_1 - 0.8a_{w1} \sqrt{2} \quad \text{für Schraubenreihe 1}$$

$$m_2 = e_2 - 0.8a_{w2} \sqrt{2} \quad \text{für Schraubenreihe 2 oder 5}$$

❖ *Verbindung mit 4 Schraubenreihen*

Schraubenreihe 1:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \quad \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Schraubenreihe 2:

Einzel:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \quad \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Eine Reihe der Gruppe 2+3:

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p, \quad 0.5 p + 0.5 \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p + 0.5 \alpha m$$

Schraubenreihe 3: analog zu Schraubenreihe 2

α ist in Bild 6.11 in EC3-1-8 gegeben, abhängig von:

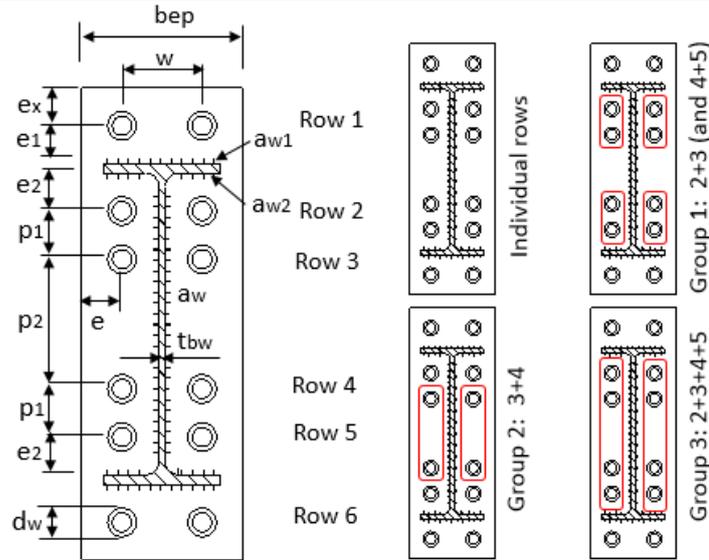
$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$$

wobei:

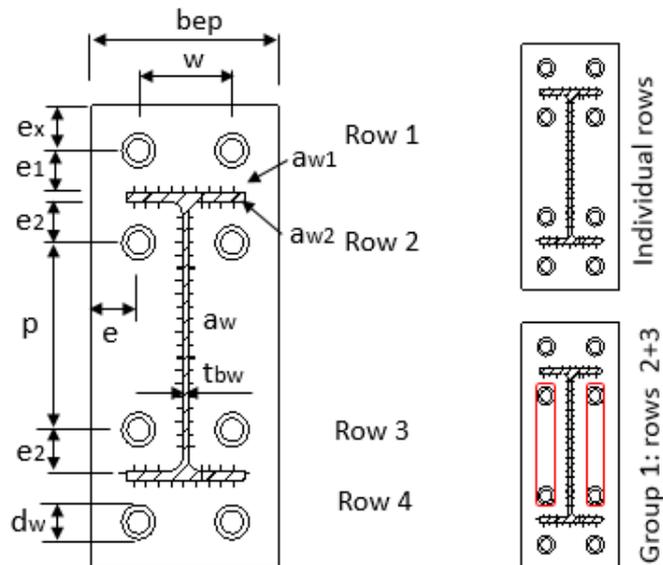
$$m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 1}$$

$$m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 2 oder 3}$$

Stirnblech
mit
Biegebeanspruchung



Fälle von 6 Schraubenreihen



Fälle von 4 Schraubenreihen

Für jede Schraubenreihe oder für eine Gruppe von Schraubenreihen kann die Tragfähigkeit mit den folgenden Formeln berechnet werden:

$$F_{pb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ mit}$$

EC3-1-8
6.2.6.5

- $$F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m+n)}$$
- $$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n}$$

wobei: $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{ep}^2 f_{y,ep} / \gamma_{M0}$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,2} t_{ep}^2 f_{y,ep} / \gamma_{M0}$$

$$\begin{cases} m = 0.5(b_{ep} - 2e - t_{bw} - 1.6a_w \sqrt{2}) \\ n = \min[e, 1.25m] \end{cases} \text{ für Schraubenreihen innerhalb der}$$

Trägerflansche

$$\begin{cases} m = e_1 - 0.8a_{w1} \sqrt{2} \\ n = \min[e_x, 1.25m] \end{cases} \text{ für Schraubenreihen außerhalb der Trägerflansche}$$

(bei kreisförmigem Muster kann $n=\infty$ benutzt werden).

$$e_w = 0.25d_w$$

Effektive Längen

❖ *Verbindung mit 6 Schraubenreihen*

Schraubenreihe 1:

$$l_{eff,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2\pi m, \pi m + w, \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{array} \right.$$

$$l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$$

Schraubenreihe 2 (oder 5):

Einzelne Reihe:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Erste Reihe der Gruppe 1 (Reihen 2+3 oder 4+5)

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$$

Schraubenreihe 3 (oder 4):

Einzelne Reihe:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1, 25e]$$

$$l_{eff,2} = 4m + 1, 25e$$

Letzte Reihe der Gruppe 1 (Reihen 2+3 oder 4+5)

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5 p_1]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5 p_1$$

Erste Reihe (oder letzte) der Gruppe 2 (Reihen 3+4):

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 2m + 0.625e + 0.5 p_2]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5 p_2$$

