



4H- STATIKPROGRAMME
AUS HANNOVER

DTE Desktop[®]
Engineering



pcae GmbH

Kopernikusstr. 4A

30167 Hannover

Tel 0511/70083-0

Fax 0511/70083-99

Internet www.pcae.de

Mail dte@pcae.de



4H-EC3TT

Biegestoß mit thermischer Trennschicht

April 2025

4H-EC3TT

Biegestoß mit thermischer Trennschicht

Copyright 2016-2025

4. erweiterte Auflage, April 2025

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

pcae versichert, dass Handbuch und Programm nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurden. Für absolute Fehlerfreiheit kann jedoch infolge der komplexen Materie keine Gewähr übernommen werden.

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

Korrekturen und Ergänzungen zum vorliegenden Handbuch sind ggf. auf der aktuellen Installations-CD enthalten. Ergeben sich Abweichungen zur Online-Hilfe, ist diese aktualisiert.

Ferner finden Sie **Verbesserungen und Tipps im Internet unter www.pcae.de**.

Von dort können zudem aktualisierte Programmversionen herunter geladen werden.

S. hierzu auch *automatische Patch-Kontrolle* im DTE[®]-System.

Produktbeschreibung

Das Programm *##-EC3TT* berechnet biegesteife Stirnblechstöße von Doppel-T-Profilen mit einer thermischen Trennschicht (nach Art des Kerncompactlagers der Fa. Calenberg Ingenieure GmbH). Die Tragfähigkeit des Anschlusses erfolgt zum einen nach der Komponentenmethode, zum anderen nach der Berechnungsmethode von Nasdala et.al. (s. Literatur).

Bei der Komponentenmethode wird davon ausgegangen, dass ein Anschluss als eine Zusammenstellung von Grundkomponenten dargestellt werden kann, wobei das Tragverhalten einer Grundkomponente unabhängig von den anderen Gkn ist. Daraus lässt sich die Momenten Tragfähigkeit des Anschlusses unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Trennschicht bestimmen.

Für geschraubte Stirnblechverbindungen sind die beteiligten Grundkomponenten im EC 3-1-8 aufgeführt und werden vom Programm unterstützt.

Da einzelne Grundkomponenten lastabhängig sind, werden für jede Bemessungsgröße die Grundkomponenten ausgewertet und die Biegetragfähigkeit des Anschlusses bestimmt.

Im Endergebnis wird die maximale Biegetragfähigkeit angegeben.

Spezielle Leistungsmerkmale

- der Trägerstoß wird als geschraubter Stirnplattenanschluss mit einer zwischenliegenden Trennschicht ausgeführt
- die Trennschicht ist nach Art des Kerncompactlagers der *Fa. Calenberg Ingenieure GmbH* auszuführen
- der Anschluss ist symmetrisch, d.h. Träger- und Stirnblechabmessungen sind beidseitig der Trennschicht gleich
- die Bemessungslasten müssen i.A. nicht umgerechnet werden. Sie können im Knotenpunkt der Systemachsen oder im Anschnitt der Verbindung bezogen auf die Systemachsen bzw. senkrecht zur Anschlussebene eingegeben werden.
- die Schweißnähte zwischen Träger und Stirnblech werden mit dem Linienmodell nach dem vereinfachten oder richtungsbezogenen Verfahren nachgewiesen. Es handelt sich i.A. um beidseitig angeordnete Kehlnähte, deren Eingabewerte der wirksamen Nahtdicke jeweils für beide Seiten gelten.
- die Träger können geneigt sein und/oder mit einer Voute verstärkt werden
- im Stirnblech können beliebig viele Schraubenreihen mit frei definierbaren Abständen angeordnet werden. Da die Norm nur zwei Schrauben je Reihe vorsieht, wird auch nur diese Anzahl im Programm uneingeschränkt unterstützt. Jedoch sind für Stirnblechstöße mit vier Schrauben in einer Reihe Berechnungsmethoden verschiedener Autoren implementiert. Es kann gewählt werden, wie viele der Schraubenreihen zur Ermittlung der Biege- und Abschertragfähigkeit herangezogen werden sollen. Vereinfachend kann eingestellt werden, dass alle Schraubenreihen betrachtet werden sollen.
- die Trägerprofile können entweder dem *pcae*-eigenen Profilmanager entnommen oder als typisierter Querschnitt parametrisiert eingegeben werden
- die Parameter der Schrauben und Stahlsorten können entweder über deren Bezeichnungen einer *pcae*-eigenen Listbox entnommen oder vom Anwender vorgegeben werden
- im Ausgabeprotokoll wird bei Bedarf der Rechenweg in ausführlicher Form dargestellt, so dass jeder Zahlenwert nachvollzogen werden kann. Natürlich kann das Statikdokument auch wesentlich reduziert werden.
- Export der Konstruktionszeichnung im DXF-Format zur Weiterbearbeitung in einem CAD-System
- Export der Eingabedaten in das erheblich umfangreichere *pcae*-Programm *##-EC3BT*

Die Programmentwicklung erfolgt nahezu ausschließlich durch Bauingenieure.

Die interaktiven Steuermechanismen des Programms sind aus anderen Windows- Anwendungen bekannt. Wir haben darüber hinaus versucht, weitestgehend in der Terminologie des Bauingenieurs zu bleiben und *##-EC3TT* von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.



Das vorliegende Handbuch beschreibt die Handhabung des Programms. Informationen zu dem jeweiligen Eigenschaftsblatt finden Sie zusätzlich über den lokalen Hilfebutton.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit #EC3TT.

pcae GmbH

Hannover, im April 2025

Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

RMT	rechte Maustaste drücken
LMT	linke Maustaste drücken
LF	Lastfall (Teileinwirkung)
Nwtyp	Nachweistyp
Gk	Grundkomponente
GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit
GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit



signalisiert Anmerkungen

Buttons

Das Betätigen von Buttons wird durch Setzen des Buttoninhalts in **blaue Farbe** und die Auswahl eines Begriffs in einer Listbox durch diese **Farbe** symbolisiert.



Rot markierte Buttons bzw. Mauszeiger kennzeichnen erforderliche Eingaben bzw. anzuklickende Buttons.

Index

Indexstichworte werden im Text zum schnelleren Auffinden **grün markiert**.

Beim Verweis auf Eigenschaftsblätter wird deren *Bezeichnung kursiv gedruckt*.

Doppelklick

zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

blank

Leerzeichen

Cursor

Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

icon

oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

Zur Definition der Begriffe **Lastbild**, **Lastfall**, **Einwirkung**, **Lastkollektiv** und **Extremalbildungsvorschrift** s. Handbuch das **pcae-Nachweiskonzept**, Theoretischer Teil.

Die in der Interaktion mit **pcae**-Programmen stehenden **Buttons** besitzen folgende Funktionen:



Bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab.



Lädt abgespeicherte Werte in das Eigenschaftsblatt bzw. speichert die aktuellen Werte zum späteren Abruf in anderen Eigenschaftsblättern.



Ruft das Online-Hilfesystem.



Bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt.



Löschen-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage.



Datenzustand
überprüfen

Wenn der Mauszeiger einen Moment auf einem Button verweilt, erscheint ein Fähnchen, das den zugehörigen Aufruf beschreibt.

Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten	5
2	Bauteil erzeugen.....	7
3	Eingabeoberfläche.....	9
3.1	Material / Profile / Rechenlaufsteuerung	11
3.1.1	Allgemeines.....	11
3.1.2	Materialsicherheitsbeiwerte.....	11
3.1.3	Stahlsorte	11
3.1.4	Schrauben	11
3.1.5	Profile	12
3.1.6	Nachweise.....	12
3.2	Anschlussparameter.....	13
3.2.1	Anschlusskonfiguration	13
3.2.2	geschraubter Trägerstoß mit Stirnblech.....	14
3.2.3	Besonderheiten bei Trägerneigung und Vouten	16
3.2.4	Druckausgabe	17
3.3	Schnittgrößen	19
3.3.1	Schnittgrößen importieren.....	20
3.3.1.1	Import von einem Einzelschnitt bei Trägerstößen	21
3.4	Ergebnisübersicht.....	23
3.5	Bezeichnung der Eingabeparameter.....	24
4	allgemeine Erläuterungen.....	25
4.1	Komponentenmethode	25
4.1.1	geschraubte Stirnblechverbindung.....	26
4.1.2	Besonderheiten bei Vouten.....	28
4.2	Teilschnittgrößen	29
4.3	Nachweise	30
4.3.1	Nachweis der Anschluss Tragfähigkeit mit der Komponentenmethode.....	31
4.3.2	Nachweis der Schweißnähte.....	31
4.3.3	Nachweis eines Stirnplattenstoßes mit thermischer Trennschicht	33
5	Allgemeines zu Grundkomponenten	36
5.1	Grundidee	36
5.2	Anschlusskonfiguration	36
5.3	statisches Modell für Träger-Stützenanschlüsse	36
5.4	Berechnung allgemeiner Querschnittsgrößen.....	37
5.5	Klassifizierung von Querschnitten	37
5.6	Teilsicherheitsbeiwerte für Anschlüsse	37
5.7	Formelzeichen	38
6	Beschreibung der Grundkomponenten	39
6.1	Stirnblech mit Biegebeanspruchung	39
6.1.1	Anwendungsvoraussetzung	39
6.1.2	Tragfähigkeit.....	39
6.1.3	Schraubengruppe.....	39
6.2	Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung	40
6.2.1	Anwendungsvoraussetzung	40
6.2.2	Tragfähigkeit.....	40
6.3	Trägersteg mit Zugbeanspruchung	41
6.3.1	Anwendungsvoraussetzung	41
6.3.2	Tragfähigkeit.....	41
6.3.3	Träger.....	41
6.4	Schrauben mit Zugbeanspruchung	42
6.4.1	Anwendungsgrenzen	42
6.5	Schrauben mit Abscherbeanspruchung	42
6.5.1	Anwendungsgrenzen	42
6.6	Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung	42
6.6.1	Anwendungsgrenzen	42
6.7	Vouten	43

6.7.1	Anwendungsgrenzen	43
6.7.2	Tragfähigkeit.....	43
6.7.3	Verbindung Voute-Träger n. Grundkomponente 7.....	43
6.7.4	Verbindung Voute-Träger n. Grundkomponente 2.....	44
7	Basisverbindungen	45
7.1	Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen	45
7.1.1	Schrauben	45
7.1.2	Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben	46
7.1.2.1	Rechenparameter Schrauben.....	48
7.1.3	Bolzen	48
7.1.4	Berechnung der Tragfähigkeiten massiver Rundbolzen	49
7.2	Tragfähigkeit von Schweißverbindungen	50
7.2.1	Kehlnähte	50
7.2.2	Stumpfnähte	51
7.2.3	Anordnung von Futterblechen.....	51
7.3	Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung.....	52
7.3.1	Berechnung der wirksamen Längen	53
7.3.2	Tragfähigkeit.....	55
7.4	T-Stummel mit vier Schrauben je Schraubenreihe	56
7.4.1	Berechnung der wirksamen Längen	57
7.4.2	Tragfähigkeit.....	59
8	Allgemeines	61
8.1	Stahlsorten	61
8.2	Ausdrucksteuerung	61
8.3	nationale Anhänge zu den Eurocodes	62
9	Literaturverzeichnis	63
10	Index	66

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##-EC3TT* auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##*-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte Abs. 2, Bauteil erzeugen, auf S. 7 weiter.

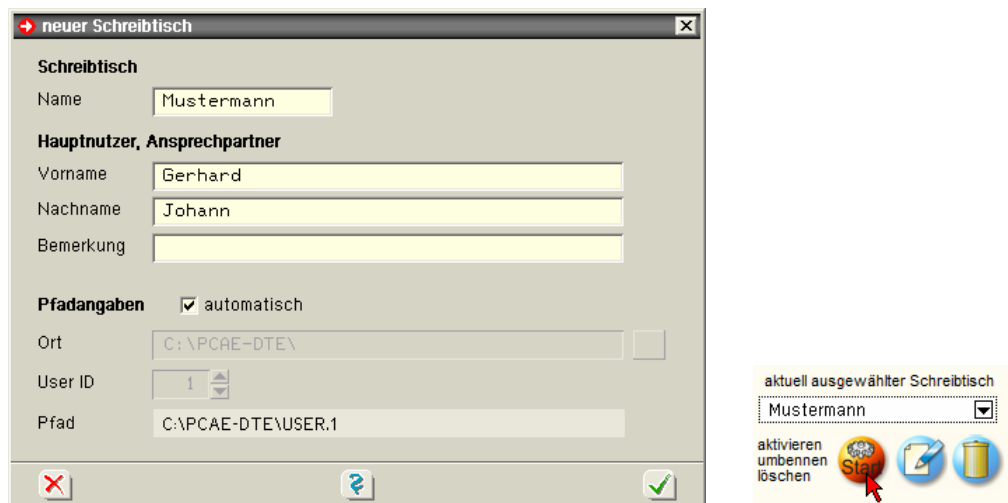


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelklick aus.

Daraufhin erscheint das Eigenschaftsblatt zur **Schreibtischauswahl**. Da noch kein Schreibtisch vorhanden ist, wollen wir einen neuen einrichten. Klicken Sie hierzu bitte auf den Button **neu**.



Schreibtischname Dem neuen Schreibtisch kann ein beliebiger Name zur Identifikation zugewiesen werden. Klicken Sie hierzu mit der LMT in das Eingabefeld. Hier ist *Mustermann* gewählt worden.



Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

DTE® steht für *DeskTopEngineering* und stellt das "Betriebssystem" für *pcae*-Programme und die Verwaltungsoberfläche für die mit *pcae*-Programmen berechneten Bauteile dar.



Zur Beschreibung des DTE®-Systems und der zugehörigen Funktionen s. Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*.



Steuerbuttons

Im oberen Bereich des Schreibtisches sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

Die Funktion eines Steuerbuttons ergibt sich aus dem Fähnchen, das sich öffnet, wenn sich der Mauscursor über dem Button befindet.

Auf Grund der **Kontextsensitivität** des DTE®-Systems sind manche Buttons solange abgedunkelt und nicht aktiv bis ein Bauteil aktiviert wird.

- | | |
|--|---|
| | Die Buttons bewirken im Einzelnen |
| | öffnet die Schreibtischauswahl |
| | legt einen neuen Projektordner an |
| | erzeugt ein neues Bauteil |
| | kopiert das aktivierte Bauteil |
| | fügt die Bauteilkopie ein |
| | lädt/sichert Bauteile. Hier befindet sich auch der e-Mail-Dienst . |
| | menügesteuerte Bearbeitung des aktivierten Bauteils |
| | druckt die Datenkategorien des aktivierten Bauteils |
| | ruft das Planerstellungsmodul des aktivierten Bauteils |
| | löscht das aktivierte Bauteil/Ordner |
| | öffnet die Bearbeitung der Auftragsliste |
| | öffnet die Mehrfachauswahl zur gleichzeitigen Bearbeitung von Bauteilen |
| | eröffnet Verwaltungsfunktionen |
| | schließt den geöffneten Ordner/beendet die DTE®-Sitzung |

Bauteil erzeugen



Durch Erzeugung eines **Ordners** besteht die Möglichkeit, Bauteile einem bestimmten Projekt zuzuordnen. Ein Ordner wird durch Anklicken des nebenstehenden Symbols erzeugt. Der Ordner erscheint auf dem DTE®-Desktop und kann, nachdem ihm eine Bezeichnung und eine Farbe zugeordnet wurden, per Doppelklick aktiviert (geöffnet) werden.



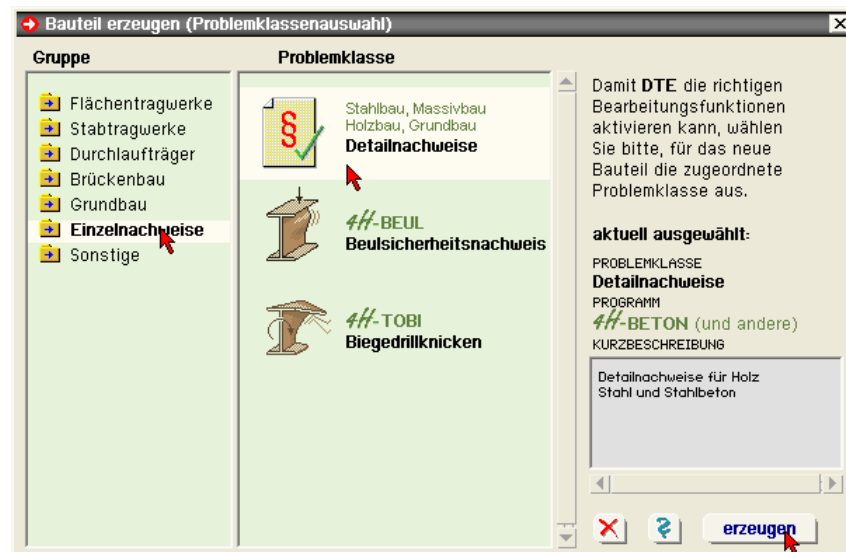
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



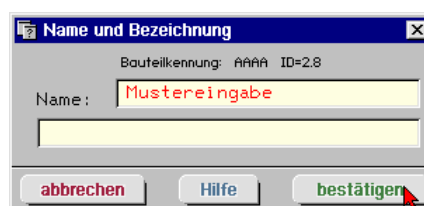
Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.



Zur Erzeugung eines neuen Bauteils wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtisches angeklickt. Klicken Sie in dem folgenden Eigenschaftsblatt bitte mit der LMT auf die Gruppe **Einzelnachweise**, dann auf die Problemklasse **Detailnachweise** und abschließend auf den **erzeugen-Button**.



Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilkone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, an der das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das Eigenschaftsblatt *Name und Bezeichnung* erscheint.

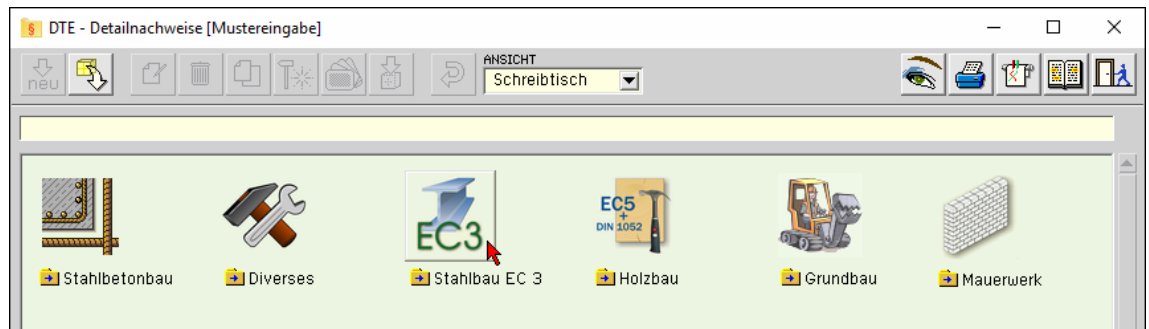


Nach Doppelklicken des neuen Bauteilicons erscheint die Übersicht der installierten Detailnachweisprogramme.

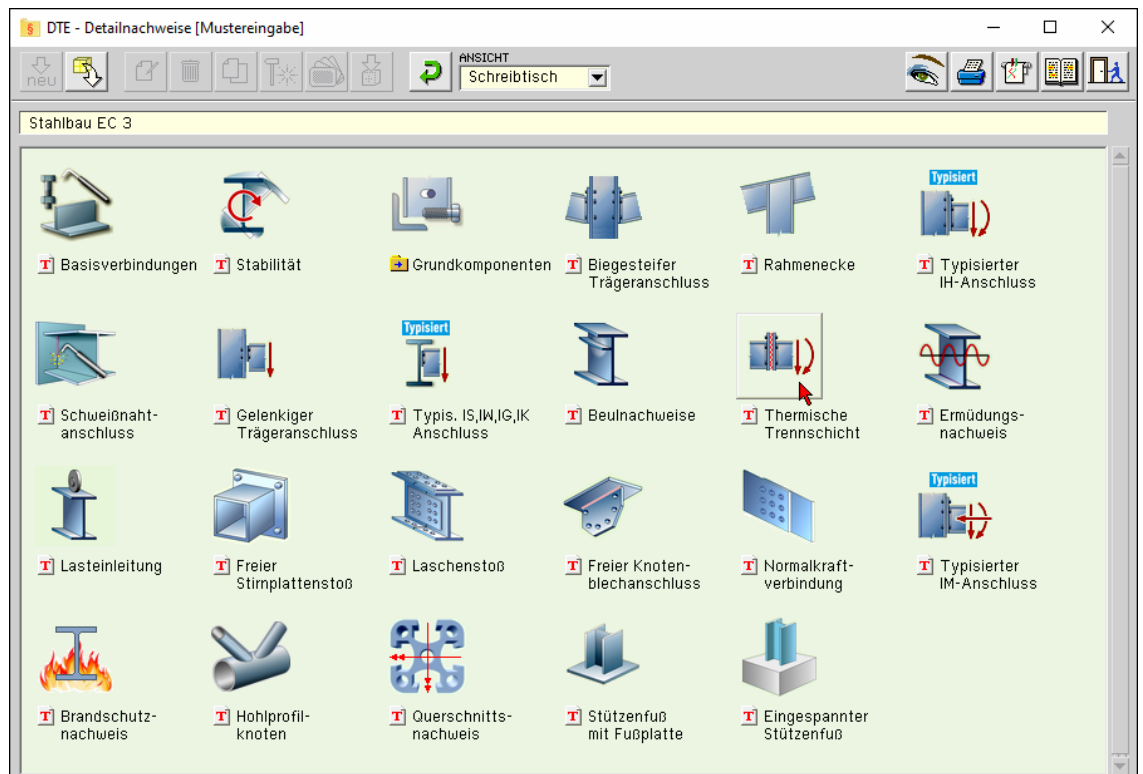


Überschreiben Sie den Begriff "Detailnachweise" zur Identifikation durch einen sinnvollen Text. Nach **Bestätigen** ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet. Durch Doppelklicken des neuen Symbols wird die Verwaltung der DTE®-Detailnachweise geöffnet.

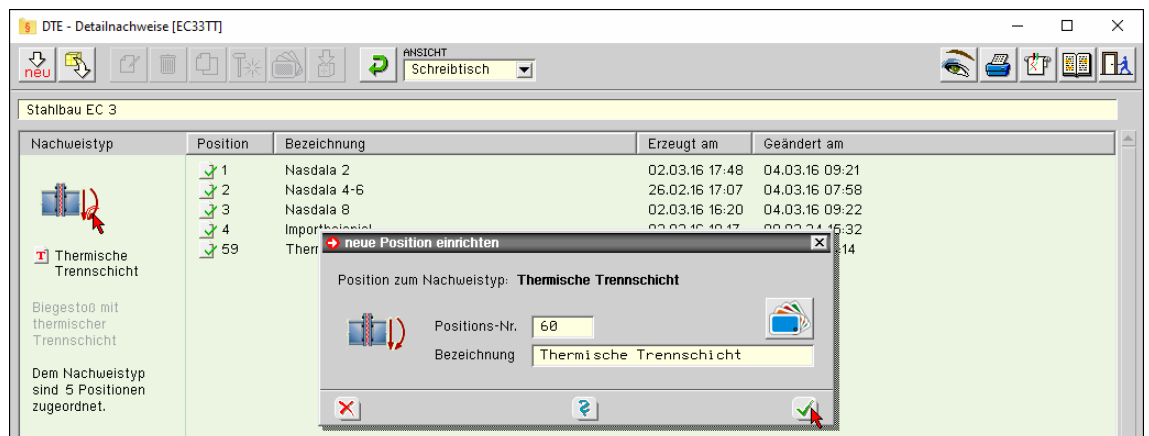
Übersicht Detailnachweise



Übersicht EC 3- Programme



Stoß mit thermischer Trennschicht



Nach Bestätigen des Eigenschaftsblatts *neue Position einrichten* erscheint die Eingabeoberfläche des Programms *Stoß mit thermischer Trennschicht*.

Eingabeoberfläche

Nachfolgend ist das Hauptfenster von *4H-EC3TT* dargestellt.

The screenshot shows the main window of the 4H-EC3TT software. The title bar reads "4H-EC3 - Biegestoß mit thermischer Trennschicht [Position 4: Importbeispiel]". The interface includes a toolbar with icons for file operations, a search icon, and a help icon. The main area is divided into several sections:

- einheitliche Stahlsorte**: Includes a dropdown for "Stahlsorte" (set to S235) and a checkbox for "Vorgabe".
- Schrauben**: Includes dropdowns for "Schraubengröße" (M16) and "Festigkeitsklasse" (10.9), with checkboxes for "Vorgabe". A note below reads "FK 8.8 oder 10.9: HU-Schraube".
- Träger**: Includes radio buttons for "Profil aus Profilmanager" (selected) and "parametrisiertes Stahlprofil". Below is a red-bordered icon of a profile and a green arrow pointing right. The "Profilname" field contains "IPE240".
- Nachweise führen**: Includes a checked checkbox for "Komponentenmethode nach Eurocode 3" and a checked checkbox for "Schweißnähte (Nachweis über den Linienschnitt)". Under "Schweißnähte", there are two radio buttons: "Nachweis mit dem richtungsbezogenen Verfahren" (selected) and "Nachweis mit dem vereinfachten Verfahren".

A "Daten exportieren" button is located in the top right corner.

Mit dem Programm *4H-EC3TT*, Trägerstoß mit thermischer Trennschicht, können Trägerstöße mit zwischenliegender Trennschicht als biegesteife Stirnblechverbindungen mit Doppel-T-Querschnitten entspr. Eurocode 3 nachgewiesen werden. Die zugehörigen Verbindungsparameter werden in eigenen Registerblättern verwaltet, die über folgende Symbole die dahinter liegende Parameterauswahl kenntlich machen.



Material, Profile, Rechenlaufsteuerung (s. Abs. 3.1, S. 11)

Im ersten Registerblatt werden die Stahlgüte, Schrauben, Trägerprofile sowie der Ablauf der Berechnung festgelegt.



Anschlussparameter (s. Abs. 3.2, S. 13)

Im zweiten Registerblatt wird die Verbindung konstruiert, d.h. es werden die zur Beschreibung des Anschlusses notwendigen Parameter abgefragt. Trägerneigung und Vouten können festgelegt werden. Außerdem sind Schraubenabstände und Schweißnahtdicken anzugeben.

Die Verbindung wird zur visuellen Kontrolle maßstäblich am Bildschirm dargestellt.



Bemessungsschnittgrößen (s. Abs. 3.3, S. 19)

Die Schnittgrößen werden im dritten Registerblatt festgelegt. Sie können entweder als Knotenschnittgrößen auf den Knotenpunkt der Systemachsen bezogen sein oder als Anschlussschnittgrößen im Anschnitt des Anschlusses wirken. Im Anschnitt wirkende Schnittgrößen können entweder auf die Systemachsen oder auf die horizontale Achse bezogen sein.

Je nach Art der Schnittgröße bezieht sich die Eingabe auf das Koordinatensystem der Statik oder des Eurocode 3-1-8.

Ergebnisübersicht (s. Abs. 3.4, S. 23)



Im vierten Registerblatt werden die Ergebnisse (Ausnutzung) lastfallweise und detailliert im Überblick dargestellt.



nationaler Anhang (s. Abs. 8.3, S. 62)

Weiterhin ist zur vollständigen Beschreibung der Berechnungsparameter der dem Eurocode zuzuordnende nationale Anhang zu wählen. Über den **NA-Button** wird das entsprechende Eigenschaftsblatt aufgerufen.



Ausdrucksteuerung (s. Abs. 8.2, S. 61)

Im Eigenschaftsblatt, das nach Betätigen des **Druckeinstellungs-Buttons** erscheint, wird der Ausgabeumfang der Druckliste festgelegt.



Druckliste einsehen

Das Statikdokument kann durch Betätigen des **Visualisierungs-Buttons** am Bildschirm eingesehen werden.



Ausdruck

Über den **Drucker-Button** wird in das Druckmenü gewechselt, um das Dokument auszudrucken. Hier werden auch die Einstellungen für die Visualisierung vorgenommen.



Planbearbeitung

Über den **Pläne-Button** wird das **pcae**-Programm zur Planbearbeitung aufgerufen. Der aktuelle Anschluss wird im **pcae**-Planerstellungsmodule dargestellt, kann dort weiterbearbeitet, geplottet oder im DXF-Format exportiert werden.



Onlinehilfe

Über den **Hilfe-Button** wird die kontextsensitive Hilfe zu den einzelnen Registerblättern aufgerufen.



Eingabe beenden

Das Programm kann mit oder ohne Datensicherung verlassen werden. Bei Speichern der Daten wird die Druckliste aktualisiert und in das globale Druckdokument eingefügt.

3.1 Material / Profile / Rechenlaufsteuerung



Im Register 1 (s. S. 9) befinden sich die Angaben zum Material, zu den Profilen und zur Rechenlaufsteuerung.

3.1.1 Allgemeines

Das Programm *##EC3TT* stellt eine Vielzahl an Parametern bereit, um Trägerstöße mit thermischer Trennschicht abbilden zu können. Um den Eingabeaufwand zu reduzieren, besteht die Möglichkeit, diese Einstellmöglichkeiten zu reduzieren.

Die Eingabedaten können in das Programme *##EC3BT*, Biegesteifer Trägeranschluss, übertragen werden. ▶ Daten 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 *##EC3BT*-Bauteil übernommen werden.

3.1.2 Materialsicherheitsbeiwerte

Im Programm *##EC3TT* werden die Teilsicherheitsbeiwerte nach EC 3-1-8 den entsprechenden Normen (s. Nationaler Anhang) entnommen.

3.1.3 Stahlsorte

Die Stahlsorte kann entweder einheitlich oder separat für die Stirnplatten/Profile bestimmt werden.

<input checked="" type="checkbox"/> einheitliche Stahlsorte	
Stahlsorte	<input type="text" value="S235"/> <input type="button" value="Vorgabe"/>
Kennung	<input type="text"/>

Da die Beschreibung der Stahlparameter für Verbindungen nach EC 3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung der Stahlsorten verwiesen, s. Abs. 8.1, S. 61.

3.1.4 Schrauben

Um eine Stirnblechverbindung nachzuweisen, sind Schraubengröße und, Festigkeitsklasse anzugeben.

Bei den Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 wird vom Programm eine vorgespannte HV-Schraube mit großer Schlüsselweite gesetzt. Bei geringeren Festigkeitsklassen wird die kleine Schlüsselweite verwendet.

Schrauben:	
Schraubengröße	<input type="text" value="24"/> <input type="button" value="Vorgabe"/>
Festigkeitsklasse	<input type="text" value="10.9"/> <input type="button" value="Vorgabe"/>

Da die Beschreibung der Schraubenparameter für Verbindungen nach EC 3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung der Schrauben (s. Abs. 7.1.1, S. 45) verwiesen.

3.1.5

Profile

Die Parameter der Anschlussprofile können entweder über den **pcae**-eigenen Profilmanager in das Programm importiert werden oder als typisiertes Stahlprofil parametrisiert eingegeben werden.

Um ein Profil aus dem Angebot des **Profilmanagers** zu wählen, ist der grün unterlegte Pfeil zu betätigen. Das externe Programm wird aufgerufen und ein Profil kann aktiviert werden. Bei Verlassen des Profilmanagers werden die benötigten Daten übernommen und der Profilname protokolliert.

Zur Definition eines **typisierten Profils** wird zunächst seine Klasse über eine Listbox festgelegt, anhand derer bestimmt wird, welche weiteren Parameter freigelegt werden.

Das Programm kann Träger-Stützen-Anschlüsse oder Trägerstöße mit Doppel-T-Profilen berechnen, die als I, H-, DIL-, S-, W-Profile **pcae**-intern bekannt sind.

Andere Profilklassen sind in der Listbox farblich gekennzeichnet, können protokolliert und gezeichnet, jedoch als Verbindungselement nicht verwendet werden.

- ☒ Profil aus Profilmanager
- ☐ typisiertes Stahlprofil



Profilname HE 400A

☐ Profil aus Profilmanager

☒ parametrisiertes Stahlprofil

Profilklasse H-Profil

Profilhöhe h 390.0 mm

Stegdicke t_w 11.0 mm

Flanschbreite b_f 300.0 mm

Flanschdicke t_f 19.0 mm

☒ gewalztes Profil

Ausrundungsradius r 27.0 mm

☐ geschweißtes Profil

Bei gewalzten Profilen werden die Ausrundungsradien zwischen Flansch und Steg geometrisch berücksichtigt, während geschweißte Blechprofile mit Schweißnähten zusammengefügt sind.

Diese Schweißnähte werden **nicht** nachgewiesen.

Gewalzte Doppel-T-Profile haben einen einheitlichen Ausrundungswinkel ($r_o = r_u$).

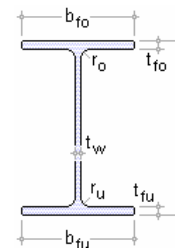
Die Profilabmessungen sind symmetrisch, d.h. es gilt bei Doppel-T-Profilen $b_{fu} = b_{fo}$, $t_{fu} = t_{fo}$.

☐ gewalztes Profil

☒ geschweißtes Profil

☒ Kehlnaht: Dicke a 6.0 mm

☐ Stumpfnäht



Geschweißte Doppel-T-Profile weisen einheitliche Schweißnähte auf ($a_u = a_o$).

3.1.6

Nachweise

Das Programm **4H-EC3TT** weist die Tragfähigkeit eines Stirnblechstoßes als eine biegesteife Trägerverbindung über die Komponentenmethode nach. Dabei werden je Anschlussgeometrie (s. Register 3) nur die relevanten Tragfähigkeiten ermittelt und optional Nachweise geführt.

Dabei werden je Anschlussgeometrie (s. Reg. 2, Abs. 3.2, S. 13) die relevanten Tragfähigkeiten ermittelt und optional Nachweise geführt. Es gilt

- ist die Komponentenmethode nach Eurocode 3 ausgewählt, werden die Tragfähigkeiten der erforderlichen Grundkomponenten (s. allgemeine Erläuterungen Abs. 4, S. 25) ermittelt und die gesamte Verbindung nachgewiesen. Im anderen Fall wird nur Grundkomponente 15 (Stirnblech mit thermischer Trennschicht) ausgewertet.
- das Schweißverfahren geht in die Nachweise der Schweißnähte ein
- Schweißnähte werden über den Linienquerschnitt nachgewiesen. Es kann zwischen dem *richtungsbezogenen* und dem *vereinfachten Verfahren* unterschieden werden.

Nachweise führen

- ☒ Komponentenmethode nach Eurocode 3
-
- ☒ Schweißnähte (Nachweis über den Linienquerschnitt)
- ☒ Nachweis mit dem richtungsbezogenen Verfahren
 - ☐ Nachweis mit dem vereinfachten Verfahren

3.2 Anschlussparameter



Register 2 enthält Angaben zu den Anschlussparametern und zur Druckausgabe.

4H-EC3 - Biegestoß mit thermischer Trennschicht [Position 4: Importbeispiel]

Anschlussparameter

☐ Trägemeigung
☐ Voute

Stirnblech

Blechdicke t_p 20.0 mm
Blechbreite b_p 180.0 mm
Überstandshöhe oben $h_{p,o}$ 80.0 mm
Überstandshöhe unten $h_{p,u}$ 20.0 mm
Länge des Stirnblechs l_p 340.0 mm

thermische Trennschicht

Schichtdicke t_e 10 mm
allseitiger Randabstand $ü_e$ 10.0 mm
Schichtlänge l_e 320.0 mm
Schichtbreite b_e 160.0 mm
Vorspannkraft je Schraube $F_{p,C}$ 0.0 kN

Schweißnähte

Trägerflansch oben a 4.0 mm
Trägersteg a 4.0 mm
Trägerflansch unten a 4.0 mm

Schrauben

☐ Gewinde liegt in der Scherfuge
☒ Schaft liegt in der Scherfuge

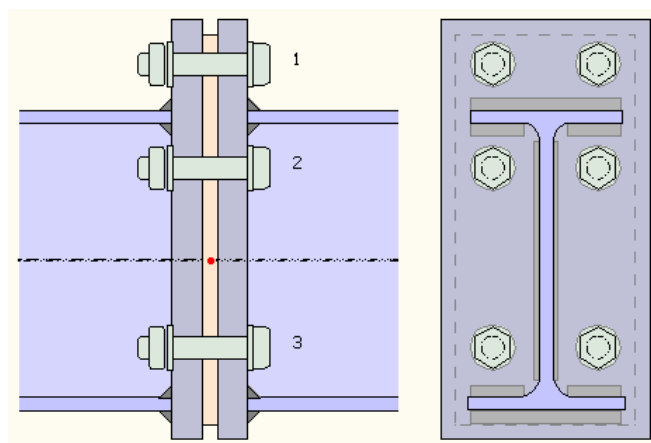
Schraubenreihen

Anzahl der Schraubenreihen n 3
Anzahl Schrauben je Reihe 2
Schraubenabstand zum seittl. Rand des Stirnblechs e_2 35.0 mm
Schraubenabstand (Endreihe) zum äußeren Rand des Stirnblechs e_o 40.0 mm

3.2.1 Anschlusskonfiguration

Es werden die notwendigen Parameter zur Berechnung eines biegesteifen Stirnplattenstoßes mit zwischenliegender thermischer Trennschicht angeboten.

Der Anschluss wird zur visuellen Kontrolle bei der Eingabe am Bildschirm dargestellt; Schweißnähte, Schrauben, Profile und Abstände werden maßstabsgetreu visualisiert.



Stirnblech		
Blechdicke	t_p	20.0 mm
Blechbreite	b_p	140.0 mm
Überstandshöhe oben	$h_{p,o}$	60.0 mm
Überstandshöhe unten	$h_{p,u}$	20.0 mm
Länge des Stirnblechs	l_p	280.0 mm
thermische Trennschicht		
nach Art des Kerncompactlagers der Calenberg Ingenieure GmbH		
<input type="radio"/> Zulassung bis 2016 veraltet <input checked="" type="radio"/> Zulassung bis 2029		
Schichtdicke	t_e	10 mm
allseitiger Randabstand	\bar{u}_e	10.0 mm
Schichtlänge	l_e	260.0 mm
Schichtbreite	b_e	120.0 mm
Vorspannkraft je Schraube	$F_{p,C}$	0.0 kN
Schraubenreihen		
Anzahl der Schraubenreihen	n	3
Anzahl Schrauben je Reihe		2
Schraubenabstand zum seith. Rand des Stirnblechs	e_2	35.0 mm
Schraubenabstand (Endreihe) zum oberen Rand des Stirnblechs	e_o	30.0 mm
Abstand von oben der Schraubenreihen voneinander	p_{1-2}	70.0 mm
	p_{2-3}	120.0 mm
Schweißnähte		
Trägerflansch oben	a	6.0 mm
Trägersteg	a	4.0 mm
Trägerflansch unten	a	6.0 mm
Schrauben		
<input type="radio"/> Gewinde liegt in der Scherfuge <input checked="" type="radio"/> Schaft liegt in der Scherfuge		

Stirnblech

Dicke und Breite des Blechs sind anzugeben, wobei die Stirnblechbreite größer als die Flanschbreite des Trägers sein muss.

Des Weiteren muss die Lage des Trägers auf dem Stirnblech über die Überstandshöhen oberhalb und unterhalb der Trägerflansche definiert werden. Das Stirnblech kann bündig mit dem Träger abschließen (Überstandshöhe = 0).

Die Stirnblechlänge setzt sich zusammen aus der gesamten Trägerhöhe (ggf. einschl. Trägerneigung und Voute) zzgl. der Überstandshöhen und wird im Eigenschaftsblatt angezeigt.

Schraubenreihen

Es kann eine beliebig große Anzahl an Schraubenreihen eingegeben werden, wobei die Norm nur zwei Schrauben je Reihe zulässt.

Eine Erweiterung auf vier Schrauben je Schraubenreihe wurde für den Trägerstoß mit einem typisierten IH2- oder IH4-Anschluss umgesetzt (s. Basisverbindungen Abs. 7, S. 45). Hierfür sind die Berechnungsvorschrift für Grundkomponente 5 (Stirnblech mit Biegung) sowie der Abstand zwischen Außen- und Innenschraube festzulegen.

Zur Anordnung der Schrauben auf dem Stirnblech sind der Schraubenabstand zum seitlichen Rand des Stirnblechs sowie der Abstand der ersten Reihe zum oberen Rand des Stirnblechs anzugeben. Weiterhin sind bei mehr als einer Schraubenreihe die Abstände untereinander festzulegen.

Ist der Abstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs kleiner als die Überstandshöhe des Stirnblechs oberhalb des Trägers, wird diese Reihe im Überstand angeordnet. Entsprechendes gilt für die Schraubenreihe im Überstand unterhalb des Trägers.

Es kann nur eine Schraubenreihe, die im Überstand unter Zugbelastung steht, berechnet werden.

Die Schrauben werden auf Zug/Biegung und Abscheren/Lochleibung bemessen. Dazu ist zu berücksichtigen, wie viele Schrauben die jeweilige Belastung aufnehmen sollen (ggf. Interaktion).

Zur Bestimmung der Biegetragfähigkeit werden alle Schraubenreihen, die ggf. Zug aufnehmen können, einzeln betrachtet. Vom Anwender kann jedoch die Anzahl an Schraubenreihen (vom Zugrand gezählt), festgelegt werden, die als Schraubengruppe untersucht werden soll.

Die Schraubenabstände werden nach EC 3-1-8, Tab.3.3, überprüft und dokumentiert.

Schweißnähte

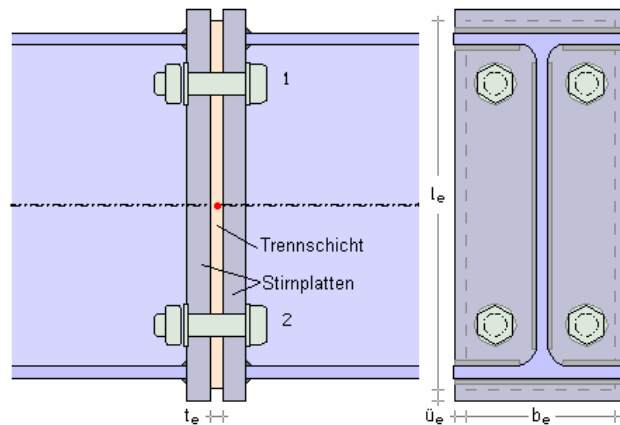
Für die Schweißnähte an den Flanschen und am Steg können unterschiedliche Nahtdicken festgelegt werden. Es werden Kehlnähte vorausgesetzt.

Schrauben

Die Abschertragfähigkeit ist abhängig davon, ob der Schaft oder das Gewinde in der Scherfuge liegt. Diese Option wird bei Berechnung der Trennschichttragfähigkeit ignoriert, da für den Nachweis Abscheren mit Biegung - auf der sicheren Seite liegend - stets das Gewinde in der Scherfuge angenommen wird.

thermische Trennschicht

Um Kältebrücken zu vermeiden, wird eine thermische Trennschicht zwischen den Stirnplatten angeordnet.



Für den Nachweis der Tragfähigkeit sowohl der thermischen Trennschicht als auch des Anschlusses sind folgende Werte zu belegen (s. oben rechts).

thermische Trennschicht		
nach Art des Kerncompaktlers der Calenberg Ingenieure GmbH		
○ Zulassung bis 2016 zurückgezogen ⊗ Zulassung bis 2029		
Schichtdicke	t_e	10 mm
allseitiger Randabstand	\ddot{u}_e	100 mm
Schichtlänge	l_e	2600 mm
Schichtbreite	b_e	1200 mm
Vorspannkraft je Schraube	$F_{p,C}$	400 kN

Fa. Calenberg Ingenieure GmbH stellt das Material des Kerncompaktlers mit der Zulassung als Baulager bis 2016 um. Das aktuelle Material hat eine Zulassung bis 2029. Zur Beurteilung bestehender Objekte kann das veraltete Material weiterhin ausgewählt werden.

Die Trennschicht wird mit den Dicken 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm angeboten.

Die Dicke der Trennschicht sollte die Stirnplattendicke bzw. 20 mm nicht überschreiten.

Die Trennschicht befindet sich im Bereich des Trägers und schließt in Breiten- und Höhenrichtung sämtliche Schrauben mit ausreichendem Überstand ein.

Die Abmessungen sollten so gewählt sein, dass die Trennschicht aufgrund der möglichen Stauungsauswölbung nicht über die Stirnplatten hinausragt, d.h. der Abstand zum Stirnblechrand sollte mindestens der Trennschichtdicke entsprechen $\ddot{u}_e \geq t_e$.

Es kann eine für alle Schrauben einheitliche Vorspannkraft (je Schraube) vorgegeben werden.

Die Parameter werden bei der Beschreibung des Trennschichtnachweises (s. Abs. 4.3.3, S. 33) näher erläutert.

3.2.3

Besonderheiten bei Trägerneigung und Vouten

<input checked="" type="checkbox"/> Trägerneigung	α_b	<input type="text" value="7.00"/>	°
<input checked="" type="checkbox"/> Voute			
Länge der Voute → Änderung der Voutenhöhe	L_v	<input type="text" value="500.0"/>	mm
Höhe der Voute am Anschnitt → Änderung des Neigungswinkels	h_v	<input type="text" value="227.3"/>	mm
Neigungswinkel ($\alpha_v \geq \alpha_b$) → Änderung der Voutenhöhe	α_v	<input type="text" value="30.00"/>	°
Stegblechdicke	$t_{w,v}$	<input type="text" value="8.0"/>	mm
Flanschbreite	$b_{f,v}$	<input type="text" value="100.0"/>	mm
Flanschdicke	$t_{f,v}$	<input type="text" value="12.0"/>	mm
<input type="radio"/> gewalztes Voutenprofil			
<input checked="" type="radio"/> geschweißtes Voutenprofil			
Schweißnahtdicke	a_v	<input type="text" value="6.0"/>	mm

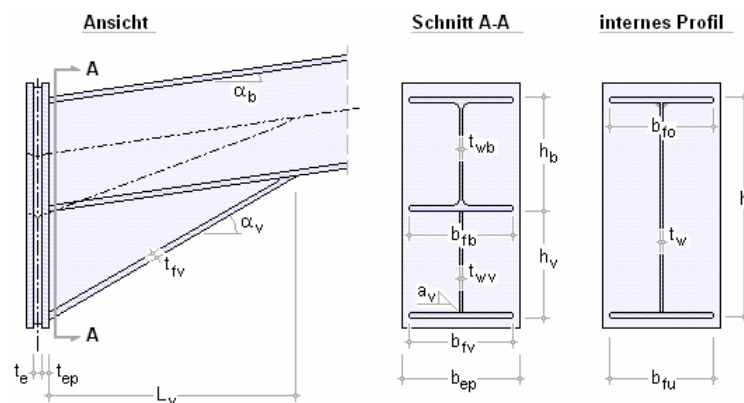
Der Träger kann beliebig (bis maximal 85°) geneigt sein; zudem kann eine Voute zur Verstärkung des Trägers im Anschlussbereich angeordnet werden.

Die Neigungswinkel α_b und α_v beziehen sich auf die horizontale Achse.

Die Voute wird als T-Träger angenommen, dessen Neigungswinkel größer als die Trägerneigung sein muss. Des Weiteren dürfen nach EC 3-1-8, 6.2.6.7(2),

- die Flanschdicke der Voute nicht kleiner als die Trägerflanschdicke
- die Flanschbreite der Voute nicht kleiner als die Trägerflanschbreite
- die Stegdicke der Voute nicht kleiner als die Trägerstegdicke
- die Differenzneigung zwischen Voute und Träger nicht größer als 45° sein

Bei geschweißten Vouten wird die Tragfähigkeit der Schweißnähte zwischen Voutenflansch und -steg wird **nicht** nachgewiesen.



Die Profilkennwerte in der Anschluss- (Nachweis)-ebene werden über Winkelfunktionen angepasst. Weiterhin wird bei Verwendung einer Voute der untere Trägerflansch ignoriert.

Es wird programmintern mit einem Trägerprofil gerechnet, dessen Querschnittswerte wie nebenstehend ermittelt werden.

Profilhöhe im Anschluss	$h_b = h / \cos \alpha_b$
Voutenhöhe im Anschluss	$h_v = L_v \cdot (\tan \alpha_v - \tan \alpha_b)$
Gesamthöhe	$h = h_b + h_v$
Flanschdicke oben	$t_{fo} = t_{fb} / \cos \alpha_b$
Flanschdicke unten	$t_{fu} = t_{fv} / \cos \alpha_v$
Flanschbreite oben	$b_{fo} = b_{fb}$
Flanschbreite unten	$b_{fu} = b_{fv}$
Stegdicke	$t_w = t_{wb}$

Sämtliche weiteren Querschnittswerte beziehen sich auf diese Größen.