	<p><i>Mittlere Reihe der Gruppe 3 (Reihen 2+3+4+5):</i></p> $l_{eff,1} = p_1 + p_2$ $l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$ <p>α ist in Bild 6.11 in EC3-1-8 gegeben, abhängig von:</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ <p>wobei:</p> $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 2 oder 5}$ <p>❖ <i>Verbindung mit 4 Schraubenreihen</i> <u>Schraubenreihe 1:</u></p> $l_{eff,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2\pi m, \pi m + w, \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{array} \right.$ $l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$ <p><u>Schraubenreihe 2:</u></p> <p><i>Einzelne Reihe:</i></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><i>Eine Reihe der Gruppe 2+3</i></p> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <p><u>Schraubenreihe 3: analog zu Schraubenreihe 2:</u></p> <p>α ist in Bild 6.11 in EC3-1-8 gegeben, abhängig von:</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ für Schraubenreihe 2 oder 3}$	
<p>Trägerflansche und Steg mit Druckbeanspruchung</p>	$F_{fbc,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$ <p>wobei:</p> <ul style="list-style-type: none"> • h ist die Tiefe des angeschlossenen Trägers • $M_{c,Rd}$ ist die Momententragfähigkeit des Trägers plus Rippenquerschnitt, wenn nötig reduziert um Schub zuzulassen, siehe EN 1993-1-1 • t_{fb} ist die Flanschdicke des angeschlossenen Trägers 	<p>EC3-1-8 6.2.6.7</p>
<p>Stützensteg und quer verlaufende Stützen-</p>	<p>Die Tragfähigkeit des Stützensteges und der quer verlaufenden Stützensteifen darf berechnet werden mit:</p>	<p>EC3-1-8 6.2.6.2</p>

steifen mit Druckbeanspruchung	$F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ <p>wobei:</p> $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ <p>A_{cp} ist die Fläche der quer verlaufenden Stützensteifen (beide Seiten);</p> <p>Der Reduktionsfaktor k_{wc} dient zur Berücksichtigung der Axialspannung im Stützensteg, gegeben in 6.2.6.2(2) von EC3-1-8;</p> <p>Der Reduktionsfaktor ω ist in Tabelle 6.3 in EC3-1-8 gegeben;</p> <p><u>Hinweis:</u> Die Abminderung durch Knicken des Stützensteges und der querverlaufenden Stützensteifen unter Querdruck wird vernachlässigt. Die Geometrien (die Schlankheit) der querverlaufenden Stützensteifen, die diese Bedingung erfüllen, sind in Tabelle 4.3.1 dargestellt.</p>	
Trägersteg mit Zugbeanspruchung	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ <p>Die effektive Breite $b_{eff,t,wb}$ des Trägersteges bei Zugbeanspruchung sollte gleich der effektiven Länge des äquivalenten T-Stummels, welcher das Stirnblech mit Biegebeanspruchung für eine individuelle Schraubenreihe oder Schraubengruppe darstellt, angenommen werden.</p>	EC3-1-8 6.2.6.8
Stützensteg mit Querzugbeanspruchung	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ <p>Die effektive Breite $b_{eff,t,wc}$ des Stützensteges bei Zugbeanspruchung sollte gleich der effektiven Länge des äquivalenten T-Stummels, welcher das Stirnblech mit Biegebeanspruchung für eine individuelle Schraubenreihe oder Schraubengruppe darstellt, angenommen werden.</p> <p>Der Reduktionsfaktor ω ist in Tabelle 6.3 in EC3-1-8 gegeben.</p>	EC3-1-8 6.2.6.3
Schrauben mit Zugbeanspruchung	<p>Die Tragfähigkeit einer Schraubenreihe (zwei Schrauben) mit Zugbeanspruchung ist gegeben mit:</p> $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>wobei:</p> <ul style="list-style-type: none"> • f_{ub} die Zugfestigkeit der Schraube ist; • A_s die Spannungsquerschnittsfläche der Schraube ist. 	EC3-1-8 3.6.1

4.2.7 Komponentensteifigkeiten (Anschluss mit Biegebeanspruchung)

Komponente	Detaillierte Regeln	Quelle
Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung	$k_1 = \frac{0,38 A_{vc}}{\beta z}$ <p>Der Transformationsparameter β ist in Tabelle 5.4 des EC3-1-8 gegeben.</p> <p>Der Hebelarm, z, der Verbindung ist in EC-1-8, 6.3.3.1 gegeben.</p>	EC3-1-8 6.3.2
Stützenflansch mit	Für eine einfache Schraubenreihe mit Zugbeanspruchung:	EC3-1-8 6.3.2

Biegebeanspruchung	$k_4 = \frac{0.9b_{eff,cf}t_{fc}^3}{m^3}$ <p>Die effektive Breite b_{eff} ist die kleinste effektive Länge der Schraubenreihe (einzeln oder als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen)</p>	
Stirnblech mit Biegebeanspruchung	<p>Für eine einfache Schraubenreihe mit Zugbeanspruchung:</p> $k_5 = \frac{0.9b_{eff,ep}t_{ep}^3}{m^3}$ <p>Die effektive Breite b_{eff} ist die kleinste effektive Länge der Schraubenreihe (einzeln oder als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen)</p>	EC3-1-8 6.3.2
Stützensteg mit Querzugbeanspruchung	<p>Für eine einfache Schraubenreihe mit Zugbeanspruchung:</p> $k_3 = \frac{0.7b_{eff,wc}t_{wc}}{d_c}$ <p>Die effektive Breite b_{eff} ist die kleinste effektive Länge der Schraubenreihe (einzeln oder als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen) der Komponente des Stützenflansches mit Biegebeanspruchung.</p>	EC3-1-8 6.3.2
Schrauben mit Zugbeanspruchung	<p>Für eine einfache Schraubenreihe mit Zugbeanspruchung:</p> $k_{10} = 1.6A_s / L_b$	EC3-1-8 6.3.2

4.2.8 Komponententragfähigkeit (Anschluss mit Schubbeanspruchung)

Komponente	Detaillierte Regeln	Quelle		
Trägersteg mit Schubbeanspruchung	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ <p>wobei:</p> $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w \text{ wenn } \bar{\lambda}_w \geq 0.83 ;$ $\chi_w = 1.0 \text{ wenn } \bar{\lambda}_w < 0.83$ <p>mit $\bar{\lambda}_w = 0.3467(h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}$</p>	EC3-1-5 5.3		
Stützenflansch mit Lochleibungsbeanspruchung	<p>Für eine einfache Schraubenreihe (zwei Schrauben) mit Schubbeanspruchung:</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ <p>wobei:</p> $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ <p>α_b abhängig von der Richtung der Schubkraft und der Position der Schraubenreihe:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;"><i>Abwärts gerichtete Schubkraft</i></td> <td style="border: none; border-left: 1px solid black;"><i>Aufwärts gerichtete Schubkraft</i></td> </tr> </table>	<i>Abwärts gerichtete Schubkraft</i>	<i>Aufwärts gerichtete Schubkraft</i>	EC3-1-8 3.6.1
<i>Abwärts gerichtete Schubkraft</i>	<i>Aufwärts gerichtete Schubkraft</i>			

	<p>Schraubenreihen 1, 5 und 6 (oder^(*) Reihen 1, 3 und 4):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihen 2 und 4 (oder^(*) Reihe 2):</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 3:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$ <p style="text-align: center;">(*) : verwendet für Anschluss mit 4 Schraubenreihen (p₁ sollte durch p ersetzt werden)</p>	<p>Schraubenreihen 1, 2 und 6 (oder^(*) Reihen 1, 2 und 4)</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihen 3 und 5 (oder^(*) Reihe 3)</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 4:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$	
<p>Stirnblech mit Lochleibungsbeanspruchung</p>	<p>Für eine einfache Schraubenreihe (zwei Schrauben) mit Schubbeanspruchung:</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ <p><i>Abwärts gerichtete Schubkraft:</i></p> <p>Schraubenreihen 2 und 6 (oder^(*) Reihe 2 und 4):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihe 1 (oder^(*) Reihe 1):</p> $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$ <p>Schraubenreihen 3 und 5 (oder^(*) Reihe 3):</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 4:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$ <p style="text-align: center;">(*) : verwendet für Anschluss mit 4 Schraubenreihen (p₁ sollte durch p ersetzt werden)</p>	<p><i>Aufwärts gerichtete Schubkraft:</i></p> <p>Schraubenreihen 1 und 5 (oder^(*) Reihe 1 und 3):</p> $\alpha_b = 1.0$ <p>Schraubenreihe 6 (oder^(*) Reihe 4):</p> $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$ <p>Schraubenreihen 2 und 4 (oder^(*) Reihe 2):</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ <p>Schraubenreihe 3:</p> $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$	<p>EC3-1-8 3.6.1</p>
<p>Schrauben mit Abscherbeanspruchung</p>	<p>Für eine einfache Schraubenreihe (zwei Schrauben) mit Schubbeanspruchung:</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>$\alpha_v = 0.6$ für 8.8 Schrauben und $\alpha_v = 0.5$ für 10.9 Schrauben.</p>		<p>EC3-1-8 3.6.1</p>

4.3.2 Liste der Grenzwerte für präqualifizierte Daten

Tabelle 4-5- Liste der Grenzwerte für präqualifizierte Daten

Elemente	Anwendungsbereich
<i>Träger</i>	Warmgewalzte Träger von IPE330 bis IPE600. Der Querschnitt muss der Klasse 1 nach EN 1993-1-1 entsprechen. Zusammengesetzte Träger mit gleicher Querschnittsform können verwendet werden, sofern die Schweißnähte zwischen Steg und Flanschen mit Kehlnähten verstärkte durchgeschweißte Stumpfnähte sind.
Tiefe	330 bis 600 mm
Freies Spannweite-Tiefe Verhältnis (zwischen den angenommenen Orten der plastischen Gelenke)	Minimum 7
Flanschdicke	Minimum: 11 mm Maximum: 21 mm* (10% Extrapolation in Bezug auf das getestete Maximum)
Werkstoff	S235 bis S355
<i>Stütze</i>	Warmgewalzte Breitflanschstützen von HEB260/HEM260 bis HEB550/HEM550. Der Querschnitt muss der Klasse 1 nach EN 1993-1-1 entsprechen. Zusammengesetzte Träger mit gleicher Querschnittsform können verwendet werden, sofern die Schweißnähte zwischen Steg und Flanschen mit Kehlnähten verstärkte durchgeschweißte Stumpfnähte sind.
Tiefe	260 bis 550 mm
Flanschdicke	Minimum: 17.5 mm Maximum: 40 mm
Werkstoff	Von S235 bis S355
<i>Träger/Stützen Tiefe</i>	0,60-2,00
<i>Stirnblech</i>	20-40
Dicke	Minimum: 20 mm Maximum: 40 mm
Breite	Minimum: Breite des Trägerflansches + 30 mm Maximum: Breite des Stützenflansches
Werkstoff	Von S235 bis S355
<i>Quer verlaufende Stützen- und Trägersteifen</i>	Nach den Anforderungen aus EN 1993-1-8 und EN 1998-1.
Werkstoff	Von S235 bis S355
<i>Zusätzliche Stegbleche</i>	Nach den Anforderungen aus EN 1993-1-8 und EN 1998-1. Bei der Berechnung der zusätzlichen Schubtragfähigkeit des Stützensteg-blechs darf die gesamte Fläche der zusätzlichen Stegbleche berücksichtigt werden.
Höhe	Mindestens so hoch wie die Stirnbleche
Werkstoff	Von S235 bis S355