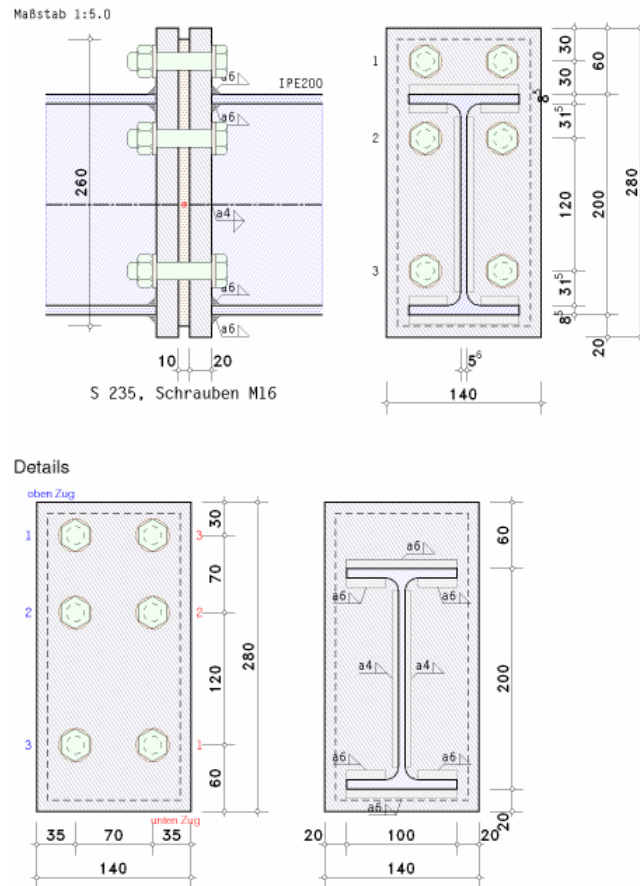
Das interne Profil übernimmt die Herstellungsmaße (gewalzt: Ausrundungsradius, geschweißt: Schweißnahtdicke) des Trägerprofils. Bei geschweißtem Trägerprofil wird die Tragfähigkeit der Schweißnähte **nicht** nachgewiesen. Ebenso wird bei geschweißtem Trägerprofil der untere Profilflansch nicht dargestellt (s.u.).

3.2.4

Druckausgabe

Die Druckausgabe kann durch die Ausdrucksteuerung (Abs. 8.2, S. 61) beeinflusst werden.

Eingabeparameter Im Statikdokument wird zunächst eine maßstäbliche Darstellung der eingegebenen Verbindung angelegt. Die wesentlichen Abmessungen werden vermaßt. Ggf. werden Detailausschnitte hinzugefügt. Ist der Maßstab vom Anwender vorgegeben, wird er in der Grafik protokolliert.



Anschließend werden die Eingabeparameter ausgegeben. Optional können zusätzliche Informationen (z.B. die hinterlegten Rechenkennwerte der Profile, Stahlgüten, Verbindungsmittel etc.) hinzugefügt werden.

Die zu bemessenden Schnittgrößen werden mit Hinweis auf den Eingabetyp (s. Schnittgrößen (Abs. 3.3, S. 19)) lastfallweise ausgegeben. Nach Bedarf werden nun die der Bemessung zu Grunde liegenden Teilsicherheitsbeiwerte angefügt.

lastfallweise Berechnung Zunächst werden die Bemessungsgrößen (Abs. 4.2, S. 29) aus der Lastfallkombination entwickelt. Danach werden die anschlusspezifischen Grundkomponenten (Abs. 4, S. 25) ausgewertet und die Gesamttragfähigkeit berechnet.

Bei der anschließenden Ermittlung der Ausnutzungen (Abs. 4.3, S. 30) unter den eingegebenen Schnittgrößen ist zu beachten, dass sowohl positive wie auch negative Biegemomente auftreten können!

Da sich i.A. bei gegenläufigen Momenten das auf der Modellierung basierende System ändert, muss jeder Lastfall separat untersucht werden. Intern wird bei negativen Momenten das System an der Horizontalachse gespiegelt, so dass sich die Zugseite immer 'oben' befindet.

Da die Ausgabe der Rechenwege und die sich daraus ergebenden Ergebnisse während des Berechnungsablaufs erfolgt, sind diese auch auf das ggf. gespiegelte System bezogen. Ein Hinweis erfolgt bei Ausgabe der Bemessungsgrößen zu Anfang der entsprechenden Lastfallberechnung.

Sind Schweißnähte im Anschluss vorgesehen, werden sie als eigenes Tragsystem (Linienquerschnitt, Abs. 4.3.2, S. 31) modelliert und dessen Tragfähigkeit nachgewiesen.

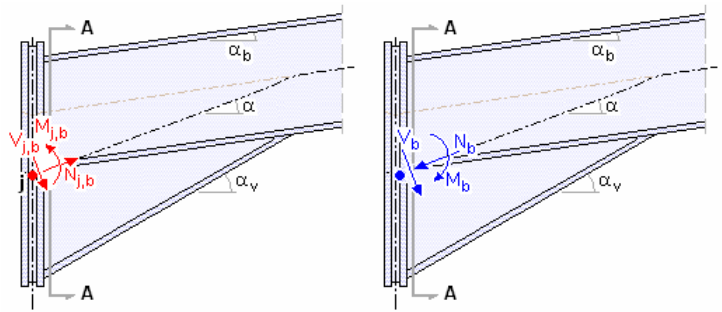
Ergebnis

Nach erfolgter Berechnung wird das Endergebnis - die maximale Ausnutzung aus allen Schnittgrößenkombinationen - protokolliert. Zusätzlich wird die maximale Ausnutzung nur der Trennschichtberechnung angegeben.

Thermische Trennschicht:	$\max U_e = 0.331 < 1$ ok
Maximale Ausnutzung:	$\max U = 0.812 < 1$ ok



Das dritte Register beinhaltet die Masken zur Eingabe der **Bemessungsschnittgrößen**.



⊙ **Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen (Statik-KOS)**

Vorzeichendefinition der Statik (positive Normalkraft bedeutet Zug, positives Biegemoment erzeugt unten Zug)
Das Vorzeichen der Trägerquerkraft ist bei negativem Schnittufer zu invertieren (nicht beim Schnittgrößenimport)

⊙ **Schnittgrößen im Anschnitt der Verbindung bezogen auf die Systemachsen**

Vorzeichendefinition des EC 3-1-8 (positive Normalkraft bedeutet Druck, positives Biegemoment erzeugt oben Zug)

⊙ **Schnittgrößen im Anschnitt der Verbindung senkrecht zur Anschlussebene**

Vorzeichendefinition des EC 3-1-8 (positive Normalkraft bedeutet Druck, positives Biegemoment erzeugt oben Zug)

Das Programm *EC3TT* bietet verschiedene Möglichkeiten zur Eingabe der Schnittgrößen an.

- werden die Schnittgrößen aus einem Tragwerks-Programm übernommen, sind häufig nur die Schnittgrößen im Knotenpunkt der Systemachsen der Träger (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!
- Schnittgrößen im Anschnitt der Verbindung: Die Schnittgrößen werden zwischen Stirnplatte und Trennschicht (s. Grafik Schnitt A-A) bezogen auf die ggf. geneigte Systemachse erwartet. Die Vorzeichendefinition entspricht derjenigen des EC 3-1-8.
- alternativ können die Schnittgrößen senkrecht zur Anschlussebene (s. Grafik Schnitt A-A), also waagrecht und senkrecht wirkend, eingegeben werden (Darstellung s. unter Teilschnittgrößen Abs. 4.2, S. 29).

Träger, Anschnitt				Bezeichnung	<div> <div>Zeile löschen</div> <div>Zeile duplizieren</div> <div>neue Zeile anhängen</div> </div>
$N_{b,Ed}$ kN	$M_{b,Ed}$ kNm	$V_{b,Ed}$ kN			
100.00	120.00	270.00			

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

Die Schnittgrößen werden in die intern verwendeten Bemessungsgrößen (s. Abs. 4.2, S. 29) transformiert.

Vorzeichen der Querkraft

Bei negativem Schnittufer ist das Vorzeichen der Trägerquerkraft zu invertieren. Dies gilt z.B. bei Trägern, die in einem Tragwerks-Programm von links nach rechts beschrieben wurden (gestrichelte Linie unterhalb der Systemlinie) und dessen Anschluss an die Stirnplatte sich rechts befindet.



Schnittgrößen importieren

Detailnachweisprogramme zur Bemessung von Anschlüssen (Träger/Stütze, Trägerstöße), 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 von 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  Programm importieren



Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen



Import aus einem -Programm

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

Die zu importierenden Schnittgrößen werden nur im Statik-Koordinatensystem übertragen (s.o.).

Eine ausführliche, allgemeine Beschreibung zum Schnittgrößenimport aus einem **pcae**-Programm finden Sie im DTE[®]-Handbuch.

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.

Import von einem Einzelschnitt bei Trägerstößen

Die statische Berechnung eines Bauteils beinhaltet i.A. die Modellbildung mit anschließender Berechnung des Tragsystems sowie nachfolgender Einzelnachweise von Detailpunkten. Bei der Beschreibung eines Details sind die zugehörigen Schnittgrößen aus den Berechnungsergebnissen des Tragsystems zu extrahieren und dem Detailnachweis zuzuführen.

In der *##*-Programmorganisation gibt es hierzu verschiedene Vorgehensweisen

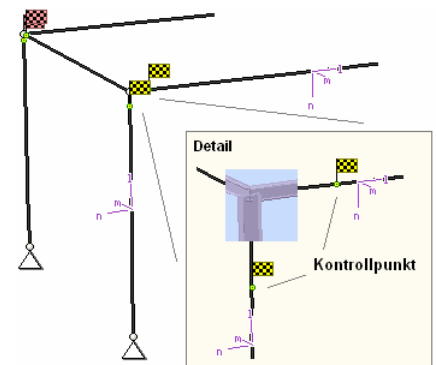
- zum einen können Tragwerks- und Detailprogramm fest miteinander verbunden sein, d.h. die Schnittgrößenübergabe erfolgt intern. Es sind i.A. keine weiteren Eingaben (z.B. Geometrie) notwendig, aber doch möglich (z.B. weitere Belastungen); die Programme bilden eine Einheit. Dies ist z.B. bei dem *##*-Programm *Stütze mit Fundament* der Fall.
- zum anderen können Detailprogramme Schnittgrößen von in Tragwerksprogrammen speziell festgelegten Exportpunkten über ein zwischengeschaltetes Export/Import-Tool einlesen. Das folgende Beispiel eines einfachen Rahmens erläutert diesen *##*-Schnittgrößen-Export/Import.

Zunächst sind in dem exportierenden *##*-Programm (z.B. *##*-FRAP) die Stellen zu kennzeichnen, deren Schnittgrößen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import bereitgestellt, werden sollen.

In diesem Beispiel sollen die Schnittgrößen für eine Querschnittsbemessung übergeben werden.

Dazu ist an der entsprechenden Stelle ein Kontrollpunkt zu setzen.

Ausführliche Informationen zum Export entnehmen Sie bitte dem DTE[®]-Schnittgrößenexport im DTE[®]-Handbuch.



Nach einer Neuberechnung des Rahmens stehen die Exportschnittgrößen dem aufnehmenden *##*-Programm (z.B. *##*-EC3TT, *##*-EC3SA, *##*-EC3IH, *##*-EC3BT usw.) zum Import zur Verfügung.












Aus dem aufnehmenden *##*-Programm wird nun über den **Import**-Button das Fenster zur DTE[®]-Bauteilauswahl aufgerufen. Hier werden alle berechneten Bauteile dargestellt, wobei diejenigen, die Schnittgrößen exportiert haben, dunkel gekennzeichnet sind.

Das gewünschte Bauteil kann nun markiert und über den **bestätigen**-Button ausgewählt werden. Alternativ kann durch Doppelklicken des Bauteils direkt in die DTE[®]-Schnittgrößenauswahl verzweigt werden.

Schnittgrößen		
+	Schnitt 1: Stab 3 bei s = 0.18 m	Stahlriegel, Anschl. 1
+	Schnitt 2: Stab 5 bei s = 0.00 m	Stahlriegel, Anschl. 2
+	Schnitt 3: Stab 7 bei s = 2.00 m	Stahlbetonriegel
+	Schnitt 4: Stab 9 bei s = 4.00 m	Stahlstütze, Anschl. 2
+	Schnitt 5: Stab 10 bei s = 3.88 m	Stahlstütze, Anschl. 1
+	Schnitt 6: Stab 11 bei s = 0.00 m	Stahlbetonstütze

In der Schnittgrößenauswahl werden die verfügbaren Schnittgrößenkombinationen aller im übergebenden Programm gekennzeichneten Schnitte angeboten. Dabei sind diejenigen Schnitte deaktiviert, deren Material nicht kompatibel mit dem Detailprogramm ist.

Es wird nun der Schnitt angeklickt und damit geöffnet, dessen Schnittgrößen eingelesen werden sollen.

<div>    </div>						
<div> <div>Schnitt 1: Stab 3 bei s = 0.18 m</div> <div>  <div> <div>Stahlriegel, Anschnitt, Anschluss 1</div> <div>Material: Stahl, Querschnitt: Profil: IPE240</div> </div> </div> </div>						
	N kN	V _m kN	V _n kN	T kNm	M _m kNm	M _n kNm
<div> <div> <div>+</div> <div>Lastfallergebnisse</div> </div> <div> <div>+</div> <div>Nachweis 2: Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)</div> </div> <div> <div>+</div> <div>Nachweis 3: EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)</div> </div> <div> <div>+</div> <div>Lastkollektive</div> </div> <div> <div>+</div> <div>Zusammenfassung Nachweis 3</div> </div> </div>						
min N	-18.34	15.66	-14.44	0.00	-2.76	13.43
max N	-15.93	25.18	-24.26	-0.01	34.14	17.91
min V _n	-17.44	0.88	-7.61	0.00	-28.68	4.33
max V _n	-15.93	25.18	-24.26	-0.01	34.14	17.91
min V _ζ	-15.93	25.18	-24.26	-0.01	34.14	17.91
max V _ζ	-17.44	0.88	-7.61	0.00	-28.68	4.33
min T	-15.93	25.18	-24.26	-0.01	34.14	17.91
max T	-17.44	0.88	-7.61	0.00	-28.68	4.33
min M _n	-17.44	0.88	-7.61	0.00	-28.68	4.33
max M _n	-15.93	25.18	-24.26	-0.01	34.14	17.91
min M _ζ	-17.44	0.88	-7.61	0.00	-28.68	4.33
max M _ζ	-15.93	25.18	-24.26	-0.01	34.14	17.91
<div> <div>Schnitt 2: Stab 5 bei s = 0.00 m</div> <div>  <div>Stahlriegel, Anschluss 2</div> </div> </div>						
<div> <div>Schnitt 3: Stab 7 bei s = 2.00 m</div> <div>  <div>Stahlbetonriegel</div> </div> </div>						
<div> <div>Schnitt 4: Stab 9 bei s = 4.00 m</div> <div>  <div>Stahlstütze, Anschluss 2</div> </div> </div>						
<div> <div>Schnitt 5: Stab 10 bei s = 3.88 m</div> <div>  <div>Stahlstütze, Anschnitt, Anschluss 1</div> </div> </div>						
<div> <div>Schnitt 6: Stab 11 bei s = 0.00 m</div> <div>  <div>Stahlbetonstütze</div> </div> </div>						

In *4H-EC3SA* ist der komplette verfügbare Schnittgrößensatz importierbar. Die anderen Programme *4H-EC3TT*, *4H-EC3BT*, *4H-EC3RE*, *4H-EC3IH* und *4H-EC3IS* importieren dagegen nur einen auf ebene Beanspruchung reduzierten Satz, was jeweils durch gelbe Hinterlegung der Spalten angezeigt wird.

Die Schnittgrößenkombinationen können beliebig zusammengestellt werden; *pcae* empfiehlt jedoch, nur diejenigen auszuwählen, die als Bemessungsgrößen für den zu führenden Detailnachweis relevant sind.



Ein nützliches Hilfsmittel bietet dabei der dargestellte Button, mit dem die Anzahl zu übertragender Lastkombinationen durch Eliminierung doppelter Zeilen stark reduziert werden kann.

Wird nun die DTE[®]-Schnittgrößenauswahl bestätigt, bestückt das Importprogramm die Schnittgrößentabelle, wobei ggf. vorhandene Kombinationen erhalten bleiben.

Wenn eine Reihe von Anschlüssen gleichartig ausgeführt werden soll, können in einem Rutsch weitere Schnittgrößen anderer Schnitte aktiviert und so bis zu 10.000 Kombinationen übertragen werden.



Die Kompatibilität der Querschnitts- und Nachweisparameter zwischen exportierendem und importierendem Programm ist zu gewährleisten.

Eine Aktualisierung der importierten Schnittgrößenkombinationen, z.B. aufgrund einer Neuberechnung des exportierenden Tragwerks, erfolgt nicht!

3.4

Ergebnisübersicht



Das vierte Register gibt einen sofortigen Überblick über die ermittelten Ergebnisse.

	Ausnutzung
Lastkombination 1	67%
Biegung	67%
Abscheren/Lochleibung	7%
Schweißnähte am Träger	37%
Thermische Trennschicht	66%
Lastkombination 2	102%
Biegung	102%
Abscheren/Lochleibung	7%
Schweißnähte am Träger	53%
Thermische Trennschicht	94%
Gesamt	102%

Tragfähigkeit nicht gewährleistet (s. Druckliste) !!

Zur sofortigen Kontrolle und des besseren Überblicks halber 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 die Einzelberechnungsergebnisse ebenfalls protokolliert.

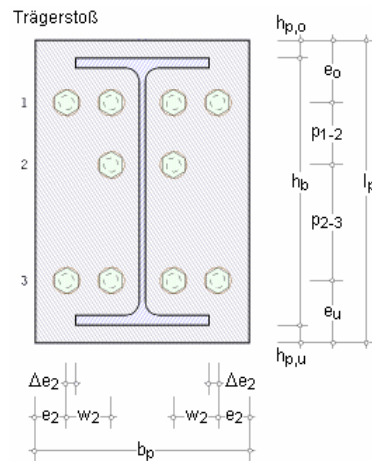
Eine Meldung zeigt an, wenn ein Fehler aufgetreten oder die Tragfähigkeit überschritten ist.

Wenn die Ursache des Fehlers nicht sofort ersichtlich ist, sollte die Druckliste in der ausführlichen Ergebnisdarstellung (s. Abs. 8.2, S. 61) geprüft werden.

3.5

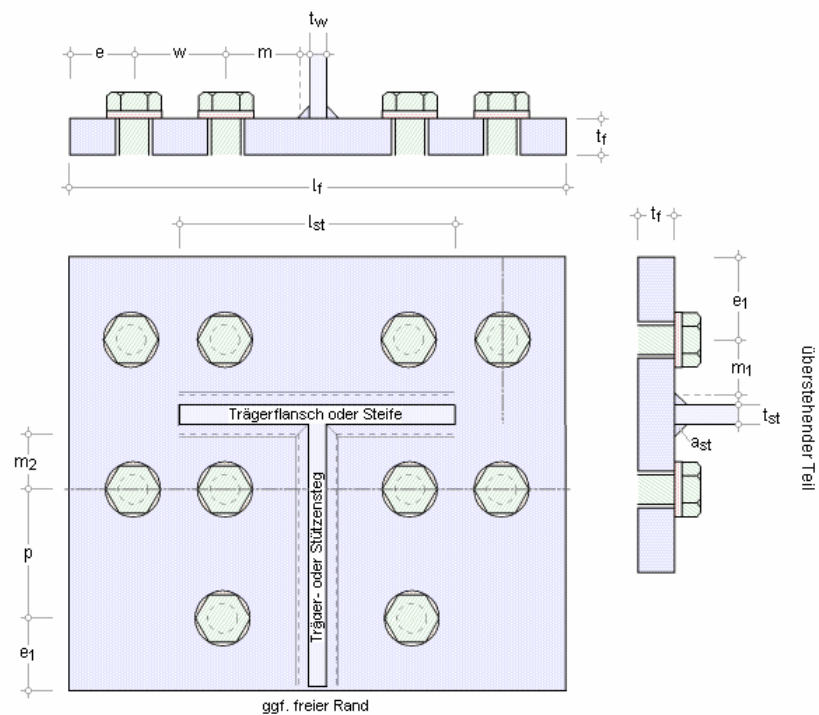
Bezeichnung der Eingabeparameter

In der nachfolgenden Grafik sind die Parameterbezeichnungen aufgeführt, auf die im Programm Bezug genommen wird, wenn ein Trägerstoß berechnet werden soll.



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

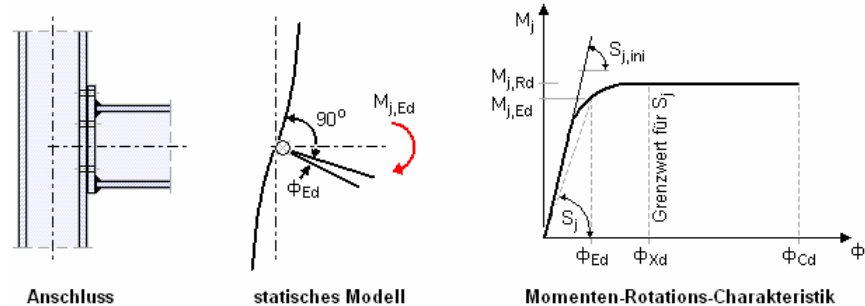
T-Stummel-Modell - zwischen den Trägerflanschen



allgemeine Erläuterungen

Nach EC 3-1-8, 5.1.4, sind die Anschlüsse bei elastisch-plastischer Tragwerksberechnung i.d.R. sowohl nach ihrer Steifigkeit (5.2.2) als auch nach der Tragfähigkeit (5.2.3) zu klassifizieren. Dazu müssen für Anschlüsse mit Doppel-T-Profilen die Momententragfähigkeit (6.2.7 und 6.2.8), die Rotationssteifigkeit (6.3.1) und die Rotationskapazität (6.4) berechnet werden.

Die Zusammenhänge zwischen **Momententragfähigkeit**, **Rotationssteifigkeit** und **Rotationskapazität** sind in EC 3-1-8, Bild 6.1, dargestellt.



DIN EN 1993-1-8, Bild 6.1, Momenten-Rotations-Charakteristik eines Anschlusses

Im Programm #/EC3TT kann weder die Rotationssteifigkeit noch die Rotationskapazität berechnet werden, da die Materialkonstanten der thermischen Trennschicht nicht zuverlässig ermittelt werden können (s. Druckschrift Kerncompactlager).

Nach EC 3-1-8, 6.1.1, wird ein Anschluss mit Doppel-T-Querschnitten als eine Zusammenstellung von **Grundkomponenten** (Gk) angesehen. Folgende Grundkomponenten (vgl. Tab. 6.1) werden verwendet

- Gk 5: Stirnblech mit Biegebeanspruchung, Abs. 6.1, S. 39
- Gk 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung, Abs. 6.2, S. 40
- Gk 8: Trägersteg mit Zugbeanspruchung, Abs. 6.3, S. 41
- Gk 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung, Abs. 6.4, S. 42
- Gk 11: Schrauben mit Abscherbeanspruchung, Abs. 6.5, S. 42
- Gk 12: Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung, Abs. 6.6, S. 42
- Gk 20: Gevouteter Träger mit Druck, Abs. 6.7, S. 43

Weiterführende Erläuterungen zur Ermittlung der

- Tragfähigkeit, Abs. 4.1, S. 25
- Berechnung der thermischen Trennschicht (Gk 15), Abs. 4.3.3, S. 33

4.1

Komponentenmethode

Die Komponentenmethode ermöglicht die Berechnung beliebiger Anschlüsse von Doppel-T-Profilen für Tragwerksberechnungen (EC 3-1-8, 6.1.1(1)). Die Voraussetzungen für das Verfahren sowie die zur Anwendung kommenden Grundkomponenten sind unter Abs. 4, S. 25, beschrieben.

Im Programm #/EC3TT werden Trägerstöße mit thermischer Trennschicht berechnet.

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

Die Tragfähigkeit der thermischen Trennschicht wird analog einer Grundkomponente berechnet.

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

geschraubte Stirnblechverbindung

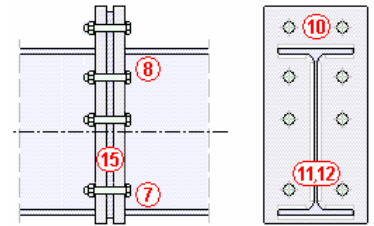
Die Biege- und Zugtragfähigkeiten des Anschlusses werden auf Seite der

- des Trägers mit den Grundkomponenten 7, 8 und ggf. 20
- des Stirnblechs mit Gk 5
- der thermischen Trennschicht mit Gk 15

ermittelt.