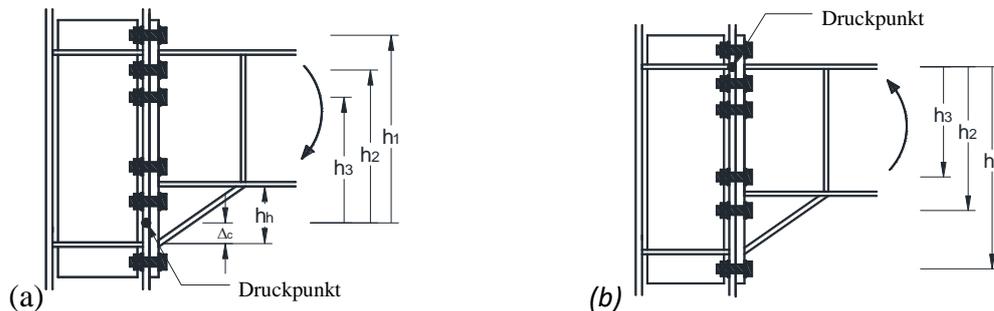
<i>Schrauben</i>	Hochfeste Schraubengruppen zur Vorspannung, gemäß EN 14399-3 (System HR) und EN 14399-4 (System HV). Schrauben sind vollständig vorzuspannen, gemäß EN 1090-2.
Größe	M24 bis M36
Güteklasse	8.8 oder 10.9
Löcher	Gemäß EN 1993-1-8
<i>Voute</i>	
Winkel	Voutenwinkel gemessen zwischen unterem Trägerflansch und dem Flansch der Voute liegt im Bereich von 30° bis 40°
<i>Schweißnähte</i>	Gemäß Error! Reference source not found.
Stirnblech zum oberen Trägerflansch und Voutenflansch	Verstärkte durchgeschweißte Stumpfnähte
Anschlussbleche an Stützenflanschen	Durchgeschweißte Stumpfnähte
Zusätzliche Stegbleche an Stützenflanschen	Durchgeschweißte Stumpfnähte
Andere Schweißnähte	Kehlnähte beidseitig mit einer Nahtdicke größer als das 0,55 fache der Dicke der verbundenen Bleche.

4.3.3 Entwurfsverfahren

Numerische Simulationen im Rahmen des Projekts EQUALJOINTS zeigten, dass sich bei positiven Biegemomenten der Druckpunkt in einem Abstand C über dem Voutenflansch befindet. Aufgrund der bisher vorliegenden Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass der Druckpunkt um 50% der Voutentiefe nach oben verschoben ist ($\Delta_C = 0,5 h_n$, siehe Abbildung). Für negative Momente wird die übliche Annahme des Druckpunktes in der Mitte des Druckflansches übernommen. Andererseits entwickeln Schraubenreihen in der Nähe des Druckpunktes aufgrund der Flexibilität des Stirnbleches und der begrenzten Duktilität der Schraubenreihen am Zugflansch vernachlässigbare Zugkräfte.

Daher wurde angenommen, dass nur die Schraubenreihen, die oberhalb der mittleren Tiefe des Trägerquerschnitts (ohne Voute) liegen, unter positivem Moment aktiv sind. Unter negativen Momenten wurden nur die Schraubenreihen, die außerhalb der mittleren Tiefe des Trägerquerschnitts einschließlich der Voute liegen, als aktiv angenommen. Das Stegblech kann so entworfen werden, dass es entweder die gleichen plastischen Verformungsanforderungen wie der Träger hat oder höherfester als der Träger ist.

Druckpunkt und aktive Schraubenreihen für (a) positives Moment und (b) negatives Moment



Allgemeines Vorgehen

Schritt 1: Erste Auswahl der Anschlussgeometrien und Werkstoffe

- Schraubenklasse, Schraubengröße und Anzahl der Schraubenreihen
- Dicke und Abmessungen des Stirnblechs
- Dicke und Abmessungen der Voute
- Dicke und Abmessungen der Quersteifen
- Dicke und Abmessungen der zusätzlichen Stegbleche (falls erforderlich)
- Schweißnahtspezifikation

Schritt 2: Bauteilcharakterisierung

- Komponententragfähigkeit (Anschluss mit Biegebeanspruchung)
- Komponentensteifigkeit (Anschluss mit Biegebeanspruchung)
- Komponententragfähigkeit (Anschluss mit Schubbeanspruchung)

Schritt 3: Montageverfahren

- Tragfähigkeit der Verbindung bei Biegebeanspruchung
- Tragfähigkeit der Verbindung bei Schubbeanspruchung
- Tragfähigkeit des Stützenstegfeldes
- Steifigkeit der Verbindung bei Biegebeanspruchung

Schritt 4: Anschlussklassifizierung und Überprüfung

4.3.4 Vorauswahl der Verbindungsgeometrien und Werkstoffe

Tabelle 4-6- Vorauswahl der Verbindungsgeometrien und Werkstoffe

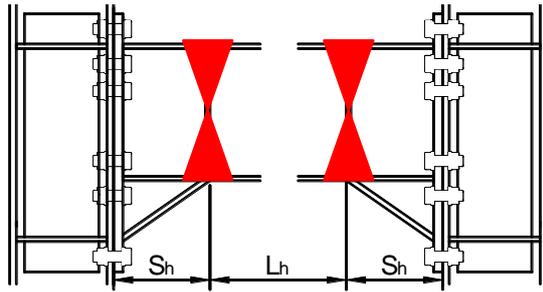
Verbindungs- elemente	Trägergröße		
	klein (\approx IPE360)	mittel (\approx IPE450)	groß (\approx IPE600)
Schrauben- festigkeitsklasse	10.9		
Schraubengröße	M27	M30	M36
Anzahl	6	6	6
Schraubenreihen			
Stirnblech	Dicke: $t_{ep}=d_b$.		