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

Zur Bemessung der Schweißnähte s. Abs. 4.3.2, S. 31.



Biege- und Zugtragfähigkeit mit der Komponentenmethode Nach EC 3-1-8, 6.2.7.2, wird die Biegetragfähigkeit von Trägerstößen mit geschraubten Stirnblechverbindungen bestimmt mit

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

$F_{tr,Rd}$ 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 sollte als Minimum der Tragfähigkeiten einer einzelnen Schraubenreihe der Gkn 5 und 8 bestimmt werden, wobei ggf. noch Reduktionen aus Gk 7 vorzunehmen sind. Anschließend ist die Tragfähigkeit der Schraubenreihe als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen der Gkn 5 und 8 zu untersuchen; s. hierzu EC 3-1-8, 6.2.7.2(6-8).

Die Berechnung der Trennschicht wird für alle Schraubenreihen durchgeführt.

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

Im Programm *4#-EC3TT* werden zunächst die minimalen Tragfähigkeiten aus den maßgebenden Grundkomponenten ermittelt (Beispielberechnung).

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

maßgebende Grundkomponenten: 5, 8

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 188.6$ kN

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 226.1$ kN

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 226.1$ kN

Anschließend erfolgen reihenweise die Abminderungen für Schraubenreihen als Teil einer Schraubengruppe

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

maßgebende Grundkomponenten: 5, 8

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

Gk 5: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{t,ep,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 452.2$ kN

Gk 8: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{t,wb,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 412.3$ kN

Reihe 3: $\Sigma F_{tr,Rd} = 226.1$ kN (Reihe 2)

Gk 5: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{t,ep,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 226.1$ kN

Gk 8: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{t,wb,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 186.3$ kN

$F_{tr,Rd} = 226.1$ kN < $\Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 226.1$ kN

$F_{tr,Rd} = 226.1$ kN < $\Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 226.1$ kN

$F_{tr,Rd} = 226.1$ kN = $\Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 226.1$ kN

$F_{tr,Rd} = 226.1$ kN > $\Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 186.3$ kN

sowie für die Tragfähigkeit der gesamten Verbindung.

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

maßgebende Grundkomponente: 7, 15

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

Gk 7: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{c,f,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 271.2 \text{ kN}$

Gk 15: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{c,e,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 42.1 \text{ kN}$

Reihe 2: $\Sigma F_{tr,Rd} = 42.1 \text{ kN}$ (Reihe 1)

Gk 7: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{c,f,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 229.1 \text{ kN}$

Gk 15: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{c,e,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

Reihe 3: $\Sigma F_{tr,Rd} = 42.1 \text{ kN}$ (Reihen 1 bis 2)

Gk 7: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{c,f,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 229.1 \text{ kN}$

Gk 15: $\Delta F_{tr,Rd} = F_{c,e,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 188.6 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 188.6 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 188.6 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 42.1 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 226.1 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 226.1 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 226.1 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 186.3 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 186.3 \text{ kN}$

$F_{tr,Rd} = 186.3 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

Für die jeweils kleinste Tragkraft wird die Kontrolle durchgeführt

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

maßgebende Grundkomponente: 10

Reihe 1: $F_{tx,Rd} = 42.1 \text{ kN}$, $h_x = 225.7 \text{ mm} \Rightarrow F_{tx,Rd} \leq 0.95 \cdot \Sigma F_{t,Rd} = 214.8 \text{ kN}$, keine Abminderung

und das Ergebnis schlussendlich protokolliert.

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (endgültig)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 42.1 \text{ kN}$

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

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

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 5, 8, 15

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

Die Biegetragfähigkeit ergibt sich damit zu

$$M_{j,Rd} = \Sigma (F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 9.5 \text{ kNm}$$

und die **Ausnutzung** zu

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

wobei das einwirkende Moment auf den Druckpunkt in der Anschlussebene (bei Stirnblechstößen zwischen Stirnblech und Trennschicht) bezogen ist.

Ist die einwirkende Normalkraft größer als 5% der plastischen Normalkrafttragfähigkeit

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \dots \text{n. EC3-1-1, 6.2.3(2)a}$$

wird die konservative Näherung verwendet

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

Die Zugkrafttragfähigkeit ergibt sich zu

$$N_{j,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd} = 42.1 \text{ kN}$$

und die Druckkrafttragfähigkeit aus den Druck-Komponenten zu

$$N_{j,c,Rd} = \min F_{c,Rd} = 42.1 \text{ kN}$$

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit mit der Komponentenmethode Auch hier werden zunächst die minimalen Tragfähigkeiten aus den maßgebenden Grundkomponenten ermittelt (Beispielberechnung).

Tragfähigkeit je Schraubenreihe
 maßgebende Grundkomponenten: 11, 12
 Reihe 1: $F_{vr,Rd} = 193.0 \text{ kN}$
 Reihe 2: $F_{vr,Rd} = 193.0 \text{ kN}$
 Reihe 3: $F_{vr,Rd} = 193.0 \text{ kN}$

Nach EC 3-1-8, Tab. 3.4, reduziert sich die Tragfähigkeit bei gleichzeitiger Wirkung von Querkraft und Zugnormalkraft bei voller Ausnutzung der Biegetragfähigkeit zu

Abminderungen aufgrund der Zugkraft (bei voller Ausnutzung der Biegetragfähigkeit)
 maßgebende Grundkomponente: 10
 $\Sigma F_{t,Rd} = 226.1 \text{ kN}$
 Reihe 1: $F_{vr,Rd} = f_v \cdot 193.0 \text{ kN} = 167.4 \text{ kN}$ mit $f_v = 1 - F_{tr,Rd} / (1.4 \cdot \Sigma F_{t,Rd}) = 0.867$
 Reihe 2: $F_{vr,Rd} = f_v \cdot 193.0 \text{ kN} = 193.0 \text{ kN}$ mit $f_v = 1 - F_{tr,Rd} / (1.4 \cdot \Sigma F_{t,Rd}) = 1.000$
 Reihe 3: $F_{vr,Rd} = f_v \cdot 193.0 \text{ kN} = 193.0 \text{ kN}$ mit $f_v = 1 - F_{tr,Rd} / (1.4 \cdot \Sigma F_{t,Rd}) = 1.000$

so dass sich die endgültigen Tragfähigkeiten je Schraubenreihe ergeben zu

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (endgültig)
 Reihe 1: $F_{vr,Rd} = 167.4 \text{ kN}$
 Reihe 2: $F_{vr,Rd} = 193.0 \text{ kN}$
 Reihe 3: $F_{vr,Rd} = 193.0 \text{ kN}$

Die Abscher-Lochleibungstragfähigkeit ergibt sich damit zu

$V_{j,Rd} = \Sigma F_{vr,Rd} = 553.4 \text{ kN}$

und die **Ausnutzung** zu

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

4.1.2

Besonderheiten bei Vouten

Beträgt die Höhe des Trägers einschließlich Voute mehr als 600 mm, ist nach EC 3-1-8, 6.2.6.7(1), i.d.R. der Beitrag des Trägerstegs zur Tragfähigkeit bei Druckbeanspruchung auf 20% zu begrenzen.

Programmintern wird die Stegdicke zur Berechnung von Grundkomponente 7 (Tragfähigkeit des Voutendruckflansches) auf 20% begrenzt.

Die Biegetragfähigkeit des Trägerquerschnitts wird unter Vernachlässigung des zwischenliegenden Flansches berechnet.

Nach EC 3-1-8, 6.2.6.7(2), gelten für Träger mit Vouten folgende Voraussetzungen

- die Stahlgüte der Voute sollte mindestens der Stahlgüte des Trägers entsprechen (programmintern gewährleistet)
- die Flanschabmessungen und die Stegdicke der Voute sollten nicht kleiner sein als die des Trägers
- der Winkel zwischen Voutenflansch und Trägerflansch sollte nicht größer sein als 45°
- die Länge s_s der steifen Auflagerung darf mit der Schnittlänge des Voutenflansches parallel zum Trägerflansch angesetzt werden

Am Anschluss Voute-Stütze ist die Tragfähigkeit von Voutenflansch und -steg mit Druck (Gk 7) maßgebend, am Anschluss Voute-Träger muss nach EC 3-1-8, 6.2.6.7(3), die Tragfähigkeit des Trägerstegs mit Querdruck (Gk 2) nachgewiesen werden. Beide Grundkomponenten werden in der speziellen Vouten-Grundkomponente 20 zusammengefasst.

Im Programm #-EC3TT wird der Anschluss der Voute an den Träger **nicht** nachgewiesen.

Die Schnittgrößen sind als Bemessungsgrößen bereits mit den Lastfaktoren für den Grenzzustand der Tragfähigkeit beaufschlagt und können auf drei 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 befinden sich in der Anschlussebene, sind jedoch bei geneigten und gevouteten Trägern auf die Schwerachse des Trägers bezogen.
Hier ist das *EC 3-1-8*-Koordinatensystem (positive Normalkraft = Druck, positives Biegemoment = Zug oben) zu beachten!
- Anschluss-Schnittgrößen sind die senkrecht zur Anschlussebene wirkenden Bemessungsgrößen im *EC 3-1-8*-Koordinatensystem, die den Tragfähigkeitsnachweisen zu Grunde liegen.

Sowohl Knoten-Schnittgrößen als auch Anschnitt-Schnittgrößen müssen in die Bemessungsebene transformiert werden. Hierbei ist zu beachten, dass dabei keine äußeren Einwirkungen berücksichtigt werden, so dass besonders bei längeren Vouten die für die Nachweise am Voutenanfang (Übergang des Trägers in die Voute, Voute-Träger-Anschnitt) berechneten Bemessungsgrößen zu überprüfen sind.

Dabei wird mit *Bemessungsebene* (Anschlussebene) i.A. die Kontaktebene zwischen den Trägern bezeichnet. Bei Stimplattenstößen mit thermischer Trennschicht ist dies der Anschluss der Stirnplatte an die Trennschicht.

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

Schnittgrößen im Anschluss bezogen auf die Schwerachsen

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

Die Schnittgrößenkombination ($N_{b,Ed}$, $M_{b,Ed}$, $V_{b,Ed}$) lässt sich auch direkt (Schnittgrößen im Anschnitt der Verbindung, s. Abs. 3.3, S. 19) eingeben.

Das Biegemoment am Anschnitt Voute-Träger wird nach der o.a. Formel berechnet, Normalkraft und Querkraft sind über die Voutenlänge konstant.

Die zur Transformation notwendigen Winkelinformationen sind gegeben mit

$$\alpha = (\alpha_b + \alpha_v) / 2, \quad \Delta\alpha = \alpha - \alpha_b, \quad \Delta\alpha_v = \alpha_v - \alpha_b$$

Die Abstände zur Bildung der Momente werden berechnet zu

$$e_1 = t_e / 2 \quad \dots \quad e_3 = z_{bu} - t_{bfu} / 2 - t_{ep} \cdot \tan \alpha \quad \dots \quad e_4 = L_v + t_{ep}$$

Anschließend werden aus den Schnittgrößen im Anschluss die Schnittgrößen senkrecht zur Anschlussebene ermittelt.

Schnittgrößen senkrecht zur Anschlussebene

$$\begin{aligned} N_d &= N_{b,Ed} \cdot \cos \alpha - V_{b,Ed} \cdot \sin \alpha \\ M_d &= M_{b,Ed} \\ V_d &= N_{b,Ed} \cdot \sin \alpha + V_{b,Ed} \cdot \cos \alpha \end{aligned}$$

Auch diese Schnittgrößenkombination (N_d , M_d , V_d) lässt sich direkt (Schnittgrößen senkrecht zur Anschlussebene, Abs. 3.3, S. 19) eingeben.

Die Teilschnittgrößen im Träger ergeben sich zu

Teilschnittgrößen

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

$$N_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo} / z_b + M_d' / z_b) / \cos \alpha_v$$

$$V_{bw} = V_d + N_{b,c} \cdot \sin \alpha_v - N_{b,t} \cdot \sin \alpha_b$$

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

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

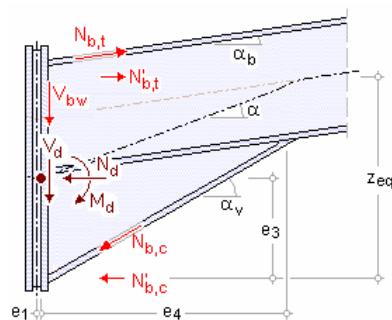
$$N_{b,c}' = (N_d \cdot z_{bo} + M_d) / z \dots \dots \dots \text{Druckkraft bezogen auf } N_{b,t}'$$

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

Der äquivalente Hebelarm z_{eq} wird aus den Steifigkeitskoeffizienten der einzelnen Gkn ermittelt, die in EC 3-1-8, Tab. 6.11, angegeben sind.

$$z_{eq} = \frac{\sum_r k_{eff,r} \cdot h_r^2}{\sum_r k_{eff,r} \cdot h_r} \dots \text{mit} \dots k_{eff,r} = \frac{1}{\sum_i \frac{1}{k_{i,r}}} \quad \begin{array}{l} h \text{ Abstand der Schraubenreihen vom Druckpunkt} \\ r \text{ Zähler der Schraubenreihen} \end{array}$$

Die beteiligten Steifigkeitskoeffizienten sind bei einem Trägerstoß mit Stirnblech und Trennschicht k_5 , k_{10} , k_{15} .



4.3

Nachweise

Folgende Nachweise können geführt werden

- Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode
- ... Schweißnähte am Träger (Nachweis über den Linienquerschnitt)

Die Ausnutzungen aus den durchgeführten Nachweisen werden extremiert und anschließend sowohl lastfallweise als auch im Gesamtergebnis ausgegeben.

4.3.1

Nachweis der Anschlussstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Es können die

- Biegetragfähigkeit
- Zugtragfähigkeit
- ggf. die kombinierte Biege-/Zugtragfähigkeit
- Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit
- Trennschichttragfähigkeit

der Verbindung ausgewertet werden.

Nach EC 3-1-8, 6.2.7.1(1), gilt für den Bemessungswert des einwirkenden Moments

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} \leq 1.0$$

Überschreitet jedoch die einwirkende Normalkraft in dem angeschlossenen Bauteil 5% der plastischen Beanspruchbarkeit, wird nach EC 3-1-8, 6.2.7.1(3), die folgende Näherung benutzt, wobei sich die Momente auf den Druckpunkt und die Normalkräfte auf die Systemachse beziehen.

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

Die Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit ergibt sich zu

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

4.3.2

Nachweis der Schweißnähte

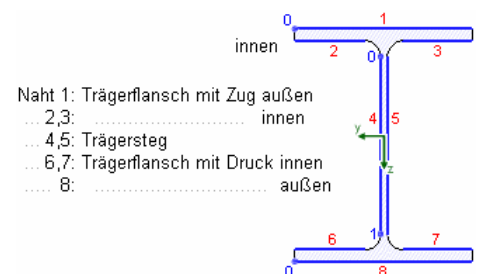
I.A. werden die Verbindungselemente (Träger und Stirnblech, Träger und Stütze) mit Kehlnähten verbunden, deren Schweißnaht konzentriert in der Wurzellinie angenommen wird.

Die Wurzellinien der Einzelnähte bilden den **Linienquerschnitt** (s. Lit. /9/) zur Aufnahme bzw. Weiterleitung der Schnittgrößen.

Beispielhaft sind nebenstehend die Einzelnähte, die den Linienquerschnitt bilden, für einen einachsig belasteten Doppel-T-Querschnitt dargestellt.

Die Nummerierung in rot kennzeichnet die Naht, die Zahlenangaben in blau bezeichnen die maßgebenden Nachweispunkte auf der jeweiligen Naht.

Stumpfnähte (Trägerstoß) werden an den Flanschen nur einseitig (außen) angeordnet, Nähte 2, 3, 6, 7 entfallen.



Es ist zu unterscheiden zwischen den Schwerpunkten des Querschnitts und des Linienquerschnitts. Da die Einzelnähte beliebig lang und dick sein können, kann der Schwerpunkt des Linienquerschnitts mehr oder weniger stark vom Querschnittsschwerpunkt abweichen.

Bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts werden die Querschnittsfläche ΣA_w , ggf. die Querschnittsfläche in z-Richtung $A_{w,z}$, die gesamte Nahtlänge Σl_w , das Trägheitsmoment $I_{w,y}$ und der Differenzabstand zum Querschnittsschwerpunkt Δz_w ermittelt.

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$$\Sigma A_w = 94.98 \text{ cm}^2, \quad \Sigma l_w = 128.1 \text{ cm}$$

$$I_{w,y} = 26428.86 \text{ cm}^4, \quad \Delta z_w = -0.0 \text{ mm}$$

Über eine Interaktionsbeziehung (Theorie mehrteiliger Querschnitte) können den Einzelnähten Schnittgrößen zugeordnet werden, die im Schwerpunkt der Naht wirken. Die lokalen Normalkräfte und Biegemomente werden über diese Beziehung ermittelt.

Schnittgrößenverteilung auf die Einzelnähte:

Naht 1:	$N_w = 76.38 \text{ kN}$	$M_{y,w} = -0.00 \text{ kNm}$
Naht 2:	$N_w = 27.23 \text{ kN}$	
Naht 4:	$N_w = 4.42 \text{ kN}$	$M_{y,w} = -1.99 \text{ kNm}$
Naht 6:	$N_w = -22.58 \text{ kN}$	
Naht 8:	$N_w = -64.52 \text{ kN}$	$M_{y,w} = -0.00 \text{ kNm}$

Die Querkraftaufteilung erfolgt nach der *konventionellen Methode* (Stegnähte übernehmen V_z).

Damit werden die Spannungen in den maßgebenden Nachweispunkten berechnet.

Spannungen in den Endpunkten der Einzelnähte:

Naht 1,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 31.83 \text{ N/mm}^2$	
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = 31.83 \text{ N/mm}^2$	
Naht 2,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 28.97 \text{ N/mm}^2$	
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = 28.97 \text{ N/mm}^2$	
Naht 4,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 24.90 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 39.15 \text{ N/mm}^2$
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = -19.96 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 39.15 \text{ N/mm}^2$
Naht 6,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -24.02 \text{ N/mm}^2$	
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = -24.02 \text{ N/mm}^2$	
Naht 8,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -26.88 \text{ N/mm}^2$	
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = -26.88 \text{ N/mm}^2$	

Sowohl Druck- als auch Zugnähte werden entweder nach dem *richtungsabhängigen*

Nachweis für Naht 1, Pkt. 0:

Spannungen auf der wirksamen Nahtfläche ($\alpha = 45^\circ$, $\sigma_w = \sigma_{w,x}$):

$$\sigma_s = \sigma_w \cdot \cos(\alpha) = 22.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \sigma_w \cdot \sin(\alpha) = 22.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{1,w,Ed} = (\sigma_s^2 + 3 \cdot (\tau_s^2 + \tau_p^2))^{1/2} = 4.50 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Tragfähigkeit der Schweißnaht (Bed.1): } f_{1,w,Rd} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 36.00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{1,w,Ed} = 4.50 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,Rd} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } U = 0.125 < 1 \text{ ok.}$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = \sigma_s = 2.25 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Tragfähigkeit der Schweißnaht (Bed.2): } f_{2,w,Rd} = 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 25.92 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = 2.25 \text{ kN/cm}^2 < f_{2,w,Rd} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } U = 0.087 < 1 \text{ ok.}$$

oder dem *vereinfachten Verfahren* bemessen.

Nachweis für Naht 1, Pkt. 0:

Spannungen auf der wirksamen Nahtfläche ($\alpha = 45^\circ$):

$$\sigma_{w,Ed} = \sigma_{w,x} = 31.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{resultierende Nahtkraft: } F_{w,Ed} = \sigma_{w,Ed} \cdot a = 2.55 \text{ kN/cm}$$

$$\text{Tragfähigkeit der Schweißnaht: } F_{w,Rd} = f_{w,d} \cdot a = 16.63 \text{ kN/cm, } a = 8.0 \text{ mm, } f_{w,d} = 207.85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Ed} = 2.55 \text{ kN/cm} < F_{w,Rd} = 16.63 \text{ kN/cm} \Rightarrow \text{Ausnutzung } U = 0.153 < 1 \text{ ok.}$$

Da die Beschreibung der Schweißnahtnachweise nach EC 3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung des Schweißnahtnachweises verwiesen (Abs. 7.2, S. 50).

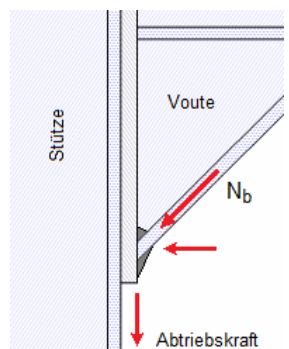
Nachweis der Umlenkkräfte bei geneigten Trägerflanschen

Das Linienmodell zur Bemessung der Schweißnähte geht davon aus, dass die einwirkenden Kräfte senkrecht zur Anschlussebene wirken.

Bei Vouten oder geneigten Trägern entspricht das allerdings nur der Horizontalkomponente der Flanschkraft, die Vertikalkomponente (Abtriebskraft) wird nicht berücksichtigt.

Daher sind die Schweißnähte an geneigten Vouten- oder Trägerflanschen für die (gesamte) Flanschnormalkraft N_b zu bemessen.

Beim richtungsbezogenen Verfahren ist die Flanschneigung zu beachten!



Nachweis der Umlenkkräfte (richtungsbezogenes Verfahren)

Schweißnähte Druckflansch

Druckkraft $N_{b,c} = 325.9 \text{ kN}$

Schweißnahtwinkel $\varphi = 135^\circ$:

$$\sigma_{1,w,Ed} = 18.71 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.520 < 1 \text{ ok.}$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = 15.20 \text{ kN/cm}^2 < f_{2,w,d} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.587 < 1 \text{ ok.}$$

Schweißnahtwinkel $\varphi = 45^\circ$:

$$\sigma_{1,w,Ed} = 27.07 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.752 < 1 \text{ ok.}$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = 6.30 \text{ kN/cm}^2 < f_{2,w,d} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.243 < 1 \text{ ok.}$$

4.3.3

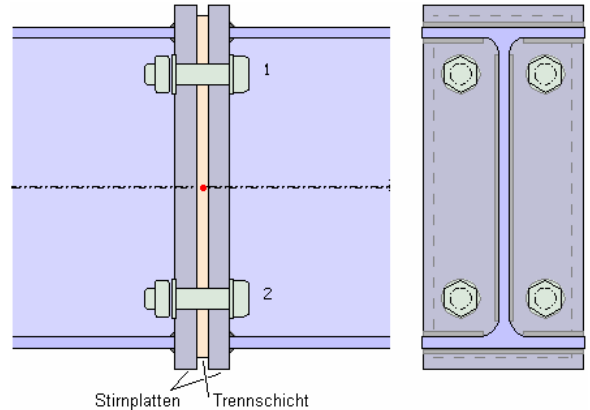
Nachweis eines Stirnplattenstoßes mit thermischer Trennschicht

Durchstoßen Träger die Gebäudehülle (z.B. die Tragkonstruktion von Balkonen, außen liegende Stützen), kommt es i.A. aufgrund der hohen Temperaturleitfähigkeit des Stahls zu Kältebrücken zwischen Außen- und Innenbauteil.

Diese K. können vermieden oder zumindest reduziert werden, indem im Bereich der Dämmung ein Stirnblechstoß mit thermischer Trennschicht (z.B. Elastomerlager) angeordnet wird.

Der Nachweis der thermischen Trennschicht wird in Zusammenarbeit mit *Calenberg Ingenieure GmbH* geführt.

Die statischen Nachweise sind sowohl für die Trennschicht selbst als auch für den gesamten Anschluss mit Trennschicht zu führen. Der Nachweis der Trennschicht folgt *L. Nasdala*; der Nachweis der Anschluss Tragfähigkeit sowie die Berechnung der Rotationssteifigkeit werden nach *Y. Ciupack* geführt.