	<i>Abmessungen:</i> Die Breite sollte größer als die Trägerflanschbreite (um mindestens 30 mm zur Aufnahme der Schweißnaht) und kleiner als der Stützenflansch sein. Der überstehende Teil sollte ausreichen, um eine Schraubenreihe unter Beachtung der Regeln der EN3-1-8 (§3.5) zu positionieren.
Voute	Voutenflanschbreite gleich Trägerflanschbreite Voutenflanschdicke sollte größer sein als γ_{ov} mal Trägerflanschdicke. Dicke des Voutensteges sollte gleich oder größer sein als die des Trägersteges. Voutentiefe: <ul style="list-style-type: none"> • $h_h = 0,4 \cdot h_b$ für Vouten mit Winkel von $30^\circ \leq \alpha < 40^\circ$; • $h_h = 0,5 \cdot h_b$ für Vouten mit Winkel von $40^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$.
Zusätzliche Stegbleche	Die Dicke und die Abmessungen der zusätzlichen Stegbleche sollten den Vorschriften der EN 1993-1-8 (§ 6.2.6.1) entsprechen, andernfalls sollten Lochschweißungen verwendet werden, um die Stabilität der zusätzlichen Bleche zu gewährleisten.
Querstreifen	Error! Reference source not found.
Schweißnahtdetails	
Hinweis: t_{ep} ist die Dicke der Stirnbleche und d_b ist der Nenndurchmesser der Schraube.	

4.3.5 Montageverfahren und Überprüfung des Entwurfs

Klassifikationstyp	Kriterium	Quelle												
Tragfähigkeit bei Biegebeanspruchung	Volltragfähige Verbindung: $M_{con,Rd} \geq M_{con,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h)$ $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$	Equaljoints												
Tragfähigkeit bei Schubbeanspruchung	$V_{con,Rd} \geq V_{b,Ed}$	Equaljoints												
Tragfähigkeit des Stützenstegblechs mit Schubbeanspruchung	Überfestes Stegblech: $V_{wp,Rd} \geq V_{wp,Ed}$ mit $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$	Equaljoints												
Steifigkeitsklassifizierung	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Klassifizierung</td> <td style="width: 30%;">ausgesteifter Rahmen</td> <td style="width: 30%;">nicht ausgesteifter Rahmen</td> </tr> <tr> <td>nachgiebig</td> <td>$0.5 \leq k_b < 8$</td> <td>$0.5 \leq k_b < 25$</td> </tr> <tr> <td>biegesteif</td> <td>$k_b \geq 8$</td> <td>$k_b \geq 25$</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$</td> </tr> </table>	Klassifizierung	ausgesteifter Rahmen	nicht ausgesteifter Rahmen	nachgiebig	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	biegesteif	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$			EC3-1-8 5.2.2
Klassifizierung	ausgesteifter Rahmen	nicht ausgesteifter Rahmen												
nachgiebig	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$												
biegesteif	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$												
$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$														

Bestimmung des einwirkenden Biegemomentes an der Stirnseite der Stütze und der zugehörigen Querkraft:



Das einwirkende Biegemoment an der Stirnseite der Stütze bei plastischem Gelenk am Ende der Voute:

$$M_{con,Ed} = M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h$$

Die einwirkende Schubkraft in der Verbindung $V_{con,Ed}$ wird unter der Annahme ermittelt, dass sich an beiden Enden des Trägers vollständig fließende und kaltverfestigte plastische Gelenke bilden:

$$V_{con,Ed} \cong V_{b,Ed} = V_{Ed,M} + V_{Ed,G}$$

wobei:

$M_{pl,Rd}^* = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov} \cdot W_{pl,beam} \cdot f_{y,beam}$ ist das erwartete plastische Moment an der Stelle des plastischen Gelenkes;

$W_{pl,beam}$ ist das plastische Widerstandsmoment des Trägers;

$f_{y,beam}$ ist die festgelegte minimale Streckgrenze des fließenden Elementes;

γ_{sh} ist der Kaltverfestigungsfaktor zur Berücksichtigung der maximalen Verbindungstragfähigkeit

γ_{ov} ist der Materialüberfestigkeitsfaktor;

$V_{Ed,M}$ ist die Schubkraft infolge plastischer Gelenke;

$V_{Ed,G}$ ist die Schubkraft infolge Gravitationslast in der seismischen Entwurfsituation;

s_h ist der Abstand von der Stützenfläche bis zum plastischen Gelenk;

L_h ist der Abstand zwischen plastischen Gelenken;

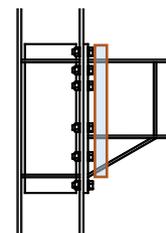
Hinweis: Experimentelle Untersuchungen zeigen, dass sich plastische Gelenke in einiger Entfernung vom Voutenende bilden. Zur Vereinfachung kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich das plastische Gelenk am Voutenende befindet. Eine genauere Position kann bei Bedarf verwendet werden.

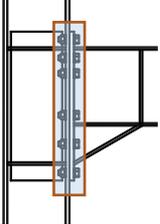
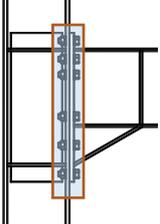
Prüfen des Trägerendes einschließlich Voute

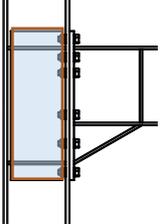
Das Trägerende einschließlich der Voute wird nach EN 1993-1-1 auf das zu erwartende einwirkende Biegemoment an der Stützenseite geprüft:

$$\frac{M_{con,Ed}}{M_{bh,Rd}} \leq 1,0$$

wobei:



<p>$M_{bh,Rd}$ ist die plastische Momententragfähigkeit des Doppel-T-Profiles bestehend aus oberem Trägerflansch, Voutenflansch und Träger-Voutensteg unter Vernachlässigung des unteren Trägerflansches, siehe Ziffer 6.2.6.7 von EN 1993-1-8;</p> <p>$M_{con,Ed}$ ist das erwartete maximal einwirkende Moment an der Stützenfläche;</p> <p>Um mögliche Materialüberfestigkeiten des Trägers gegenüber der Voute zu berücksichtigen, wird die Voutenflanschdicke um den Faktor γ_{ov} erhöht.</p>	
<p><u>Prüfen der Biegetragfähigkeit der Stirnblechverbindung</u></p> <p>Überprüfen der Tragfähigkeit der Verbindung mit Biegebeanspruchung, sowohl bei positivem, als auch bei negativem Moment:</p> $\frac{M_{con,Ed}}{M_{con,Rd}} \leq 1,0$ <p>wobei $M_{con,Rd}$ die Biegetragfähigkeit der Verbindung ist.</p> <p>Die folgenden Komponenten werden verwendet, um die Momententragfähigkeit der Verbindungen zu erreichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stützenflansch mit Biegebeanspruchung; • Stirnblech mit Biegebeanspruchung; • Trägersteg mit Querkzugbeanspruchung; • Stützensteg mit Querkzugbeanspruchung; • Stützensteg mit Querkdruckbeanspruchung. <p>$M_{con,Rd}$ wird gemäß EN 1993-1-8 bestimmt, mit den folgenden Änderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unter positivem Biegemoment, werden nur die Schraubenreihen oberhalb der mittleren Tiefe des Trägerquerschnitts (ohne Voute) als aktiv angenommen • Unter negativem Biegemoment, werden nur Schraubenreihen unterhalb der mittleren Tiefe des Trägerquerschnitts einschließlich Voute als aktiv angenommen • Für ein positives Biegemoment wird die Druckpunkt um 50% der Voutentiefe nach oben verschoben ($\Delta_c = 0.5 h_h$, siehe Error! Reference source not found.a) • Folgende Komponenten werden nicht berücksichtigt: Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung, Trägerflansch und Steg (und Voute) unter Druck. 	
<p><u>Prüfen der Schubtragfähigkeit der Verbindung</u></p> $\frac{V_{b,Ed}}{V_{con,Rd}} \leq 1,0$ <p>wobei $V_{con,Rd}$ die Schubtragfähigkeit der Verbindung ist.</p> <p>Die folgenden Komponenten werden verwendet, um die Schubtragfähigkeit der Verbindungen zu erhalten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trägersteg mit Schubbeanspruchung; • Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung auf den Stützenflansch; • Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung auf das Stirnblech; • Schrauben mit Abscherbeanspruchung. Es sollten nur die Schrauben berücksichtigt werden, die bei der Berechnung der Biegetragfähigkeit der Verbindung nicht einbezogen wurden. 	

<u>Prüfen des Stützenstegfeldes</u>	
<p>Die einwirkende Schubkraft im Stützenstegfeld wird aus den auf die Stegplatte wirkenden Biegemomenten und Querkraften ermittelt.</p>	
$V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$	
<p>Wobei:</p>	
<p>$V_{wp,Ed}$ die einwirkende Schubkraft im Stützenstegfeld ist;</p>	
<p>$V_{c,Ed}$ die Schubkraft in der Stütze ist;</p>	
<p>z ist der innere Hebelarm.</p>	
<p>Für eine <i>überfestes Stützenstegfeld</i> sollte die Bemessungsschubkraft unter Berücksichtigung der Entstehung von voll fließenden und kaltverfestigten plastischen Gelenken im Träger berechnet werden:</p>	
$\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$	
<p>Die Tragfähigkeit des Stützenstegfeldes wird wie folgt überprüft:</p>	
$\frac{V_{wp,Ed}}{V_{wp,Rd}} \leq 1,0$	
<p>$V_{wp,Rd}$ wird gemäß EN 1993-1-8 ermittelt. Es gelten folgende Einschränkungen:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Es ist erlaubt, die gesamte Fläche der zusätzlichen Stegbleche bei der Berechnung der zusätzlichen Schubtragfähigkeit des Stützenstegfeldes zu berücksichtigen. • Die zusätzliche Schubtragfähigkeit $V_{wp,add,Rd}$ resultierend aus Stützenflanschen und Quersteifen darf vernachlässigt werden. 	

4.3.6 Komponentencharakterisierung

<i>Komponente</i>	<i>Detaillierte Regeln</i>	<i>Quellen</i>
Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung	Regeln in EN 1993-1-8, 6.2.6.1 gelten, mit den folgenden Anmerkungen: <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Berechnung der zusätzlichen Schubtragfähigkeit der Stegbleche darf die gesamte Fläche der zusätzlichen Stegbleche berücksichtigt werden. • Die zusätzliche Schubtragfähigkeit $V_{wp,add,Rd}$ aufgrund von Stützenflanschen und Quersteifen darf vernachlässigt werden 	EN 1993-1-8 6.2.6.1 6.3.2
Stützenflansch mit Biegebeanspruchung	Regeln in EN 1993-1-8 gelten.	EN 1993-1-8 6.2.6.4 6.3.2
Stirnblech mit Biegebeanspruchung	Regeln in EN 1993-1-8 gelten.	EN 1993-1-8 6.2.6.5 6.3.2
Stützensteg mit Quer-Druckbeanspruchung	Regeln in EN 1993-1-8 gelten.	EN 1993-1-8 6.2.6.2 6.3.2
Trägersteg mit Querkzugbeanspruchung	Regeln in EN 1993-1-8 gelten.	EN 1993-1-8 6.2.6.8 6.3.2