Beispielberechnung

Die Vorgehensweise wird an Hand der folgenden Anschlussgeometrie erläutert

- Träger IPE 300 ($h_b = 300$ mm, $t_{fb} = 10.7$ mm, $b_b = 150$ mm), Stirnblech $t_p = 20$ mm, $b_p = 150$ mm, $l_p = 340$ mm
- Trennschicht $t_e = 10$ mm
- 2 Reihen mit je 2 Schrauben M 20, Festigkeitsklasse 10.9 (HV), vorgespannt mit $F_{p,C} = 80$ kN
- Abstand der Schrauben von der Systemachse $z_{r1} = -105$ mm, $z_{r2} = 105$ mm

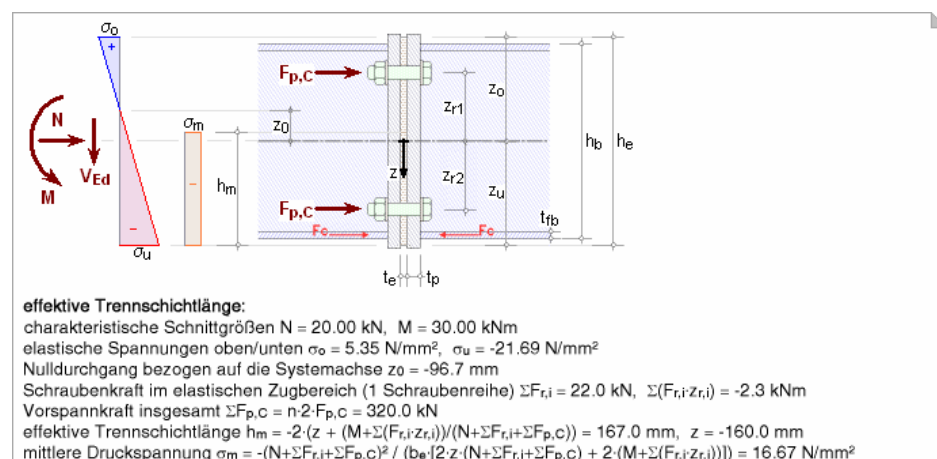
Trennschichtlänge und -breite müssen um die Trennschichtdicke geringer sein als die Stirnblechabmessungen; sie werden vom Programm vorgegeben mit $h_e = l_p - 2 \cdot t_e = 320$ mm und $b_e = b_p - 2 \cdot t_e = 130$ mm. Der Materialsicherheit beträgt $\gamma_{Me} = 1.0$.

I.A. wird die Anschluss Tragfähigkeit - auch bei vorgespannten Verbindungen - ohne Berücksichtigung der Vorspannkräfte ermittelt. Da die Trennschicht jedoch stark druckempfindlich ist, werden die Vorspannkräfte beim Nachweis der Trennschicht separat berücksichtigt. Bei einer gleitfesten Verbindung wird die maximal zulässige Vorspannkraft angesetzt.

Nachweis der Trennschicht

Der Nachweis der Trennschicht erfolgt für charakteristische Schnittgrößen, die im Programm vereinfacht mittels Division der Bemessungsgrößen durch 1.4 ermittelt werden.

Zunächst werden aus der gegebenen Belastung die linearen Randspannungen der Trennschicht σ_o und σ_u ermittelt. Daraus ergibt sich der Spannungsnulldurchgang bei z_0 .



Gibt es über den Querschnitt einen Bereich mit $\sigma > 0$ (Zugbereich), ist die vorhandene Schraubenkraft zu ermitteln. Die Sch. wird über Integration der Zugspannungen berechnet

$$\text{Zugbereich oben} \dots F = b_e \cdot \int_{z_0}^{z_0} \sigma(z) dz \dots \text{Zugbereich unten} \dots F = b_e \cdot \int_{z_0}^{z_u} \sigma(z) dz$$

Die effektive Länge der Trennschicht ist der Bereich, in dem eine konstante mittlere Druckspannung angenommen werden kann.

Nachweis der Trennschicht:

Anzahl Schrauben im effektiven Druckbereich $n_d = 2$

Formfaktor $S = (h_m \cdot b_e \cdot n_d \cdot A_s) / (t_e \cdot (2 \cdot (h_m + b_e) + n_d \cdot U_s)) = 2.861$, $A_s = \pi \cdot (d + \Delta d)^2 / 4 = 380.1 \text{ mm}^2$, $U_s = \pi \cdot (d + \Delta d) = 69.1 \text{ mm}$

zulässige mittlere Druckspannung $\sigma_{m,zul} = (S^2 + S + 1) / 0.7 = 17.21 \text{ N/mm}^2 < 30 \text{ N/mm}^2$

Auslastung der Trennschicht $\sigma_m / \sigma_{m,zul} = 0.969 < 1$ ok.

Die Anzahl der Schrauben im effektiven Druckbereich (d.h. innerhalb der Fläche $h_m \cdot b_m$) wird bei der Berechnung der zulässigen mittleren Druckspannung der Trennschicht berücksichtigt. Die Bemessung erfolgt mit Hilfe des Formfaktors.

Nachweis der Schrauben auf Biegung

Bei Querkraftbeanspruchung bietet die Trennschicht zwischen den Stirnplatten nur wenig Widerstand gegen Biegung. Daher sind die Schrauben als Gewindestangen auszuführen und auf Biegung nachzuweisen. Die Querkraft wird nur von den Druckschrauben übertragen.

Der Nachweis erfolgt analog zum Nachweis einer Bolzenverbindung nach EC 3-1-8, 3.13 (s. Abs. 7.1.3, S. 48), wobei im Unterschied zum Bolzen das Gewinde in der Scherfuge liegt und daher die Querschnittswerte aus dem Spannungsquerschnitt der Schrauben gebildet werden.

Nachweis der Schrauben:

Bemessungsgröße $V_{Ed} = 40.00 \text{ kN}$

Abscherkraft: $F_{Ed} = V_{Ed} / n_d = 20.0 \text{ kN}$

Biegemoment: $M_{Ed} = V_{Ed} \cdot t_e / n_d = 0.20 \text{ kNm}$, $t_e = 10.0 \text{ mm}$, $n_d = 2$

Die Schrauben sind als Gewindestangen mit entsprechenden Distanzhaltern auszuführen.

Durchmesser des Spannungsquerschnitts $d = 2 \cdot (A_s / \pi)^{1/2} = 17.66 \text{ mm}$

Abscheren

Querschnittsfläche der Gewindestange: $A = \pi \cdot d^2 / 4 = 2.45 \text{ cm}^2$

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = (0.5 \cdot f_{up} \cdot A) / \gamma_{M2} = 98.00 \text{ kN}$, $f_{up} = 1000.0 \text{ N/mm}^2$

$F_{v,Ed} = F_{Ed} = 20.0 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 98.00 \text{ kN} \Rightarrow$ Ausnutzung $U = 0.204 < 1$ ok.

Biegung

Widerstandsmoment der Gewindestange: $W_{el} = \pi \cdot d^3 / 32 = 0.54 \text{ cm}^3$

Biegezugwiderstand: $M_{Rd} = (1.5 \cdot f_{yp} \cdot W_{el}) / \gamma_{M0} = 0.730 \text{ kNm}$, $f_{yp} = 900.0 \text{ N/mm}^2$

$M_{Ed} = 0.20 \text{ kNm} < M_{Rd} = 0.730 \text{ kNm} \Rightarrow$ Ausnutzung $U = 0.274 < 1$ ok.

Kombination von Abscheren und Biegung

$(F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2 + (M_{Ed} / M_{Rd})^2 = 0.117 < 1$ ok.

Tragfähigkeit eines Stirnblechstoßes mit thermischer Trennschicht

Unter der Annahme, dass die Druckkraft vom Trägerflansch über das Stirnblech (Ausbreitungsmaß 1:1.25) in die Trennschicht (Ausbreitungsmaß 1:1) eingeleitet wird, wird die effektive Breite in der Mitte der Trennschicht berechnet. Die Überstände des Stirnblechs und der Trennschicht vom Trägerflansch sind dabei zu berücksichtigen.

Tragfähigkeit eines Stirnblechstoßes mit thermischer Trennschicht:

effektive Breite der Trennschicht $b_{eff} = t_{fb} + 1.25 \cdot t_p + t_e / 2 + \bar{u}_b = 50.7 \text{ mm}$, $\bar{u}_b = 10.0 \text{ mm}$

effektive Fläche der Trennschicht $A_{eff} = b_e \cdot b_{eff} = 65.91 \text{ cm}^2$

$F_{c,e,Rd} = A_{eff} \cdot f_e / \gamma_{Me} = 113.4 \text{ kN}$, $f_e = \sigma_{m,zul} = 17.21 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{Me} = 1.00$

Zur Ermittlung der Tragfähigkeit ist die effektive Fläche mit der zulässigen Bemessungsfestigkeit ($f_e = \sigma_{m,zul} / \gamma_{Me}$) zu multiplizieren.

Die Tragfähigkeit der Trennschicht geht nun analog anderer Druck-Komponenten (z.B. GK 2, s. Komponentenmethode Abs. 4.1, S. 25) in die Ermittlung der Biegetragfähigkeit ein.

Rotationssteifigkeit eines Stirnblechstoßes mit thermischer Trennschicht

Die Berechnung der Rotationssteifigkeit des Stirnblechstoßes mit thermischer Trennschicht kann analog zur Berechnung der Rotationssteifigkeit eines allgemeinen Stirnblechstoßes erfolgen. Dazu wird aufgrund der Nachgiebigkeit der Trennschicht die Ermittlung des effektiven Steifigkeitskoeffizienten um den Steifigkeitskoeffizienten der Komponente 15 erweitert. Gegenüber dem Stirnblechstoß ohne Trennschicht ändert sich außerdem der Steifigkeitskoeffizient k_{10} für Zugschrauben, da sich die Klemmlänge L_b um die Trennschichtdicke t_e vergrößert.

Steifigkeitskoeffizienten
 äquivalenter Steifigkeitskoeffizient für 2 Schraubenreihen:
 wirksamer Steifigkeitskoeffizient für Schraubenreihe 1:
 $k_5 = 0.9 \cdot I_{eff} \cdot t_p^3 / m^3 = 42.71 \text{ mm}$, $\min l_{eff} = 193.0 \text{ mm}$, $m = 31.9 \text{ mm}$
 $k_{10} = 1.6 \cdot A_s / L_b = 5.43 \text{ mm}$, $L_b = t_{ges} + 2 \cdot t_p + (t_k + t_m)/2 = 72.3 \text{ mm}$, $t_{ges} = 50.0 \text{ mm}$
 $k_{15} = A_{eff} \cdot E_e / (t_e \cdot E_p) = 0.47 \text{ mm}$, $A_{eff} = 65.91 \text{ cm}^2$, $E_e = 150.0 \text{ N/mm}^2$, $E_p = 210000.0 \text{ N/mm}^2$
 $\Sigma(1/k_{i,1}) = 1/k_5 + 1/k_{10} + 1/k_{15} = 2.355 \Rightarrow k_{eff,1} = 1 / \Sigma(1/k_{i,1}) = 0.425 \text{ mm}$
 wirksamer Steifigkeitskoeffizient für Schraubenreihe 2:
 $k_5 = 0.9 \cdot I_{eff} \cdot t_p^3 / m^3 = 42.71 \text{ mm}$, $\min l_{eff} = 193.0 \text{ mm}$, $m = 31.9 \text{ mm}$
 $k_{10} = 1.6 \cdot A_s / L_b = 5.43 \text{ mm}$, $L_b = t_{ges} + 2 \cdot t_p + (t_k + t_m)/2 = 72.3 \text{ mm}$, $t_{ges} = 50.0 \text{ mm}$
 $k_{15} = A_{eff} \cdot E_e / (t_e \cdot E) = 0.47 \text{ mm}$, $E_e = 150.0 \text{ N/mm}^2$, $A_{eff} = 65.91 \text{ cm}^2$
 $\Sigma(1/k_{i,2}) = 1/k_5 + 1/k_{10} + 1/k_{15} = 2.355 \Rightarrow k_{eff,2} = 1 / \Sigma(1/k_{i,2}) = 0.425 \text{ mm}$
 äquivalenter Hebelarm für 2 Schraubenreihen: $z_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r^2) / \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) = 220.9 \text{ mm}$
 $k_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) / z_{eq} = 0.556 \text{ mm}$
 Summe der Steifigkeitskoeffizienten $\Sigma(1/k_i) = 1/k_{eq} = 1.798$
Rotationssteifigkeit
 Anfangsrotationssteifigkeit: $S_{j,ini} = (E \cdot z^2) / \Sigma(1/k_i) = 5697.2 \text{ kNm/rad}$, $z = z_{eq} = 220.9 \text{ mm}$

Ein wesentlicher Rechenparameter ist der E-Modul der Trennschicht, der sowohl von der Größe und Dicke als auch von der Druckbelastung der Trennschicht abhängig ist.



Da sich der E-Modul der Trennschicht sowohl druck- als auch formatabhängig nichtlinear verhält, ist dessen Bestimmung ggf. unzuverlässig. Daher wird die Rotationssteifigkeit für Trägerstöße mit Trennschicht **nicht** berechnet!

5 Allgemeines zu Grundkomponenten

5.1 Grundidee

Mit Einführung des Eurocode 3-1-8 wurde die Komponentenmethode zur Bemessung von Stahlbauanschlüssen vorgestellt. Der Kräfteverlauf innerhalb eines Anschlusses wird in seine grundlegenden Komponenten zerlegt, die unabhängig voneinander einzeln nachgewiesen werden können.

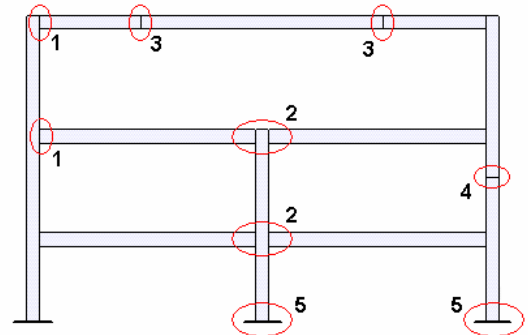
5.2 Anschlusskonfiguration

Ein Anschluss mit H- oder I-Profilen wird als eine Zusammenstellung von Grundkomponenten betrachtet. Die Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Momententragfähigkeit beruhen auf einer Verteilung der inneren Kräfte und Momente, die zu folgenden Anschlusskonfigurationen gehört:

- 1 einseitiger Träger-Stützenanschluss
- 2 zweiseitiger Träger-Stützenanschluss
- 3 Trägerstoß
- 4 Stützenstoß
- 5 Fußplatte

Anschlusskonfigurationen um die schwache Achse gelten nur für ausgeglichene Momente

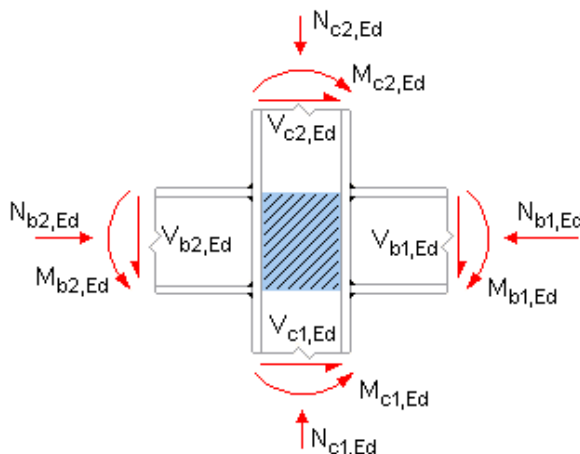
$$M_{b1,Ed} \approx M_{b2,Ed}$$



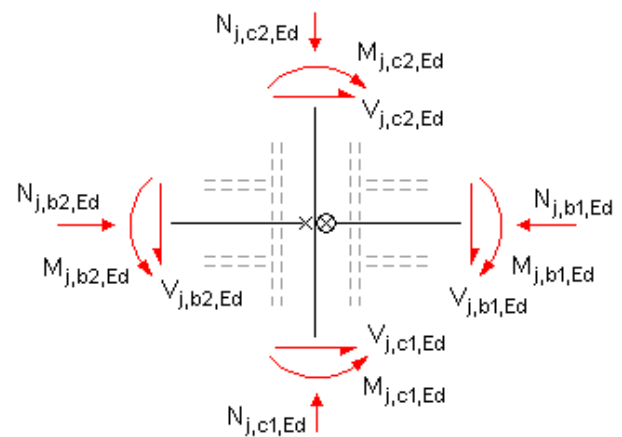
5.3 statisches Modell für Träger-Stützenanschlüsse

Die Anschlüsse sind für die durch die angeschlossenen Bauteile eingetragenen Schnittgrößen zu bemessen.

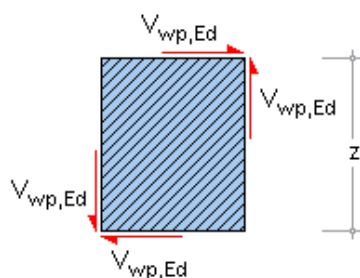
Die angegebenen Berechnungsverfahren sind allgemein gültig und können auf ähnliche Komponenten in anderen Anschlusskonfigurationen mit vergleichbarer Verteilung der inneren Kräfte und Momente übertragen werden.



Werte am Anschnitt des Stegfeldes



Werte am Knotenpunkt der Schwerachsen



Schubkräfte im Stützenstegfeld

$$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$$

5.4

Berechnung allgemeiner Querschnittsgrößen

wirksame Schubfläche

- gewalzte Profile mit I- und H-Querschnitt, Lastrichtung parallel zum Steg

$$A_V = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w \quad \dots \text{vereinfachend} \quad \dots \quad \eta = 1$$

- geschweißte Profile mit I- und H-Querschnitt, Lastrichtung parallel zum Steg

$$A_V = \eta \cdot h_w \cdot t_w \quad \dots \text{vereinfachend} \quad \dots \quad \eta = 1$$

Bei zusätzlicher Anordnung von Stegblechen wird die wirksame Schubfläche vergrößert um

$$\Delta A_V = b_s \cdot t_w$$

plastisches Widerstandsmoment eines Blechs

$$W_{pl} = 0.25 \cdot I \cdot t^2 \quad \dots \text{bzw.} \quad \dots \quad W_{pl} = 0.25 \cdot I^2 \cdot t$$

5.5

Klassifizierung von Querschnitten

Mit der Klassifizierung von Querschnitten soll die Begrenzung der Beanspruchbarkeit und Rotationskapazität durch lokales Beulen von Querschnittsteilen festgelegt werden (EC 3-1-1, 5.5).

- Klasse 1 Querschnitte können die plastische Momententragfähigkeit und ausreichend Rotationskapazität für die plastische Berechnung entwickeln
- Klasse 2 Querschnitte können die plastische Momententragfähigkeit entwickeln, haben aber nur eine begrenzte Rotationskapazität
- Klasse 3 Querschnitte können keine plastische Momententragfähigkeit entwickeln, erreichen aber die Streckgrenze in der ungünstigsten Querschnittsfaser
- Klasse 4 Querschnitte, bei denen örtliches Beulen vor Erreichen der Streckgrenze auftritt

Die Klassifizierung ist vom c/t-Verhältnis abhängig (s. EC 3-1-1, Tab. 5.2) und steuert die Berechnung der Tragfähigkeit druckbeanspruchter Bauteile.

5.6

Teilsicherheitsbeiwerte für Anschlüsse

Für die Berechnung der Tragfähigkeiten der Grundkomponenten werden folgende **Materialsicherheitsbeiwerte** verwendet.

Beanspruchbarkeit von

- ... Querschnitten γ_{M0} (EC 3-1-1, 6.1)
- ... Bauteilen bei Stabilitätsversagen γ_{M1} (EC 3-1-1, 6.1)
- ... Querschnitten bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung γ_{M2} (EC 3-1-1, 6.1) bzw.
- ... Schrauben, Schweißnähten, Blechen auf Lochleibung γ_{M2} (EC 3-1-8, 2.2, Tab. 2.1)

Materialsicherheitsbeiwerte	γ_{M0}	1.00
	γ_{M1}	1.10
	γ_{M2}	1.25

Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte können im nationalen Anhang zum Eurocode 3 eingesehen und ggf. verändert werden.

h_w	Stegblechhöhe
d_c	Höhe des Stegs zwischen den Ausrundungen (Höhe des geraden Stegteils)
t_w	Blechdicke des Stegs
r	Ausrundungsradius (gewalzte Profile)
g	Spalt zwischen Trägerende und Stützenflansch bei Verbindungen mit Flanschwinkeln
t	Blechdicke
A	Bruttoquerschnittsfläche
A_v	Schubfläche
A_s	Spannungsfläche (Schrauben)
b	Breite
h	Höhe
d_{st}	Abstand der Stegsteifen
f_y	Streckgrenze
f_u	Zugfestigkeit
z	Hebelarm vom Druckpunkt zur resultierenden Zugkraft

Indices

c	Stütze (column), Druck (compression)
b	Träger (beam), Lochleibung (bearing)
w	Steg (web)
f	Flansch (flange)
a	Winkel (angle)
t	Zug (tension)
p	Platte (plate)
ep	Stirnplatte (end plate)
st	Stegsteifen
s	Stegbleche
1	rechter Trägeranschluss
2	linker Trägeranschluss
j	Knotenpunkt der Schwerachsen
R_d	Bemessungswiderstand
E_d	Bemessungslast

6.2 Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung

EC 3-1-8, 6.2.6.7, Grundkomponente 7, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

6.2.1 Anwendungsvoraussetzung

- sowohl Trägerflansch und -steg als auch Stützenflansch und -steg können bemessen werden
- der Querschnitt kann gevoutet sein
- die Beanspruchung setzt sich aus Biegung mit Querkraft zusammen
- es liegt keine Torsion vor

6.2.2 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit von Trägerflansch und -steg bei Druckbeanspruchung ergibt sich zu

$$F_{c,fb,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$$

$M_{c,Rd}$ Biegetragfähigkeit des Trägerquerschnitts unter Berücksichtigung der Querkraftinteraktion

Die **plastische Querkrafttragfähigkeit** ergibt sich zu

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

A_v wirksame Schubfläche

(s. *Berechnung allgemeiner Querschnittsgrößen*, Abs. 5.4, S. 37).

Unterschreitet die einwirkende Querkraft die Hälfte der plastischen Querkraftbeanspruchbarkeit, muss die Momententragfähigkeit nicht abgemindert werden. Die Abminderung erfolgt durch eine Reduzierung der Streckgrenze auf

$$(1 - \rho) \cdot f_y \quad \text{mit} \quad \rho = \left(\frac{2 \cdot V_{Rd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

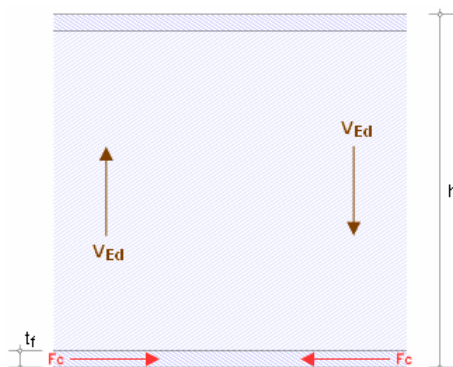
Die Biegetragfähigkeit ergibt sich zu

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{für Querschnitte der Klasse 1 oder 2}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{... der Klasse 3}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{... der Klasse 4}$$

wobei sich $W_{el,min}$ und $W_{eff,min}$ auf die Querschnittsfaser mit der maximalen Normalspannung beziehen. Annahme: $W_{eff,min} = W_{el,min}$.



6.3 Trägersteg mit Zugbeanspruchung

EC 3-1-8, 6.2.6.8, Grundkomponente 8, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

6.3.1 Anwendungsvoraussetzung

- Tragfähigkeitsberechnung eines Trägerstegs mit Zugbelastung bei geschraubten Stirnblechverbindungen

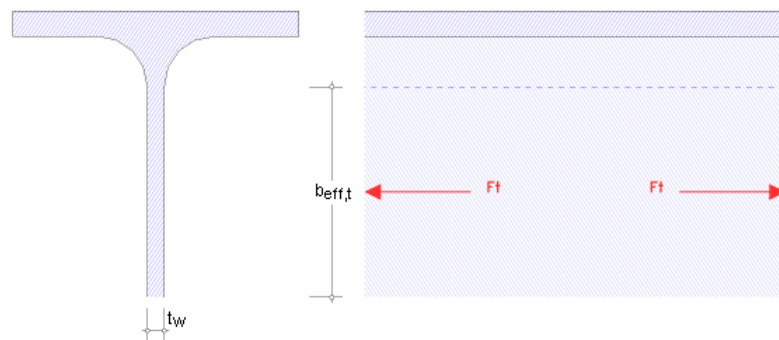
6.3.2 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung ergibt sich zu

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0}$$

mit der wirksamen Breite $b_{eff,t,wb}$ des Trägerstegs mit Zug, die für eine Stirnblechverbindung mit der wirksamen Länge des äquivalenten T-Stummel-Modells für das Stirnblech mit Biegebelastung (s. Grundkomponente 5, Abs. 6.1, S. 39) gleichzusetzen ist.