<i>Komponente</i>	<i>Detaillierte Regeln</i>	<i>Quellen</i>
Stützensteg mit Querzugbeanspruchung	Regeln in EN 1993-1-8 gelten.	EN 1993-1-8 6.2.6.3 6.3.2
Trägersteg mit Schubbeanspruchung	Regeln in EN 1993-1-8 gelten.	EN 1993-1-1 6.2.6
Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung auf den Stützenflansch	Regeln in EN 1993-1-8 gelten.	EN 1993-1-8 3.6.1
Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung auf das Stirnblech	Regeln in EN 1993-1-8 gelten.	EN 1993-1-8 3.6.1
Schrauben mit Abscherbeanspruchung	Regeln in EN 1993-1-8 gelten.	EN 1993-1-8 3.6.1

4.3.7 Steifigkeitsklassifizierung

Gevoutete Träger-Stützen Anschlüsse mit überstehenden Stirnblechen dürfen als biegesteif angenommen werden, vorausgesetzt:

- die Tragfähigkeit des Stützenstegfeldes wird anhand von Gleichung (6.7) in EN 1993-1-8 ermittelt, unter Vernachlässigung der zusätzlichen Schubtragfähigkeit $V_{wp,add,Rd}$ infolge Stützenflanschen und Quersteifen;
- das Mittellinienmodell wird für die globale Strukturanalyse verwendet;
- die Schrauben sind Kategorie E (vorgespannt) gemäß EN 1993-1-8

Die Regeln in EN 1993-1-8 können zur Quantifizierung der Steifigkeit der Verbindung und der Stützenstegfelder verwendet werden. Eine komplexere Modellierung von Verbindung und Stützenstegfeld kann bei Bedarf in der globalen Strukturanalyse eingesetzt werden.

4.3.8 Duktilitätsklassifizierung

Gevoutete Träger-Stützen Anschlüsse mit überstehenden Stirnblechen, die gemäß den obigen Regelungen entworfen sind, gelten als geeignet für den Einsatz in DCH- und DCM-Strukturen (*DC* für *ductility class* mit *H* für *High* und *M* für *Medium*) (Momententragfähige Rahmen (MRF), Dualsysteme aus biegesteifen Rahmen und zentrischen Verbänden (*Dual Concentrically Braced Frames* CBF) und Dualsysteme aus biegesteifen Rahmen und exzentrischen Verbänden (*Dual Excentrically Braced Frames* EBF)).

Dies beruht darauf, dass alle getesteten Verbindungen die folgenden Anforderungen erfüllt haben (ANSI/AISC 341-16):

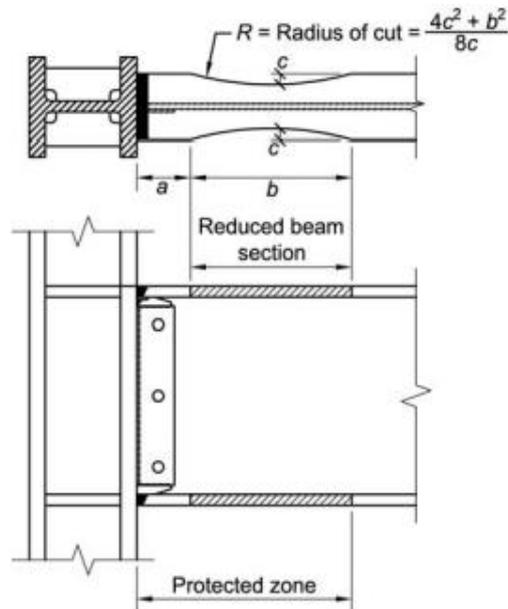
- Die Verbindung war in der Lage, einen Stockwerksverdrehwinkel von mindestens 0,04 rad aufzunehmen
- Der gemessene Biegewiderstand der Verbindung, ermittelt an der Stützenfläche, betrug mindestens 0,80 Mp des angeschlossenen Trägers bei einem Stockwerksverdrehwinkel von 0,04 rad.

Der Anwender wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Stockwerksverdrehung, zugehörig zu einem 20% Abfall des maximalen Moments, weniger als 0,04 rad (aber größer als 0,03 rad) für die Vouten betrug.

4.4 Dog-Bone Anschlüsse

4.4.1 Beschreibung der Anschlusskonfiguration

Konfiguration und Dimensionen der Reduced Beam Section Verbindungen



4.4.2 Entwurfsverfahren

Auf dieser Basis sind die Anforderungen von AISC 341 (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings), AISC 358-16 (Prequalified Connections for Seismic Applications) und AISC 360 (Specification for Structural Steel Buildings) zu erfüllen.

Basierend auf dem Obengenannten folgt der Entwurf dem folgenden Verfahren:

1. Prüfen des lokalen Beulens des Trägers unter Erdbebenbeanspruchung

$$b_{bf}/(2t_{fb}) < \lambda_{ps} = 0.3\sqrt{(E/f_y)}$$

2. Prüfen lokalen Beulens der Stütze unter Erdbebenbeanspruchung

$$b_{cf}/(2t_{fc}) < \lambda_{ps} = 0.3\sqrt{(E/f_y)}$$

3. Prüfen der Grenzwerte für Träger von AISC 358 Sect 5.3.1

Es wird allerdings darauf hingewiesen, dass auf der Grundlage der im Projekt Equaljoints durchgeführten Tests die Trägergrößen von der Tiefe W36 auf W44 erweitert werden können, welche ein angemessenes Verhalten unter den Präqualifikationsanforderungen gezeigt haben.

4. Prüfen der Grenzwerte für Träger von AISC 358 Sect 5.3.2

Es wird allerdings darauf hingewiesen, dass auf der Grundlage der im Projekt Equaljoints durchgeführten Tests die Trägergrößen von der Tiefe W36 auf W40 erweitert werden können, welche ein angemessenes Verhalten unter den Präqualifikationsanforderungen gezeigt haben.