6.3.3 Träger



6.4 Schrauben mit Zugbeanspruchung

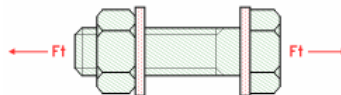
EC 3-1-8, 6.2.6.4 bis 6, Grundkomponente 10, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

6.4.1 Anwendungsgrenzen

Schrauben sind die Verbindungsmittel der Grundkomponenten 4 (*Stützenflansch mit Biegebeanspruchung*), 5 (*Stirnblech mit Biegebeanspruchung*, Abs. 6.1, S. 39) und 6 (*Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung*).

In dieser Grundkomponente wird die Zugtragfähigkeit normaler und Edelstahl-Schrauben nach Kategorie D ermittelt.

Nähere Informationen finden Sie in der Programmbeschreibung der *Basisverbindungen*, Abs. 7.1, S. 45, zur Berechnung der Zugtragfähigkeit von Schrauben.



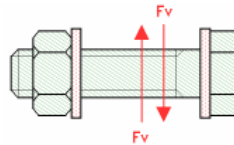
6.5 Schrauben mit Abscherbeanspruchung

EC 3-1-8, 3.6, Grundkomponente 11, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

6.5.1 Anwendungsgrenzen

In dieser Grundkomponente wird die Abschertragfähigkeit von normalen und Edelstahl-Schrauben nach Kategorie A ermittelt.

Nähere Informationen finden Sie in der Programmbeschreibung der *Basisverbindungen*, Abs. 7.1, S. 45, zur Berechnung der Abschertragfähigkeit von Schrauben.



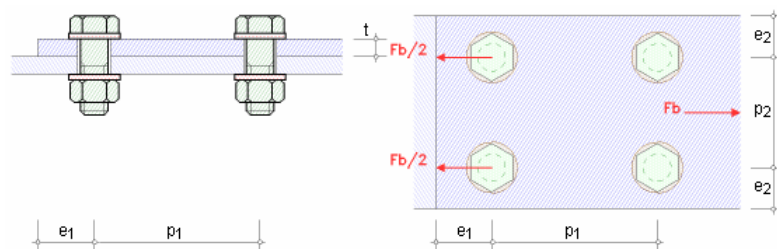
6.6 Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung

EC 3-1-8, 3.6, Grundkomponente 12, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

6.6.1 Anwendungsgrenzen

In dieser Grundkomponente wird die Lochleibungstragfähigkeit normaler und Edelstahl-Schrauben nach Kategorie A ermittelt.

Nähere Informationen finden Sie in der Programmbeschreibung der *Basisverbindungen*, Abs. 7.1, S. 45, zur Berechnung der Lochleibungstragfähigkeit von Schrauben.



6.7

Vouten

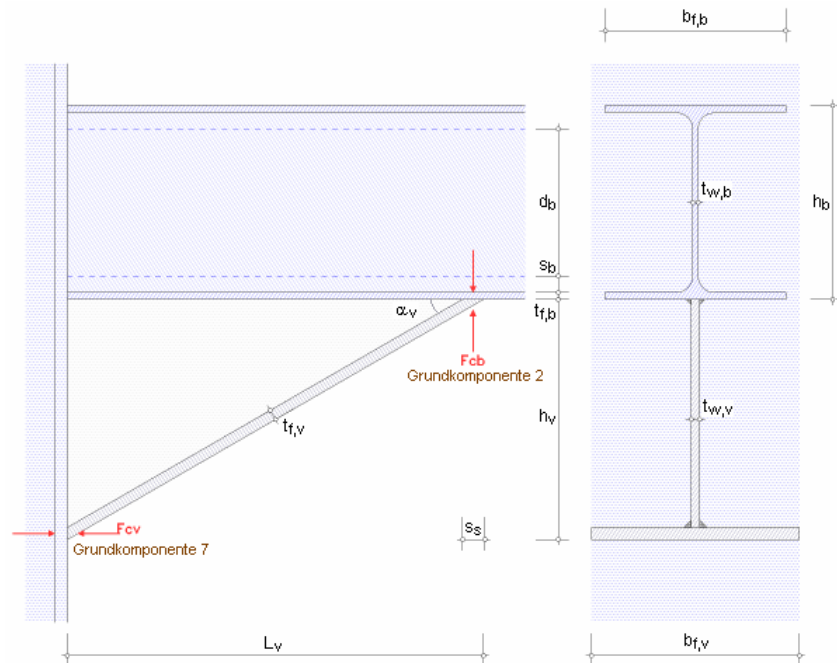
EC 3-1-8, 6.2.6.7, Grundkomponente 20, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

6.7.1

Anwendungsgrenzen

Mit dieser Grundkomponente wird die Tragfähigkeit einer Trägervoute ermittelt. Dazu werden für die Voute-Stützen-Verbindung der gevoutete Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung (Grundkomponente 7, Abs. 6.2, S. 40) und für die Voute-Träger-Verbindung der Trägersteg mit Querdruckbeanspruchung (Grundkomponente 2) untersucht.

Da die Tragfähigkeiten einer Trägervoute an zwei verschiedenen Stellen (Anschnitt Voute-Stütze und Lagerung Träger-Voute) ermittelt werden, sind auch für die beiden Stellen zwei i.A. voneinander unabhängige Beanspruchungsgrößen vorzugeben.



6.7.2

Tragfähigkeit

Die Ermittlung der Tragfähigkeit erfolgt

- für die Verbindung der Voute an die Stütze nach Grundkomponente 7 und
- für die Verbindung der Voute an den Träger nach Grundkomponente 2

Dafür gelten folgende Voraussetzungen, die stets abgeprüft werden

- die Stahlgüte der Voute entspricht der Stahlgüte des Trägers
- es muss gelten: $t_{f,v} \geq t_{f,b}$ und $b_{f,v} \geq b_{f,b}$ und $t_{w,v} \geq t_{w,b}$
- Winkel $\alpha_v \leq 45^\circ$

Beträgt die Höhe des Trägers einschließlich Voute mehr als 600 mm, ist der Beitrag des Trägerstegs zur Tragfähigkeit bei Druckbeanspruchung auf 20 % zu begrenzen.

6.7.3

Verbindung Voute-Träger n. Grundkomponente 7

... Voutenflansch u. -steg mit Druckbeanspruchung, Abs. 6.2, S. 40.

Die Querkraft zur Berücksichtigung der Momenten-Querkraft-Interaktion wird ignoriert.

Die Profilhöhe entspricht der Trägerhöhe einschließlich Voute $h = h_b + h_v$ mit $h_v = L_v \cdot \tan \alpha_v$, die Flanschdicke ist $t_f = t_{f,v}$.

Die Widerstandsmomente sind für den Gesamtquerschnitt (Träger mit Voute) zu ermitteln.

Weitere Informationen zur Berechnung der Tragfähigkeit unter Abs. 6.2, S. 40.

... Trägersteg mit Querdruckbeanspruchung.

Die Längsdruckspannung im Trägersteg zur Berechnung des Abminderungsbeiwerts k_w wird ignoriert.

Zur Berechnung der Steghöhe zwischen den Ausrundungen wird $t_{fo} = t_{fu} = t_{f,b}$ angenommen, daraus ergibt sich $d_b = h_b - 2 \cdot (t_{f,b} + s_b)$.

Stegverstärkungen werden nicht unterstützt.

Basisverbindungen

Den Verfahren zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Stahlbauanschlüssen liegt Folgendes zu Grunde

- Schrauben, Abs. 7.1, S. 45
- Schweißnähte, Abs. 7.2, S. 50
- T-Stummelflansch mit Zugbeanspruchung, Abs. 7.3, S. 52

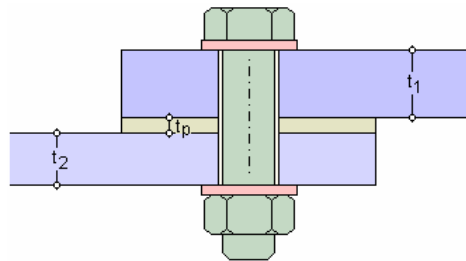
Das Eurocode-Dokument enthält Parameter, die national veränderbar sind. Die im Programm verwendeten veränderbaren Parameter können im Nationalen Anhang (Abs. 8.3, S. 62) eingesehen und verändert werden.

7.1 Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen



Schrauben können auf Abscheren (EC 3-1-8, 3.6+3.7+3.9) und Zug (EC 3-1-8, 3.6) beansprucht werden.

7.1.1 Schrauben



Zur Ermittlung der Tragfähigkeit sind Schraubenverbindungen in Kategorien einzuteilen.

Scherbeanspruchung

- Kategorie A: Scher-/Lochleibungsverbindung für Schrauben aller Festigkeitsklassen ohne Vorspannung
 - Bemessungswert der Schertragfähigkeit
 - Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit
- Kategorie B: Gleitfeste Verbindung (GZG) für hochfeste vorgespannte Schrauben
 - Bemessungswert des Gleitwiderstands im GZG
 - Bemessungswert der Schertragfähigkeit
 - Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit
- Kategorie C: Gleitfeste Verbindung (GZT) für hochfeste vorgespannte Schrauben
 - Bemessungswert des Gleitwiderstands im GZT
 - Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit
 - bei Zugverbindungen: Bemessungswert des plastischen Widerstands des Nettoquerschnitts im kritischen Schnitt durch die Schraubenlöcher

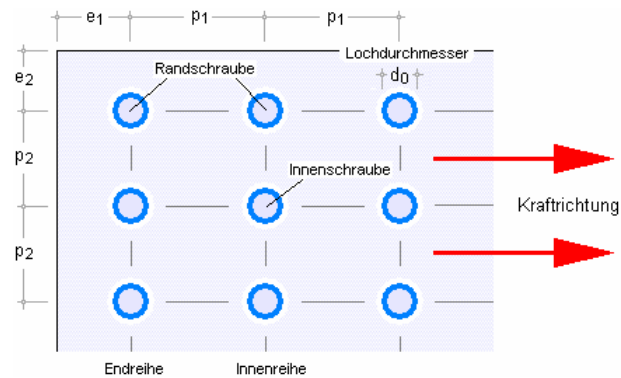
Zugbeanspruchung

- Kategorie D: Zugbeanspruchung für Schrauben aller Festigkeitsklassen ohne Vorspannung
 - Bemessungswert der Zugtragfähigkeit
 - Bemessungswert der Durchstanztragfähigkeit
- Kategorie E: Zugbeanspruchung für hochfeste vorgespannte Schrauben
 - Bemessungswert der Zugtragfähigkeit
 - Bemessungswert der Durchstanztragfähigkeit

7.1.2

Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben

Die Schraubenabstände sind folgendermaßen definiert



Abscheren je Scherfuge

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \bar{A}}{\gamma_{M2}} \quad \text{mit} \quad \begin{cases} \text{Gewinde in der Scherfuge} & \left\{ \begin{array}{l} \alpha_v = 0.6 \quad \text{für FK 4,6,5,6,8,8} \\ \alpha_v = 0.5 \quad \text{für FK 4,8,5,8,6,8,10,9} \end{array} \right\} \quad \text{und} \quad \bar{A} = A_s \\ \text{Schaft in der Scherfuge} & \alpha_v = 0.6 \quad \text{und} \quad \bar{A} = A \end{cases}$$

Die Abschertragfähigkeit wird nur angesetzt, wenn die Schraubenlöcher ein normales Lochspiel haben (EC 3-1-8, 3.6.1(4)).

Übertragen Schrauben Scherkräfte über Futterbleche, ist die Schertragfähigkeit abzumindern mit

$$\beta_p = \frac{g \cdot d}{8 \cdot d + 3 \cdot t_p} \leq 1.0 \quad \text{(EC 3-1-8, 3.6.1(12))}$$

Lochleibung

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad \text{mit} \quad \alpha_b = \min \left(\alpha_d, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0 \right)$$

Beiwert α_d in Kraftrichtung

- in der Endreihe liegende Schrauben/Niete $\alpha_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0}$
- in der Innenreihe liegende Schrauben/Niete $\alpha_d = \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}$

Beiwert k_1 quer zur Kraftrichtung

- am seitlichen Rand liegende Schrauben/Niete $k_1 = \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right)$
- innen liegende Schrauben/Niete $k_1 = \min \left(1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right)$

Die Lochleibungstragfähigkeit wird bei Schraubenverbindungen mit großem Lochspiel auf 80%, mit Langlöchern, deren Längsachse quer zur Kraftrichtung verläuft, auf 60% abgemindert (EC 3-1-8, Tab.3.4, 1)).

Bei Senkschrauben wird bei der Berechnung der Lochleibungstragfähigkeit die Blechdicke t abzüglich der Hälfte der Senkung angesetzt (EC 3-1-8, Tab.3.4, 2)).

In einschnittigen Anschlüssen mit nur einer Schraubenreihe ($p_1 = 0$ und $n = 1$) ist die Lochleibungstragfähigkeit zu begrenzen

$$\Rightarrow k_1 \cdot \alpha_b \leq 1.5.$$

Zug

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad \text{mit} \quad \begin{cases} k_2 = 0.63 & \text{bei Senkschrauben} \\ k_2 = 0.9 & \text{sonst} \end{cases}$$

Durchstanzen

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

Kombination von Scher-/Lochleibung und Zug

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1.0$$

Gleiten

im GZT

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{p,C}$$

im GZG

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3,ser}} \cdot F_{p,C}$$

$F_{p,C} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$ Vorspannkraft bei Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9

$k_s = 1.0$ für Schrauben in Löchern mit normalem Lochspiel

$k_s = 0.85$ übergroßen Löchern

$k_s = 0.85$ kurzen Langlöchern \perp Krafrichtung

$k_s = 0.7$ großen Langlöchern \perp Krafrichtung

$k_s = 0.76$ kurzen Langlöchern \parallel Krafrichtung

$k_s = 0.63$ großen Langlöchern \parallel Krafrichtung

n Anzahl Reiboberflächen (=1 bei einschnittigen Verbindungen)

μ Reibungszahl für vorgespannte Schrauben nach Gleitflächenklassen (s. EC 3-1-8, 3.9.1, Tab.3.7)

Bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung ist der Gleitwiderstand je Schraube wie folgt anzunehmen (EC 3-1-8, 3.9.2):

im GZT

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot (F_{p,C} - 0.8 \cdot F_{t,Ed})$$

im GZG

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3,ser}} \cdot (F_{p,C} - 0.8 \cdot F_{t,Ed,ser})$$

Querschnittsversagen bei Zugverbindungen

Bemessungswert des plastischen Widerstands des Nettoquerschnitts im kritischen Schnitt durch die Schraubenlöcher (EC 3-1-1, 6.2)

$$N_{net,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

7.1.2.1

Rechenparameter Schrauben

Die Rechenparameter für die gängigen Schraubengrößen M12, M16, M20, M22, M24, M27, M30, M36 und die nach EC 3-1-8, 3.1(2), zugelassenen Festigkeitsklassen 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8, 10.9 sind im Programm hinterlegt.

Die in Deutschland nicht vorgesehenen **Festigkeitsklassen** (s. NA-DE) sind gekennzeichnet; bei Anwahl des deutschen Nationalen Anhangs können diese nicht verwendet werden.

Schraubenverbindungen sind auf Abscheren, Gleiten, Lochleibung zwischen Schaft und Anschlussblechen und Zug zu bemessen.

Es kann zwischen normaler und großer Schlüsselweite (Schraubenkopfgroße) unterschieden werden. Die Auswirkungen betreffen die Schraubengeometrie in Eckenmaß/Schlüsselweite/Höhe des Schraubenkopfes, Höhe der Mutter und Blechdicke/Durchmesser der Unterlegscheiben.

Bei normaler Schlüsselweite wird nur eine Unterlegscheibe, bei großer Schlüsselweite werden zwei Unterlegscheiben angeordnet.

Hochfeste Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 oder 10.9 werden programmintern als vorgespannt angesehen (EC 3-1-8, 3.1.2).

Wird die Schraube als **Senkschraube** verwendet, reduzieren sich infolge der um die Senkung Δs verringerten Blechdicke der Lochleibungswiderstand und die Zugtragfähigkeit.

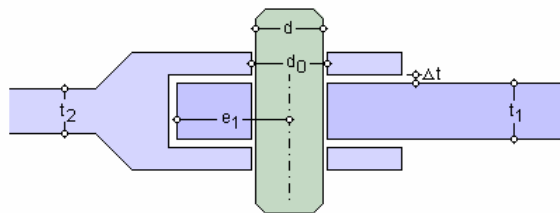
Das Nennlochspiel bestimmt die Lochleibungstragfähigkeit und den Gleitwiderstand.

Im EC 3-1-8 werden die im Bild oben angegebenen Locharten unterschieden.

Verbindungsmittel	Injektionsschrauben	
Schraubengröße	M20	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Festigkeitsklasse	8.8	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Festigkeit des Injektionsharzes	$f_{b, \text{resin}}$	240.0 N/mm ²

7.1.3

Bolzen

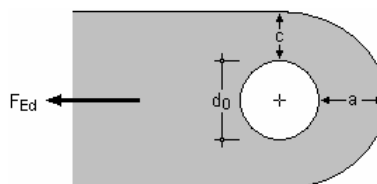


Die als Augenstäbe ausgeführten **Anschlussbleche** müssen zur sinnvollen Kraftübertragung geometrischen Anforderungen genügen, die bei Bedarf überprüft werden.

- ☒ Geometrische Anforderungen an die Augenstäbe
 - ☒ Möglichkeit A: Dicke und Lochdurchmesser sind vorgegeben
 - ☐ Möglichkeit B: nur die Geometrie ist vorgegeben

Möglichkeit A

Blechdicke t und Bolzenlochdurchmesser d_0 sind vorgegeben

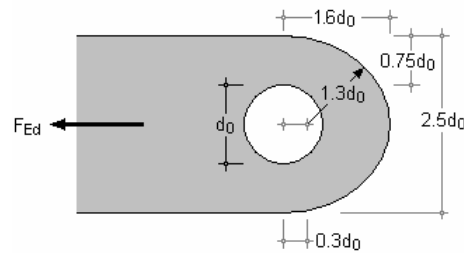


Die geometrischen Parameter a und c müssen dann folgenden Bedingungen genügen

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} \quad \dots \text{ und } \dots \quad c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3}$$

Möglichkeit B

Die Geometrie des Augenstabs in Abhängigkeit vom Bolzenlochdurchmesser ist vorgegeben.



Blechdicke t und Bolzenlochdurchmesser d_0 müssen dann den folgenden Bedingungen genügen

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}} \quad \dots \text{ und } \dots \quad d_0 \leq 2,5 \cdot t$$

7.1.4

Berechnung der Tragfähigkeiten massiver Rundbolzen

Lochspiel zw. den Anschlussblechen	Δt	3,0	mm
Abstand der Bolzenachse vom Zugrand	e_1	50,0	mm
zum seittl. Rand	e_2	30,0	mm

Abscheren

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{up} \cdot A}{\gamma_{M2}}$$

Lochleibung von Augenblech und Bolzen

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot \bar{f}_y}{\gamma_{M0}}$$

bei austauschbaren Bolzen zusätzlich

$$F_{b,Rd,ser} = \frac{0,6 \cdot t \cdot d \cdot \bar{f}_y}{\gamma_{M6,ser}} \quad \dots \text{ mit } \dots \quad \bar{f}_y = \min(f_{yp}, f_y)$$

Ist der Bolzen austauschbar, muss außerdem gelten

$$\sigma_{h,Ed} \leq f_{h,Rd} \quad \dots \text{ mit } \dots \quad \sigma_{h,Ed} = 0,591 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot F_{b,Ed,ser} \cdot (d_0 - d)}{d^2 - t}} \quad \dots \text{ und } \dots \quad f_{h,Rd} = \frac{2,5 \cdot f_y}{\gamma_{M6,ser}}$$

Biegung des Bolzens

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M0}}$$

bei austauschbaren Bolzen zusätzlich

$$M_{Rd,ser} = \frac{0,8 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M6,ser}} \quad \dots \text{ mit } \dots \quad W_{el} = \pi \cdot d^3 / 32 \quad \dots \text{ und } \dots \quad M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (t_1 + 4 \cdot \Delta t + t_2)$$

Kombination von Abscheren und Biegung des Bolzens

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$$

7.2

Tragfähigkeit von Schweißverbindungen



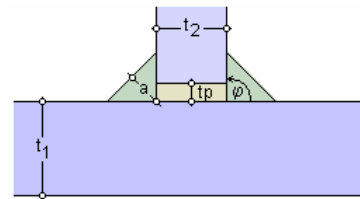
Schweißverbindungen können nach EC 3-1-8, 4, bemessen werden, wenn die zu verschweißenden Blechdicken 4 mm bzw. bei Hohlprofilen 2.5 mm oder mehr aufweisen.

Die Norm behandelt Kehlnähte, Schlitznähte, Stumpfnähte und Lochschweißungen.

7.2.1

Kehlnähte

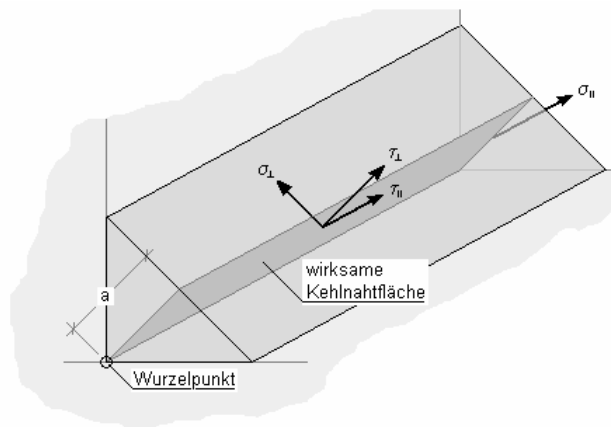
<input checked="" type="checkbox"/> Kehlnaht / Hohlkehlnaht	
<input checked="" type="checkbox"/> einseitige Naht	
wirksame Nahtdicke	a 4,0 mm
Öffnungswinkel der Naht	φ 90°



Die Tragfähigkeit von Kehlnähten kann mit Hilfe des richtungsbezogenen Verfahrens oder des vereinfachten Verfahrens ermittelt werden.

richtungsbezogenes Verfahren

Die Kräfte werden aufgeteilt in Anteile parallel und rechtwinklig zur Längsachse der Schweißnaht und normal und orthogonal zur Lage der wirksamen Kehlnahtfläche. Die Lage der wirksamen Kehlnahtfläche wird im Wurzelpunkt konzentriert angenommen.



Die auf die Kehlnaht einwirkenden Spannungen ergeben sich zu

$$\begin{aligned} \sigma_{\perp} &= \frac{F_{Ed}(\sigma_{\perp})}{a} && \text{Normalspannung senkrecht zur Schweißnahtachse} \\ \sigma_{\parallel} &= 0 && \text{Normalspannung parallel zur Schweißnahtachse} \\ \tau_{\parallel} &= \frac{F_{Ed}(\tau_{\parallel})}{a} && \text{Schubspannung in der Ebene der Kehlnahtfläche senkrecht zur Schweißnahtachse} \\ \tau_{\perp} &= \frac{F_{Ed}(\tau_{\perp})}{a} && \text{Schubspannung in der Ebene der Kehlnahtfläche parallel zur Schweißnahtachse} \end{aligned}$$

Die Tragfähigkeit einer Kehlnaht ist ausreichend, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind.

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{und} \quad \sigma_{\perp} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad \text{mit} \quad f_u = \min(f_u(\text{Blech 1}), f_u(\text{Blech 2}))$$

vereinfachtes Verfahren

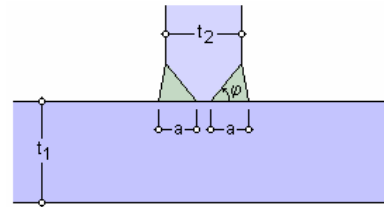
Die Resultierende aller auf die Kehlnaht einwirkenden Kräfte muss folgende Bedingung erfüllen.

$$\begin{aligned} F_{w,Ed} &\leq F_{w,Rd} \quad \text{mit} \quad F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a \quad \text{und} \quad \text{Scherfestigkeit } f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{mit} \quad f_u \text{ s.o.} \\ F_{w,Ed} &= \sqrt{F_{Ed}^2(\sigma_{\perp}) + F_{Ed}^2(\tau_{\perp}) + F_{Ed}^2(\tau_{\parallel})} \end{aligned}$$

7.2.2

Stumpfnähte

<input checked="" type="radio"/> Stumpfnah	
<input type="radio"/> durchgeschweißt	
<input checked="" type="radio"/> nicht durchgeschweißt	
<input type="checkbox"/> einseitige Naht	
wirksame Nahtdicke	a
Öffnungswinkel der Naht	φ



Stumpfnähte können durchgeschweißt oder nicht durchgeschweißt ausgeführt werden.

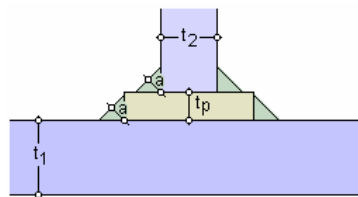
Eine durchgeschweißte Stumpfnah ist eine Schweißnah mit vollständigem Einbrand und vollständiger Verschmelzung des Schweißwerkstoffs mit dem Grundmaterial über die gesamte Dicke der Verbindung (EC 3-1-8, 4.3.4(1)), d.h. $a = t_2/2$ bei beidseitiger Schweißung bzw. $a = t_2$ bei einseitiger Schweißung.

Bei einer nicht durchgeschweißten Stumpfnah ist die Durchschweißung daher kleiner als die volle Dicke des Grundmaterials (EC 3-1-8, 4.3.4(2)).

Die Tragfähigkeit von durchgeschweißten Stumpfnähten ist mit der Tragfähigkeit des schwächeren der verbundenen Bauteile gleichzusetzen, während die Tragfähigkeit von nicht durchgeschweißten Stumpfnähten wie für Kehlnähte zu ermitteln ist (EC 3-1-8, 4.7.1+2).

7.2.3

Anordnung von Futterblechen



Das Futterblech sollte bündig zum Rand des zu verschweißenden Bauteils angepasst sein (EC 3-1-8, 4.4(1)). Es gilt

$$t_p < a_{\text{erf}} \Rightarrow a = a_{\text{erf}} + t_p$$

$$t_p \geq a_{\text{erf}} \Rightarrow 2 \text{ Nähte mit } a = a_{\text{erf}}$$

Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung



Das Modell eines äquivalenten T-Stummels mit Zugbeanspruchung dient zur Ermittlung der Tragfähigkeiten folgender geschraubter Grundkomponenten

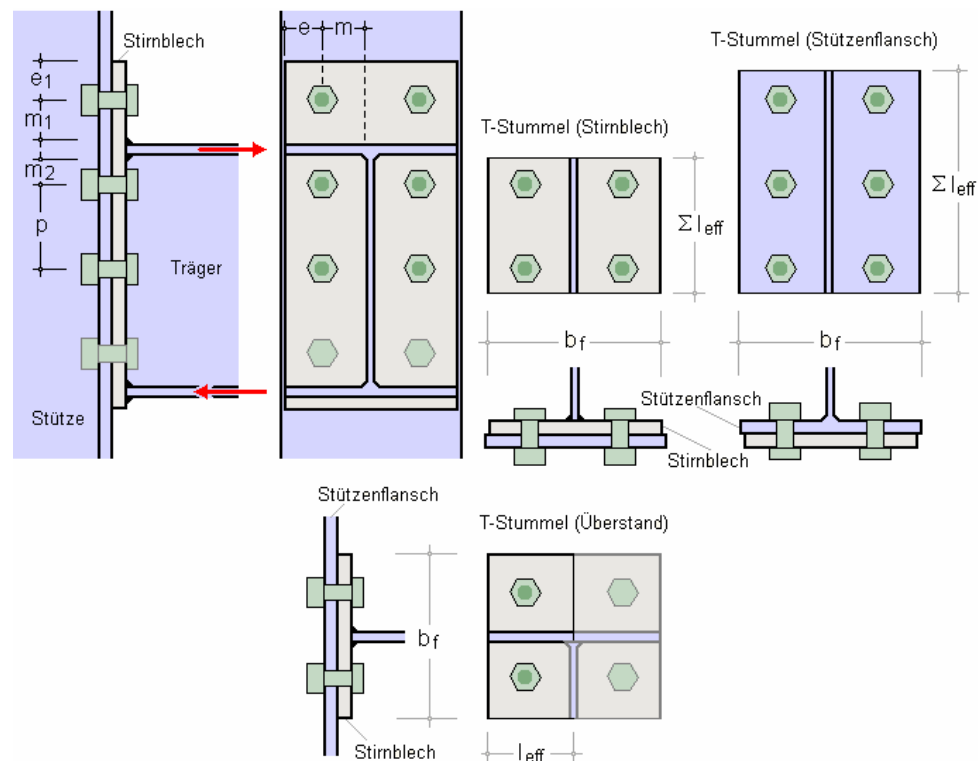
- Stützenflansch mit Biegebeanspruchung
- Stirnblech mit Biegebeanspruchung
- Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung
- Fußplatte mit Biegebeanspruchung infolge Zugbeanspruchung

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Versagensarten des Flansches eines äquivalenten T-Stummels die gleichen sind wie die der o.a. Grundkomponenten.

Als Verbindungsmittel sind lediglich Schrauben zugelassen; die Anschlussbleche werden hier nicht bemessen.

T-Stummel sind Schraubverbindungen zur Übertragung von Zugkräften aus dem T-Stummelsteg über den T-Stummelflansch und einer beliebigen Anzahl von Schraubenreihen (zwei Schrauben je Reihe, symmetrisch jeweils links und rechts vom Steg angeordnet) in das Anschlussblech. Dazu ist die T-Stummelgeometrie für die jeweiligen Belastungsfälle zu bestimmen.

Im Folgenden ist die Bildung der äquivalenten T-Stummel für eine nicht ausgesteifte Stirnblechverbindung von Träger und Stütze dargestellt. Drei Schraubenreihen nehmen die Zugkraft auf; eine Schraubenreihe befindet sich im überstehenden Teil des Stirnblechs.



Der äquivalente T-Stummel für das Stirnblech (ohne Überstand) wird mit dem Stirnblech als Stummelflansch und dem Trägersteg als Stummelsteg gebildet.

Für den überstehenden Teil des Stirnblechs ist das Stirnblech der Stummelflansch und der Trägerflansch der Stummelsteg des äquivalenten T-Stummels.

Der Stützenflansch wird abgebildet durch einen äquivalenten T-Stummel mit dem Stützenflansch als Stummelflansch und dem Stützensteg als Stummelsteg.

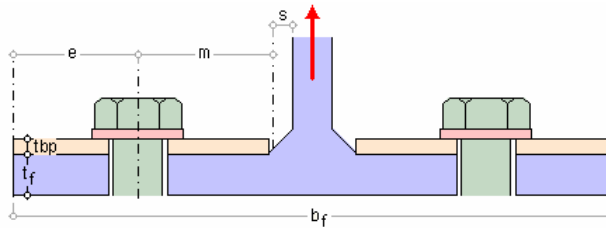
Wesentliche Parameter sind

- Abstand e der Schraube vom Flanschrand
- Abstand m der Schraube vom Steganschnitt

Der Steganschnitt befindet sich im Abstand $s = 0.8 \cdot a \cdot \sqrt{2}$

(geschweißtes Profil a = Schweißnahtdicke) bzw. $s = 0.8 \cdot r$ (gewalztes Profil r = Ausrundungsradius) vom Steg.

- Dicke t_f und Breite b_f des T-Stummelflansches
- Dicke t_{bp} der Flanschverstärkung (Futterblech)



Es werden drei Versagensmodi zur Ermittlung der Tragfähigkeit eines T-Stummelflansches unter Zugbelastung unterschieden

- Modus 1 beschreibt das vollständige Fließen des Flansches
- Modus 3 dagegen das reine Schraubenversagen
- Modus 2 bezeichnet die Mischform, wenn Schraubenversagen bei gleichzeitigem Fließen des Flansches eintritt

Das **Fließen** des Flansches ist abhängig von der wirksamen T-Stummellänge Σl_{eff} , die u.U. für Modus 1 und 2 unterschiedlich ist (Modus 3 ist unabhängig von der wirksamen T-Stummellänge). Die wirksame T-Stummellänge kann entweder vom Programm berechnet oder direkt eingegeben werden.

Obwohl die Kräfte in jeder Schraubenreihe gleich groß angenommen werden, ist außerdem zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Kräfte in den verschiedenen Schraubenreihen auftreten können. Daher sind u.U. einzelne Schraubenreihen oder Gruppen von Schraubenreihen zu untersuchen.

7.3.1

Berechnung der wirksamen Längen

Es wird zwischen der Berechnung der wirksamen Längen für ausgesteifte oder nicht ausgesteifte Stützenflansche (EC 3-1-8, Tab. 6.5 oder Tab. 6.4) und für Stirnbleche (EC 3-1-8, Tab. 6.6) unterschieden.

Die wirksamen Längen werden für die verschiedenen Versagensmodi unterschiedlich ermittelt.

Stützenflansch

☒ Tragfähigkeit des Stützenflansches
☐ eine Schraubenreihe neben einer Steife
☐ Tragfähigkeit des Stirnblechs - zwischen den Trägerflanschen
☐ Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil
 Anzahl der Schraubenreihen n_b = 1: einzeln betrachtet
(2 Schrauben je Reihe)
☐ innere Schraubenreihe
☒ äußere Schraubenreihe

Wird nur eine Schraubenreihe betrachtet, gilt

- Schraubenreihe einzeln betrachtet

Modus 1 $l_{eff,1} = l_{eff,nc} \leq l_{eff,cp}$... und ... Modus 2 $l_{eff,2} = l_{eff,nc}$... mit ...

- innere Schraubenreihe
 - $l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m$
 - $l_{eff,nc} = 4 \cdot m + 1.25 \cdot e$
 - $l_{eff,nc,s} = \alpha \cdot m$ (neben einer Steife)
- äußere Schraubenreihe
 - $l_{eff,cp} = \min(2 \cdot \pi \cdot m, \pi \cdot m + 2 \cdot e_1)$
 - $l_{eff,nc} = \min(4 \cdot m + 1.25 \cdot e, 2 \cdot m + 0.625 \cdot e + e_1)$
 - $l_{eff,nc,s} = e_1 + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e)$ (neben einer Steife)

- Schraubenreihe als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen

Modus 1 $\Sigma l_{eff,1} = \Sigma l_{eff,nc} \leq \Sigma l_{eff,cp}$... und ... Modus 2 $\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc}$... mit ...

- * innere Schraubenreihe $l_{eff,cp} = 2 \cdot p$
 $l_{eff,nc} = p$
 $l_{eff,nc,s} = \pi \cdot m + p$ (neben einer Steife)
 $l_{eff,nc,s} = 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e)$ (neben einer Steife)
- * äußere Schraubenreihe $l_{eff,cp} = \min(\pi \cdot m + p, 2 \cdot e_1 + p)$
 $l_{eff,nc} = \min(2 \cdot m + 0.625 \cdot e + 0.5 \cdot p, e_1 + 0.5 \cdot p)$

Der Beiwert α wird EC 3-1-8, Bild 6.11, entnommen und ist ein Maß für den Abstand der Schraube zu Steg und Steife.

Wird eine Gruppe von $n_b > 1$ Schraubenreihen betrachtet, berechnet sich die gesamte wirksame Länge als Summe der wirksamen Längen der einzelnen Schraubenreihen. Dabei wirken immer eine äußere Schraubenreihe und optional eine innere Schraubenreihe neben einer Steife mit.

Stirnblech - zwischen den Trägerflanschen

☐ Tragfähigkeit des Stützenflansches
☒ Tragfähigkeit des Stirnblechs - zwischen den Trägerflanschen
☐ eine (innere) Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch
☐ Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil
 Anzahl der Schraubenreihen n_b = 1: einzeln betrachtet
(2 Schrauben je Reihe)
☒ innere Schraubenreihe
☐ äußere Schraubenreihe

Für die Bemessung eines Stirnblechs zwischen den Trägerflanschen gelten die Formeln des Stützenflansches ebenso, allerdings ohne die Terme, die e_1 enthalten.

Wird eine Gruppe von $n_b > 1$ Schraubenreihen betrachtet, berechnet sich die gesamte wirksame Länge als Summe der wirksamen Längen der einzelnen Schraubenreihen. Dabei wirken immer eine äußere Schraubenreihe und optional eine innere Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch mit.

Stirnblech - überstehender Teil

☐ Tragfähigkeit des Stützenflansches
☐ Tragfähigkeit des Stirnblechs - zwischen den Trägerflanschen
☒ Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil
nur eine (äußere) Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch

Der überstehende Teil eines Stirnblechs wird als T-Stummel mit nur einer (äußeren) Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch modelliert. Es gilt

- Schraubenreihe einzeln betrachtet

Modus 1 $l_{eff,1} = l_{eff,nc} \leq l_{eff,cp}$... und ... Modus 2 $l_{eff,2} = l_{eff,nc}$... mit ...

- * äußere Schraubenreihe $l_{eff,cp} = \min(2 \cdot \pi \cdot m, \pi \cdot m_x + w, \pi \cdot m_x + 2 \cdot e)$
 $l_{eff,nc} = \min(4 \cdot m_x + 1.25 \cdot e_x, e + 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x, 0.5 \cdot b_p, 0.5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x)$

Die Ermittlung der Tragfähigkeiten von T-Stummelflanschen unter Zug richtet sich danach, ob Abstützkräfte auftreten können, d.h. wenn gilt

$$L_b \leq L_b^* \quad \dots \text{mit} \dots \quad L_b^* = \frac{8,8 \cdot m^3 \cdot A_s \cdot n_b}{\sum l_{\text{eff},1} \cdot t_f^3}$$

L_b Dehnlänge der Schraube (Klemmlänge einschl. Unterlegscheiben plus halbe Kopf- und Mutterhöhe)

treten Abstützkräfte auf.

Wenn Abstützkräfte auftreten können, sind in EC 3-1-8, Tab. 6.2, zwei Verfahren zur Bestimmung der Zugtragfähigkeit eines T-Stummelflansches aufgeführt.

Verfahren 1

- Modus 1 ohne Futterplatten $F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$
- Modus 1 mit Futterplatten $F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd} + 2 \cdot M_{bp,Rd}}{m}$
- Modus 2 $F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n}$
- Modus 3 $F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd}$

Verfahren 2 (alternativ)

- Modus 1 ohne Futterplatten $F_{T,1,Rd} = \frac{(8 \cdot n - 2 \cdot e_{ww}) \cdot M_{pl,1,Rd}}{2 \cdot m \cdot n - e_{ww} \cdot (m + n)}$
- Modus 1 mit Futterplatten $F_{T,1,Rd} = \frac{(8 \cdot n - 2 \cdot e_{ww}) \cdot M_{pl,1,Rd} + 4 \cdot n \cdot M_{bp,Rd}}{2 \cdot m \cdot n - e_{ww} \cdot (m + n)}$
- Modus 2 und 3 s. Verfahren 1

Treten keine Abstützkräfte auf, wird die Tragfähigkeit für Modus 1 und 2 berechnet zu (Modus 3 s. Verfahren 1)

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$$

Die Bemessungswerte der plastischen Momente sind

- Modus 1 $M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{\text{eff},1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$
- Modus 2 $M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{\text{eff},2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$
- Futterplatten $M_{bp,Rd} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{\text{eff},1} \cdot t_{f,bp}^2 \cdot f_{y,bp}}{\gamma_{M0}}$

T-Stummel mit vier Schrauben je Schraubenreihe

Die Komponentenmethode des EC3-1-8 regelt u.A. geschraubte Verbindungen mit **nur zwei** Schrauben je Schraubenreihe. Eine Erweiterung auf die in Deutschland gebräuchlichen Stirnblechverbindungen mit vier Schrauben je Reihe

- **IH2** (ohne Überstand) und
- **IH4** (mit Überstand)

wird in B. Schmidt: *Zum Tragverhalten von geschraubten momententragfähigen Stirnplattenverbindungen mit 4 Schrauben in jeder Schraubenreihe*, Dissertation, TU Dortmund, 2008, vorgestellt.

Diese Vorgehensweise ist im vorliegenden Programm für den geschraubten Trägerstoß mit Stirnblech umgesetzt; sie gilt ebenso für Stützenflansche, die aus Wirtschaftlichkeitsgründen stets auszusteifen sind.

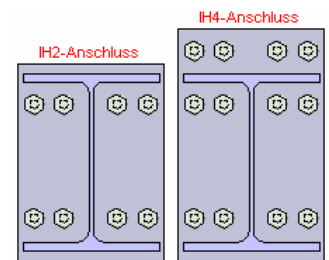


Achtung! Die Anwendung der Methode ist (gegenwärtig noch) nicht durch Norm eingeführt.

Das Verfahren wird anhand der Stirnblechverbindung erläutert.

Bei positivem Biegemoment (d.h. oben Zug, unten Druck) gilt für den

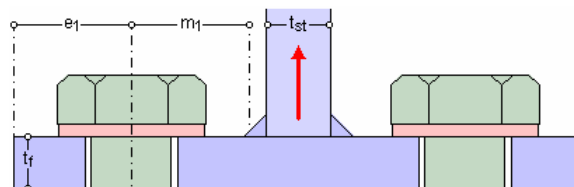
- IH2-Anschluss: Stirnblech ohne Überstand mit einer Schraubenreihe unter Zugbelastung
- IH4-Anschluss: Stirnblech mit Überstand mit zwei Schraubenreihen unter Zugbelastung (eine Reihe befindet sich im Überstand, die zweite Reihe unterhalb des Trägerflanschs)



Analog zu den Anschlussgeometrien mit zwei Schrauben je Schraubenreihe werden die äquivalenten T-Stummel für vier Schrauben je Reihe gebildet.

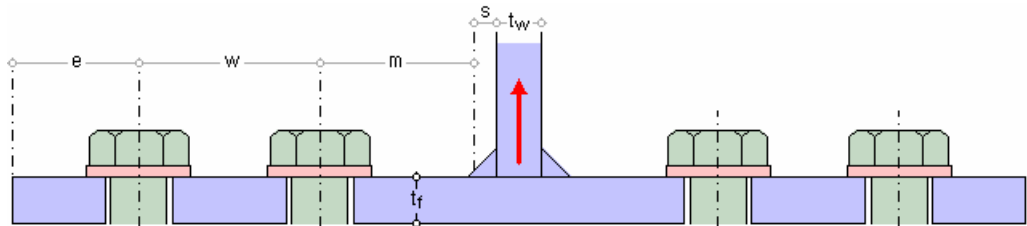
Für den **überstehenden Teil** des Stirnblechs ist das Stirnblech der Stummelflansch und der Trägerflansch der Stummelsteg des äquivalenten T-Stummels. Wesentliche Parameter zur Berechnung der Fließlinien bzw. der effektiven Länge des T-Stummels sind

- Abstand e der äußeren Schraube vom seitlichen Flanschrand
- Abstand w der äußeren von der inneren Schraube
- Abstand e_1 der Schrauben (Endreihe) vom freien Flanschrand
- Abstand m_1 der Schraubenreihe vom Anschnitt der Steife (des Trägerflanschs)
Der Anschnitt der Steife befindet sich im Abstand s von der Steife, wobei gilt
 $s = 0,8 \cdot a_{st} \cdot \sqrt{2}$ (geschweißter T-Stummel)
- Schweißnahtdicke a_{st} zwischen Steife (Trägerzugflansch) und Stirnblech
- Dicke t_{st} und Länge l_{st} der Zugsteife (Dicke und Breite des Trägerflanschs)
- Dicke t_f und Länge l_f des T-Stummelflanschs (Dicke t_p und Breite b_p des Stirnblechs bzw. des Stützenflanschs)



Der äquivalente T-Stummel für die **ausgesteifte Schraubenreihe unterhalb der Steife** (des Trägerzugflanschs) wird mit dem Stirnblech als T-Stummelflansch und dem Trägersteg als T-Stummelsteg gebildet. Wesentliche Parameter zur Berechnung der Fließlinien bzw. der effektiven Länge des ausgesteiften T-Stummels sind

- Abstand e der äußeren Schraube vom Flanschrand
- Abstand w der äußeren von der inneren Schraube
- Abstand m der inneren Schraube vom Steganschnitt
Der Steganschnitt befindet sich im Abstand s vom Steg, wobei gilt
 $s = 0.8 \cdot a \cdot \sqrt{2}$ (geschweißter T-Stummel a = Schweißnahtdicke) bzw.
 $s = 0.8 \cdot r$ (gewalzter T-Stummel r = Ausrundungsradius)
- Abstand m_2 der Schrauben vom Anschnitt der Zugsteife (Trägerflansch), Anschnittlänge der Steife analog s
- Dicke t_w des T-Stummelstegs (Dicke des Träger- bzw. Stützenstegs)
- Dicke t_{st} und Länge l_{st} der Zugsteife (Dicke und Breite des Trägerflanschs)
- Dicke t_f und Länge l_f des T-Stummelflanschs (Dicke t_p und Breite b_p des Stirnblechs bzw. des Stützenflanschs)



Es werden drei Versagensmodi zur Ermittlung der Tragfähigkeit eines T-Stummelflansches unter Zugbelastung unterschieden.

- Modus 1 beschreibt das vollständige Fließen des Flanschs
- Modus 3 dagegen das reine Schraubenversagen
- Modus 2 bezeichnet die Mischform, wenn Schraubenversagen bei gleichzeitigem Fließen des Flanschs eintritt

Das Fließen des Flanschs ist abhängig von der wirksamen T-Stummellänge Σl_{eff} , die u.U. für die Modi 1 und 2 unterschiedlich sein kann (Modus 3 ist nur abhängig von der Schraubengüte). Die wirksame T-Stummellänge kann entweder vom Programm berechnet oder direkt eingegeben werden.

Obwohl die Kräfte in jeder Schraubenreihe gleich groß angenommen werden, ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Kräfte in den verschiedenen Schraubenreihen auftreten können. Daher sind i.A. sowohl die einzelne Schraubenreihe als auch Gruppen von Schraubenreihen zu untersuchen.

Da das Tragverhalten von IH2- und IH4-Anschlüssen nur durch die einzelnen Schraubenreihen geprägt ist, wird im Folgenden auf die Untersuchung von Schraubengruppen verzichtet.

7.4.1

Berechnung der wirksamen Längen

Die wirksamen Längen werden für die verschiedenen Versagensmodi unterschiedlich ermittelt. Die folgenden Formeln gelten sowohl für das Stirnblech als auch den Stützenflansch.

Stirnblech - zwischen den Trägerflanschen

- Tragfähigkeit des Stützenflanschs
 - ⊗ Tragfähigkeit des Stirnblechs - unterhalb des Trägerzugflanschs
 - ☒ eine (innere) Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch
 - ☐ IH2-Anschluss (ohne Überstand)
 - Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil
- Anzahl der Schraubenreihen n_b = 1: Schraubenreihe einzeln
- ⊗ innere Schraubenreihe
 - äußere Schraubenreihe

Es wird hier nur die 'innere Schraubenreihe' neben dem Trägerzugflansch (bzw. der Zugsteife) betrachtet. Die Berechnung unterscheidet sich je nachdem, ob es sich um einen IH2- oder IH4-Anschluss handelt.

Eine Gruppenbildung mit der unteren Schraubenreihe wird ausgeschlossen ($n_b = 1$).

Im Folgenden gilt für $w_3 = e$, $w_2 = w$, $w_1 = b_p - 2 \cdot (w + e)$, $m_s = m_2$.

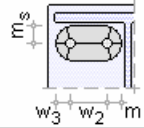
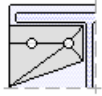
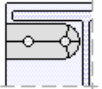
- Schraubenreihe einzeln betrachtet

Modus 1 $l_{eff,1} = l_{eff,nc} \leq l_{eff,cp}$... und ...

Modus 2 $l_{eff,2} = l_{eff,nc}$... mit ...

$$l_{eff,cp} = \min(l_{eff,k,i})$$

$$l_{eff,nc} = l_{eff,m1}$$

Fließkegel			Fließmuster		
		$l_{eff,k}$			$l_{eff,m1}$
1		$2 \cdot \pi \cdot m + 2 \cdot w_2$	1		vgl. Gl. (4.27) oder $\alpha \cdot m$
2		$\pi \cdot m + 2 \cdot (w_2 + w_3)$			

Gl. (4.27) aus B. Schmidt: *Zum Tragverhalten von geschraubten momententragfähigen Stirnplattenverbindungen mit 4 Schrauben in jeder Schraubenreihe*

$$l_{eff,m1} = \frac{m}{2} \cdot \left(\frac{m + 2 \cdot w_2 + 2 \cdot w_3}{m_s} + \frac{m_s}{m} + \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} + \frac{m + 2 \cdot w_2 + 2 \cdot w_3}{m} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin^2 \beta} + \frac{\sqrt{m_s^2 + m^2}}{m \cdot \sin \gamma} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{\cos \alpha} + \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}}{\sin \beta} \right)$$

$$\sin \beta = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{(m + w_2 + w_3) \cdot (3 \cdot m + 4 \cdot w_2 + 4 \cdot w_3)}}{m + m_1 + n}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{(m + w_2 + w_3) \cdot (3 \cdot m + 4 \cdot w_2 + 4 \cdot w_3)}}{m + w_2 + w_3} \cdot \sqrt{\frac{m}{m + w_2 + w_3}}$$

$$\sin \gamma = \sin \left(\arctan \left(\frac{m_s}{m} \right) \right)$$

Stirnblech - überstehender Teil

- ☐ Tragfähigkeit des Stützenflansches
- ☐ Tragfähigkeit des Stirnblechs - zwischen den Trägerflanschen
- ☒ Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil
nur eine (äußere) Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch

Der überstehende Teil eines Stirnblechs wird als T-Stummel mit nur einer (äußeren) Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch modelliert. Im Folgenden gilt für $w_1 = b_p - 2 \cdot (w + e)$, $w_3 = e$, $w_2 = w$, $m_x = m_1$, $e_x = e_1$.