5. Ermittlung des plastischen Widerstandsmoments in der Mitte der RBS (AISC 358 Sect 5.8, Step 2)

$$Z_{RBS} = Z_x - 2 c t_{fb} (h_b - t_{fb})$$

mit:

Z_{RBS} plastisches Widerstandsmoment in der Mitte der RBS

$Z_{pl.x}$ plastisches Widerstandsmoment in x-Richtung für den vollen Trägerquerschnitt

t_{fb} Dicke des Trägerflansches

h_b Tiefe des Trägers

c Tiefe des Einschnitts in der Mitte der RBS

6. Bestimmung des mutmaßlichen maximalen Momentes in der RBS (AISC 358 Sect 5.8 Step 3)

$$M_{pr} = M_{RBS} = C_{pr} R_y f_y Z_e$$

mit:

C_{pr} ist ein Faktor zur Berücksichtigung der Spitzentragfähigkeit der Verbindung, inklusive Kaltverfestigung, lokalem Zwang, zusätzlicher Verstärkung und anderen Verbindungsbedingungen, berechnet durch:

$$C_{pr} = \frac{f_y + f_u}{2f_y} \leq 1.2$$

R_y Verhältnis der erwarteten Streckgrenze zur angegebenen Mindeststreckgrenze, f_y

7. Berechnen der Schubkraft in der Mitte der RBS (AISC 358 Sect 5.8 Step 4)

$$V_p = V_{RBS} = 2 M_{pr} / L_h + V_g$$

8. Berechnen der zugehörigen Schubkraft in der Stütze

$$V_c = N_b V_e L_b / (N_c h_c)$$

9. Berechnen des mutmaßlichen maximalen Momentes an der Fläche der Stütze (AISC 358 Sect 5.8 Step 5)

$$M_f = M_{pr} + V_{RBS} S_h + M_g$$

mit:

$$M_g = \frac{1}{2} W_{ub} S_h^2$$

10. Berechnen des voraussichtlichen plastischen Momentes des Trägers (AISC 358 Sect 5.8 Step 6)

$$M_{pe} = R_y f_y Z_{bx}$$

11. Überprüfen, ob die Biegefestigkeit $\Phi_d M_{pe}$ nicht übersteigt (AISC 358 Sect 5.8 Step 7)

$$M_f < \Phi_d M_{pe}$$

12. Berechnen und Überprüfen der in der Stütze resultierenden Kraft

$$\begin{aligned}
 P_b &\leq \Phi f_y w_{tw} (5k + l_b) \\
 &\leq \Phi 0.8 t_w^2 [1 + 3 (l_b / d) (t_w / t_f)^{1.5}] (E f_{yw} t_f / t_w)^{1/2} \\
 &\leq \Phi 6.25 f_{yf} t_f^2
 \end{aligned}$$

mit:

$$P_b = M_f b_{fb} t_{fb} / Z_x$$

13. Überprüfen des Verhältnisses von Stützen- zu Trägermoment (AISC 341 Sect. 9.6)

$$\Sigma M_{pc}^* / \Sigma M_{pb}^* > 1.0$$

mit:

ΣM_{pc}^* ist die Summe der Momente in der Stütze über und unter dem Anschluss am Schnittpunkt von Träger- und Stützenmittellinien

$$= \Sigma [Z_c (f_{yc} - P_{uc} / A_g) + V_c d_b / 2]$$

ΣM_{pb}^* ist die Summe der Momente im Träger am Schnittpunkt der Träger- und Stützenmittellinien

$$= N_b M_{RBS} + \Sigma M_v$$

ΣM_v ist das zusätzliche Moment infolge der Schubkraftehöhung durch die Lage des plastischen Gelenkes zur Stützenmittellinie

$$= (V_{RBS} + V'_{RBS}) (a + b / 2 + d_c / 2)$$

14. Überprüfen der Schubtragfähigkeit des Stützenschubfeldes (AISC 341 Sect 9.3)

$$0.75 P_c > P_r$$

$$\phi_v R_n > \Sigma M_f / (d_b - t_{fb}) - V_c$$

15. Berechnen der erforderlichen Dicke des Doppelblechs

$$R_u \leq \phi R_{ncol} + \phi R_{ndp}$$

$$t_{dp} \geq (R_u - \phi R_{ncol}) / (0.6 f_y d_c)$$

16. Überprüfen der erforderlichen Dicke des Stützensteges und des Doppelblechs (wenn vorhanden)

$$t \geq (d_z + w_z) / 90$$

17. Überprüfen, ob quer verlaufende Stützensteifen erforderlich sind (AISC 358 Step 10)

$$t_{fc} \geq 0.4 [1.8 b_b f_t b_f (F_{yb} R_{yb}) / (F_{yc} R_{yc})] 0.5$$

$$t_{fc} \geq b_{fb} / 6 \text{ oder } 12$$

18. Berechnen der erforderlichen Dicke der quer verlaufende Stützensteifen

Überprüfung 1: $t_s \geq 0.5 t_{bf}$

Überprüfung 2: $P_b \leq \phi R_{ncol} + \phi R_{ncp}$

$$t_s \geq (P_b - \varphi R_{ncol}) / (0.9 f_y b_{bf})$$

5. LITERATUR

- [1] CEN (2005). “EN 1993-1-8:2005, Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints”, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [2] ECCS (2018). “Volume with pre-normative design recommendations for seismically qualified steel joints”, 1st edition.

Disclaimer

This software enables the user to access a database of seismically prequalified steel joints and also calculates the resistance of beam-to-column joints according to EC3-1-8 and EQUALJOINTS project specifications.

No warranty is given to the user of the software. The user agrees to indemnify and hold harmless from any claim and any direct and/or indirect loss or damage, including but not limited to those resulting from an incorrect use and/or a use made for an inadequate or inappropriate purpose.

Copyright

Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE)

Department of Civil Engineering, University of Coimbra

WARNING

This program is protected by copyright law. Unauthorized reproduction or distribution of this program, or any parts of it, may result in severe civil and criminal penalties.