- Schraubenreihe einzeln betrachtet

Modus 1 $l_{eff,1} = l_{eff,nc} \leq l_{eff,cp}$... und ...

Modus 2 $l_{eff,2} = l_{eff,nc}$... mit ...

$$l_{eff,cp} = \min(l_{eff,k,i})$$

$$l_{eff,nc} = \min(l_{eff,m1,i})$$

Fließkegel			Fließmuster		
		$l_{eff,k}$			$l_{eff,m1}$
1		$2 \cdot \pi \cdot m_x + 2 \cdot w_2$	1		$4 \cdot m_x + 1.25 \cdot e + w_2$
2		$\pi \cdot m_x + 2 \cdot (w_2 + w_1 \cdot 0.5)$	2		$2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e + w_2 + 0.5 \cdot w_1$
3		$\pi \cdot m_x + 2 \cdot (w_2 + w_3)$	3		$2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e + w_2 + w_3$
4		$0.5 \cdot \pi \cdot m_x + w_2 + w_3 + e$	4		$b_p/2 < b_b/2 + \sqrt{2} \cdot 0.8 \cdot a_f$
5		$0.5 \cdot \pi \cdot m_x + w_2 + w_1 \cdot 0.5 + e$			
6		$\pi \cdot m_x + w_2 + 2 \cdot e$			

7.4.2

Tragfähigkeit

Bei der Ermittlung der Tragfähigkeiten von ausgesteiften T-Stummelflanschen unter Zug mit vier Schrauben in einer Reihe spielt die Lage der Schrauben sowie die Lastabtragsrichtung eine wesentliche Rolle. Die effektive Fließlänge wird dementsprechend gewichtet für den Anteil

$$\text{in Flanschrichtung} \quad \delta_F = \frac{K_1 + K_2}{K_1 + K_2 + K_3 + K_4} \quad \dots \text{mit} \dots \quad K_i = \frac{E \cdot t_p^3}{12 \cdot l_i^3} \Rightarrow \delta_F = \frac{\sum_{i=1}^2 1/l_i^3}{\sum_{i=1}^4 1/l_i^3}$$

$$\dots l_1 = l_2 = m_s \dots l_3 = w_2 \dots l_4 = m$$

$$\text{in Stegrichtung} \quad \delta_S = \frac{K_3 + K_4}{K_1 + K_2 + K_3 + K_4} \dots \Rightarrow \delta_S = \frac{\sum_{i=3}^4 1/l_i^3}{\sum_{i=1}^4 1/l_i^3}$$

sowie beim alternativen Verfahren (Verfahren 2) in Flanschrichtung für die

$$\text{Innenschrauben} \quad \rho_{Fi} = \frac{w_1 + w_2}{b_{st}}$$

$$\text{Außenschrauben} \quad \rho_{Fa} = (1 - \rho_{Fi})$$

Im Stirnplattenüberstand braucht die effektive Fließlänge nicht reduziert zu werden.

Bei IH2- und IH4-Anschlüssen wird davon ausgegangen, dass Abstützkräfte auftreten. Daher werden zwei Verfahren zur Bestimmung der Zugtragfähigkeit eines T-Stummelflansches aufgeführt.

Verfahren 1

Modus 1

$$\text{im Überstand} \quad F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m_x}$$

$$\text{in Flanschrichtung} \quad F_{T,1,F,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd} \cdot \delta_F}{m_s}$$

$$\leq \frac{2 \cdot (M_{pl,1,Rd} + M_{pl,1,st,Rd}) \cdot \delta_F}{m_s} \quad \dots \text{bei IH2-Anschlüssen}$$

$$\text{in Stegrichtung} \quad F_{T,1,S,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd} \cdot \delta_S}{m}$$

$$\Rightarrow F_{T,1,Rd} = F_{T,1,F,Rd} + F_{T,1,S,Rd}$$

- Modus 2

$$\begin{aligned}
 \text{im Überstand} \quad F_{T,2,Rd} &= \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + 4 \cdot F_{t,Rd} \cdot n_x}{m_x + n_x} \quad \dots n_x = e_x \leq 1.25 \cdot m_x \\
 \text{in Flansrichtung} \quad F_{T,2,F,Rd} &= \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} \cdot \delta_F \cdot \rho_{Fa} + 2 \cdot F_{t,Rd} \cdot n_s}{m_s + n_s} \quad \dots n_s = 1.25 \cdot m_s \\
 &M_{pl,2,Rd} = \min(M_{pl,2,Rd}, M_{pl,2,st,Rd}) \quad \dots \text{bei IH2-Anschlüssen} \\
 \text{in Stegrichtung} \quad F_{T,2,S,Rd} &= \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} \cdot (\delta_F \cdot \rho_{Fi} + \delta_S) + 2 \cdot F_{t,Rd} \cdot n}{m + n} \quad \dots n = 1.25 \cdot m \\
 \Rightarrow F_{T,2,Rd} &= F_{T,2,F,Rd} + F_{T,2,S,Rd}
 \end{aligned}$$

- Modus 3

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$$

Verfahren 2 (alternativ)

- Modus 1

$$\begin{aligned}
 \text{im Überstand} \quad F_{T,1,Rd} &= \frac{M_{pl,1,Rd} \cdot \left(4 - \frac{e'}{n_x}\right)}{m_x - \frac{(m_x + n_x) \cdot e'}{2 \cdot n_x}} \quad \dots n_x = 1.25 \cdot m_x \leq e_x \quad \dots e' = \frac{d_0}{4} + \frac{d_s + d_e}{8} \\
 \text{in Flansrichtung} \quad F_{T,1,F,Rd} &= \frac{M_{pl,1,Rd} \cdot \left(4 - \frac{e'}{n_s}\right) \cdot \delta_F}{m_s - \frac{(m_s + n_s) \cdot e'}{2 \cdot n_s}} \quad \dots n_s = 1.25 \cdot m_s \\
 \text{in Stegrichtung} \quad F_{T,1,S,Rd} &= \frac{M_{pl,1,Rd} \cdot \left(4 - \frac{e'}{n}\right) \cdot \delta_S}{m - \frac{(m + n) \cdot e'}{2 \cdot n}} \quad \dots n = 1.25 \cdot m \\
 \Rightarrow F_{T,1,Rd} &= F_{T,1,F,Rd} + F_{T,1,S,Rd}
 \end{aligned}$$

- Modi 2 und 3 s. Verfahren 1

Die Bemessungswerte der plastischen Momente in beiden Verfahren sind

$$\begin{aligned}
 \text{Modus 1} \quad \dots M_{pl,1,Rd} &= \frac{0.25 \cdot I_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{2} \\
 \text{Modus 2} \quad \dots M_{pl,2,Rd} &= \frac{0.25 \cdot I_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{2} \\
 &\dots \text{sowie} \quad \dots M_{pl,2,st,Rd} = \frac{0.25 \cdot I_{eff,2} \cdot t_{st}^2 \cdot f_{y,st}}{2} \quad \dots \text{bei IH2-Anschlüssen}
 \end{aligned}$$

Die Tragfähigkeit ergibt sich damit zu

$$\max F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$$

wobei die maximale Zugtragfähigkeit der Steife (des Trägerflanschs) nicht überschritten werden darf.

$$\begin{aligned}
 \max F_{T,Rd} &= (A_F + A_S) \cdot f_{y,st} / \gamma_{M0} \quad \dots \text{mit} \quad \dots A_F = b_{st} \cdot t_{st} \\
 &A_S = I_{eff} \cdot \delta_S \cdot t_w \quad \dots \text{im Überstand} \quad A_S = 0
 \end{aligned}$$

8 Allgemeines

8.1 Stahlsorten

In **pcae**-Programmen werden folgende typisierten Stahlsorten vorgehalten (s. EC 3-1-1, 3.2.1, Tab.3.1)

- S 235 (auch W und H)
- S 275 (auch N/NL, M/ML, H, NH/NLH und MH/MLH)
- S 355 (auch N/NL, M/ML, W, H, NH/NLH und MH/MLH)
- S 450, S 460 (auch N/NL, M/ML, Q/QL/QL1, H, NH/NLH und MH/MLH)

Natürlich können die zur Bemessung in diesem Programm verwendeten Parameter verändert und an geeignete Produktnormen angepasst werden.

Stahlsorte	S 275	<input checked="" type="checkbox"/> Vorgabe
char. Streckgrenze	f_y	275.0 N/mm ²
char. Zugfestigkeit	f_u	430.0 N/mm ²
E-Modul	E	210000 N/mm ²
Korrelationsbeiwert	β_w	0.85

Der E-Modul wird nur bei der Bemessung einer Schraubverbindung mit Bolzen, der Korrelationsbeiwert nur bei der Bemessung einer Schweißverbindung mit Kehlnähten relevant.

8.2 Ausdrucksteuerung

Eingabeparameter und Ergebnisse werden in einer **Druckliste** ausgegeben, deren Umfang über die folgenden Optionen beeinflusst werden kann.

Zunächst kann eine maßstäbliche **grafische Darstellung** der Basisverbindung in die Liste eingefügt werden.

Der Maßstab kann entweder vorgegeben werden oder die Zeichnung wird im Falle einer Eingabe von 0 größtmöglich in den dafür vorgesehenen Platz gesetzt.

Anschließend werden die **Eingabeparameter** und die **Teilsicherheitsbeiwerte** ausgedruckt.

I.A. reicht die Ausgabe der Typbezeichnungen der Schrauben sowie der Stahlgüten aus; bei Aktivierung der **zusätzlichen Informationen** werden zudem die Rechenparameter ausgegeben.

Im Anschluss an die Ergebnisse sind die zur Bemessung der Basisverbindungen maßgebenden **Parameter des nationalen Anhangs** angeordnet.

Zum Schluss kann eine Liste der verwendeten Vorschriften (Normen) abgedruckt werden.

Der Umfang der Ergebnisdarstellung kann **ausführlich**, **standard** oder **minimal** sein.

- eine ausführliche Ergebnisausgabe beinhaltet die Ausgabe sämtlicher verwendeter Formeln, um Schritt für Schritt den Lösungswert nachzuvollziehen
- ist dagegen die Ergebnisausgabe minimal, wird nur das Endergebnis ohne weiteren Kommentar ausgedruckt
- im Normalfall reicht die Standardausgabe, bei der nur die wichtigsten Zwischenwerte zusätzlich zum Endergebnis ausgegeben werden



Zum Druckmanager und den dortigen Interaktionsmöglichkeiten sowie zu der zum Lieferumfang gehörenden **englischsprachigen** Druckdokumentenausgabe s. *DTE®-Handbuch*.

Beispielausdrucke, auch in englischer Sprache, finden Sie im Internet unter www.pcae.de.

8.3

nationale Anhänge zu den Eurocodes

Die Eurocode-Normen gelten nur in Verbindung mit ihren nationalen Anhängen in dem jeweiligen Land, in dem das Bauwerk erstellt werden soll.

Für ausgewählte Parameter können abweichend von den Eurocode-Empfehlungen (im Eurocode-Dokument mit 'ANMERKUNG' gekennzeichnet) landeseigene Werte bzw. Vorgehensweisen angegeben werden.

In **pcae**-Programmen können die veränderbaren Parameter in einem separaten Eigenschaftsblatt eingesehen und ggf. modifiziert werden.

Dieses Eigenschaftsblatt dient dazu, dem nach Eurocode zu bemessenden Bauteil ein nationales Anwendungsdokument (NA) zuzuordnen.

NAe enthalten die Parameter der nationalen Anhänge der verschiedenen Eurocodes (EC 0, EC 1, EC 2 ...) und ermöglichen den **pcae**-Programmen das Führen normengerechter Nachweise, obwohl sie von Land zu Land unterschiedlich gehandhabt werden.



Die EC-Standardparameter (Empfehlungen ohne nationalen Bezug) wie auch die Parameter des deutschen nationalen Anhangs (NA-DE) sind grundsätzlich Teil der **pcae**-Software.

Darüber hinaus stellt **pcae** ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem weitere NAe aus Kopien der bestehenden NAe erstellt werden können. Dieses Werkzeug, das über ein eigenes Hilfedokument verfügt, wird normalerweise aus der Schublade des DTE®-Schreibtischs heraus aufgerufen (Beschreibung s. Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*). Einen direkten Zugang zu diesem Werkzeug liefert die kleine Schaltfläche hinter dem **Schraubenziehersymbol**.

Normen

- /1/ DIN EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /2/ DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /3/ DIN EN 1991-1-2, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /4/ DIN EN 1991-1-2/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe September 2015
- /5/ DIN EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dez. 2010
- /6/ DIN EN 1993-1-1/A1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005/A1:2014, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Juli 2014
- /7/ DIN EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dez. 2018
- /8/ DIN EN 1993-1-2, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1993-1-2, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /9/ DIN EN 1993-1-2/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /10/ DIN EN 1993-1-3, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-3: Allgemeine Regeln - Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche; Deutsche Fassung EN 1993-1-3:2006 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /11/ DIN EN 1993-1-3/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-3: Allgemeine Regeln - Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /12/ DIN EN 1993-1-5, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile; Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2006 + AC:2009 + A1:2017 + A2:2019, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Oktober 2019
- /13/ DIN EN 1993-1-5 Berichtigung 1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile; Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2006 + AC:2009 + A1:2017 + A2:2019, Berichtigung 1, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Juli 2020
- /14/ DIN EN 1993-1-5/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /15/ DIN EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /16/ DIN EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe November 2020
- /17/ DIN EN 1993-1-9, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009, Deutsches Institut für Nor-

mung e.V., Ausgabe Dezember 2010

- /18/ DIN EN 1993-1-9/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /19/ DIN EN 1993-6, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 6: Kranbahnen; Deutsche Fassung EN 1993-6:2007 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /20/ DIN EN 1993-6/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 6: Kranbahnen; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /21/ DIN EN 1999-1-1, Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln; Deutsche Fassung EN 1999-1-1:2007 + A1:2009 + A2:2013, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe März 2014
- /22/ DIN EN 1999-1-1/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /23/ DIN 18800-1, Stahlbauten - Teil 1: Bemessung und Konstruktion; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe November 2008

Bemessung

- /24/ E. Kahlmeyer, K. Hebestreit, W. Vogt: Stahlbau nach EC3, Bemessung und Konstruktion, Träger - Stützen - Verbindungen, 6. Auflage, Werner-Verlag, 2012
- /25/ R. Kindmann, M. Stracke: Verbindungen im Stahl- und Verbundbau, 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2012
- /26/ R. Kindmann, M. Krüger: Stahlbau Teil 1: Grundlagen, 5. Aufl., Verl. Ernst & Sohn, 2013
- /27/ R. Kindmann: Stahlbau Teil 2: Stabilität und Theorie II. Ordnung, 4. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2008
- /28/ R. Kindmann, J. Frickel: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit, Grundlagen, Methoden, Berechnungsverfahren, Beispiele, Verlag Ernst & Sohn, 2002
- /29/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 1: Tragwerksplanung, Grundlagen, 5. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014
- /30/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 2: Verbindungen und Konstruktionen, 3. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2011
- /31/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 3: Komponentenmethode, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014
- /32/ D. Ungermann, K. Weynand, J.-P. Jaspart, B. Schmidt: Momententragfähige Anschlüsse mit und ohne Steifen, Stahlbau Kalender 2005, Verlag Ernst & Sohn, 2005
- /33/ D. Ungermann, S. Schneider: Stahlbaunormen DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen, Stahlbau Kalender 2013, Verlag Ernst & Sohn, 2013
- /34/ D. Ungermann, M. Feldmann, O. Oberegge et.al.: Entwicklung eines Bemessungsmodells für geschraubte, momententragfähige Kopfplattenverbindungen mit 4 Schrauben in einer Schraubenreihe auf der Grundlage der prEN 1993-1-8:2003: Forschungsbericht zum Forschungsvorhaben AiF Nr. 15059, Deutscher Ausschuss für Stahlbau (DASt), Stahlbau Verlags- und Service GmbH, 2009
- /35/ Björn Schmidt: Zum Tragverhalten von geschraubten momententragfähigen Stirnplattenverbindungen mit 4 Schrauben in jeder Schraubenreihe, Dissertation, TU Dortmund, 2008
- /36/ Beispiele zur Bemessung von Stahltragwerken nach DIN EN 1993 Eurocode 3, bauforumstahl e.V., Verlag Ernst & Sohn GmbH & Co. KG
- /37/ K. Weynand, R. Oerder: Typisierte Anschlüsse im Stahlnhochbau nach DIN EN 1993-1-8, Stahlbau Verlag- und Service GmbH, Gesamtausgabe 2013
- /38/ L. Nasdala, B. Hohn, R. Rühl: Bemessung von Stirnplattenanschlüssen mit elastomerer Zwischenschicht, Bauingenieur, Bd. 80, Dezember 2005
- /39/ Y. Ciupack, H. Pasternak: Thermisch getrennte Stirnplattenstöße, Bauingenieur, Bd. 88,

- /40/ Druckschrift Kerncompactlager, Calenberg Ingenieure GmbH, Salzhemmendorf, www.calenberg-ingenieure.de
- /41/ ECCS Document No. 126: European Recommendations for the Design of Simple Joints in Steel Structures. ECCS TC10 - Structural Connections, 2009. J.P. Jaspart, J.F. Démonceau, S. Renkin, M.L. Guillaume
- /42/ D. Ungermann, R. Puthli, Th. Ummenhofer, K. Weynand: Eurocode 3, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Band 2: Anschlüsse, DIN EN 1993-1-8 mit Nationalem Anhang, Kommentar und Beispiele, 2015
- /43/ B. Braun, U. Kuhlmann: Bemessung und Konstruktion von aus Blechen zusammengesetzten Bauteilen nach DIN EN 1993-1-5, Stahlbau-Kalender 2009, Verlag Ernst & Sohn, 2009
- /44/ U. Kuhlmann, A. Zizza, B. Braun: Stahlbaunormen DIN EN 1993-1-5: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Plattenförmige Bauteile, Stahlbau Kalender 2012, Verlag Ernst & Sohn, 2012
- /45/ R. Timmers, G. Lener, F. Sinur, B. Kövesdi, R. Chacon: Stabilitätsnachweise nach EN 1993-1-5 - Theorie und Beispiele, Stahlbau-Kalender 2015, Verlag Ernst & Sohn, 2015
- /46/ M. Feldmann, U. Kuhlmann, M. Mensinger: Entwicklung und Aufbereitung wirtschaftlicher Bemessungsregeln für Stahl- und Verbundträger mit schlanken Stegblechen im Hoch- und Brückenbau: Forschungsbericht zum Forschungsvorhaben AiF Nr. 14771, Deutscher Ausschuss für Stahlbau (DASt), Stahlbau Verlag GmbH, 2008
- /47/ C. Seeßelberg: Kranbahnen, 4. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014
- /48/ A. Steurer: Das Tragverhalten und Rotationsvermögen geschraubter Stirnplattenverbindungen, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Zürich, Dezember 1999
- /49/ T. Laufs, C. Radlbeck: Aluminiumbau-Praxis nach Eurocode 9, Berechnung und Konstruktion, Bauwerk, Bauwerk, Beuth-Verlag GmbH, 2015
- /50/ J.-M. Franssen, P. Vila Real: Fire Design of Steel Structures, 2nd Edition, ECCS - European Convention for Constructional Steelwork, 2015
- /51/ DASt-Richtlinie 027: Ermittlung der Bauteiltemperatur feuerverzinkter Stahlbauteile im Brandfall, Ausgabe Nov. 2020
- /52/ M. Mensinger, M. Stadler: Brandschutznachweise, Workshop Eurocode 3 - Rechenbeispiele, 8. November 2008, München
- /53/ Berechnungsrichtlinie für die Querschnitts- und Stabbemessung nach Eurocode 3 mit Schwerpunkt auf semi-kompakten Querschnitten; TU Graz Institut für Stahlbau, Lessingstr. 25/38010 Graz
- /54/ W. Martin: ζ -Werte für den Biegedrillknicknachweis von I-Profilen
- /55/ J. Lindner, J. Scheer, H. Schmidt: Stahlbauten, Erläuterungen zu DIN 18800 Teil 1 bis Teil 4, Beuth-Kommentare
- /56/ J. Lindner: Stabilisierung von Trägern durch Trapezbleche, Stahlbau 56 (1987), S. 9-15
- /57/ R. Puthli: Hohlprofilkonstruktionen im Geschossbau - Ausblick auf die europäische Normung, Stahlbau-Kalender 2002, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2002
- /58/ R. Puthli, R. Ummenhofer, J. Wardenier, I. Pertermann: Anschlüsse mit Hohlprofilen nach DIN EN 1993-1-8, Stahlbau-Kalender 2011, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2011
- /59/ J. Wardenier, Y. Kurobane, J.A. Packer, G.J. van der Vegte, X.-L. Zhao: Berechnung + Bemessung von Verbindungen aus Rundhohlprofilen unter vorwiegend ruhender Belastung, CIDECT 1, 2. Aufl. 2008/2011
- /60/ J.A. Packer, J. Wardenier, X.-L. Zhao, G.J. van der Vegte, Y. Kurobane: Anschlüsse mit rechteckigen Hohlprofilen unter vorwiegend ruhender Belastung, CIDECT 3, 2. Aufl. 2009/2012

Abkürzungen	2	Nachweis	30
Abscheren	42	Ordner	7
Anhang nationaler	62	Profil	12
Anschlussblech	48	Profilmanager	12
Anschlusskonfiguration	36	Querkrafttragfähigkeit plastische	40
Anschlussschnittgrößen	29	Querschnittsklassifizierung	37
Anschlusstragfähigkeit	31	Rotationskapazität	25
Ausdrucksteuerung	61	Rotationssteifigkeit	25
Ausnutzung	27, 28	Scherbeanspruchung	45
Basisverbindungen	45	Schnittgrößen	19
Bauteil erzeugen	7	Schnittgrößenimport	20
Bemessungsschnittgrößen	19	Schnittgrößentransformation	29
Berechnung lastfallweise	17	Schnittufer	19
blank	2	Schraube	11, 42, 48
Bolzen	48	Schraubengruppe	39
Buttons	2	Schraubenverbindung	45
Cursor	2	Schreibtisch	6
Druckausgabe	17	Schreibtischauswahl	5
Druckliste	61	Schubfläche wirksame	37
Einwirkung	2	Schweißnaht	31
e-Mail	6	Schweißverbindung	50
Englisch	62	Senkschraube	48
Ergebnisübersicht	23	Stahlsorte	61
Extremalbildungsvorschrift	2	Startsymbol	5
Festigkeitsklasse	48	Steuerbutton	6
Fließen	53	Stirnblech	39, 54
Fremdsprache	62	Stirnblechverbindung geschraubte	26
Futterblech	51	Stumpfnah	51
Grundkomponente	25	Stützenflansch	40
IH2	56	Teilschnittgrößen	29
IH4	56	Teilsicherheitsbeiwert	37
Installation	5	Trägerflansch	40
Kältebrücke	15	Trägerneigung	16
Kehlnaht	50	Trägersteg	41
Komponentenmethode	25	Tragfähigkeit Bolzen	49
Kontextsensitivität	6	Tragfähigkeit Schraube	46
Länge wirksame	53	Trennschicht thermische	15
Lastbild	2	T-Stummel Zug	52
Lastfall	2	T-Stummel Zug Tragfähigkeit	55
Lastkollektiv	2	T-Stummelflansch	39
Linienquerschnitt	31	Verfahren richtungsbezogenes	50
Lochleibung	42	Verfahren vereinfachtes	50
Materialsicherheitsbeiwert	37	Voute	16, 28, 43
Modell statisches	36	Widerstandsmoment plastisches	37
Momententragfähigkeit	25	Zugbeanspruchung	45