



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-EC3GK

Grundkomponenten

April 2025

4H-EC3GK

Grundkomponenten

Copyright 2012-2025

7. 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

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.

Das Programm *EC3GK* beinhaltet 15 Grundkomponenten, um auch allgemeine Anschlussgeometrien abbilden zu können.

- Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung
- Träger- oder Stützensteg mit Querdruckbeanspruchung
- Stützensteg mit Querkzugbeanspruchung
- Stützenflansch mit Biegebeanspruchung
- Stirnblech mit Biegebeanspruchung
- Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung
- Träger- oder Stützenflansch und -steg mit Druckbeanspruchung
- Trägersteg mit Zugbeanspruchung
- Blech mit Zug- oder Druckbeanspruchung
- Schrauben mit Zugbeanspruchung
- Schrauben mit Abscherbeanspruchung
- Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung
- Schweißnähte
- Vouten
- Stirnblech mit Trennschicht

Es besteht die Möglichkeit, entweder nur die Tragfähigkeiten zu berechnen oder den entsprechenden Nachweis zu führen und die Ausnutzung zu ermitteln.

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 *EC3GK* 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.

Zur *EC3GK*-Dokumentation gehört neben diesem Manual das Handbuch

DTE®-DeskTopEngineering.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit *EC3GK*.

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
El.	Element
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	7
2	Bauteil erzeugen.....	9
3	Eingabeoberfläche.....	11
3.1	Grundkomponenten eines Anschlusses.....	11
3.1.1	Grundidee.....	11
3.1.2	Anschlusskonfiguration	11
3.1.3	statisches Modell für Träger-Stützenanschlüsse	12
3.1.4	Berechnung allgemeiner Querschnittsgrößen	12
3.1.5	Klassifizierung von Querschnitten.....	13
3.1.6	Teilsicherheitsbeiwerte für Anschlüsse	13
3.1.7	Allgemeines zur Programmeingabe	13
3.1.8	Statikdokument.....	16
3.1.9	Formelzeichen.....	16
4	Grundkomponenten	18
4.1	Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung.....	18
4.1.1	Anwendungsvoraussetzung	18
4.1.2	Tragfähigkeit.....	18
4.1.3	Verstärkungen des Stützenstegs	18
4.1.4	Programmanwendung	19
4.2	Träger- oder Stützensteg mit Querdruckbeanspruchung.....	20
4.2.1	Anwendungsvoraussetzung	20
4.2.2	Tragfähigkeit.....	20
4.2.3	Verstärkungen des Stützenstegs	21
4.2.4	Programmanwendung	21
4.3	Stützensteg mit Querkzugbeanspruchung.....	23
4.3.1	Anwendungsvoraussetzung	23
4.3.2	Tragfähigkeit.....	23
4.3.3	Verstärkungen des Stützenstegs	23
4.3.4	Programmanwendung	24
4.4	Stützenflansch mit Biegebeanspruchung.....	26
4.4.1	Anwendungsvoraussetzung	26
4.4.2	Tragfähigkeit einer geschweißten Verbindung.....	26
4.4.3	Tragfähigkeit einer geschraubten Verbindung	26
4.4.4	Verstärkungen des Stützenstegs	27
4.4.5	Schraubengruppe.....	27
4.4.6	Programmanwendung	28
4.5	Stirnblech mit Biegebeanspruchung	30
4.5.1	Anwendungsvoraussetzung	30
4.5.2	Tragfähigkeit.....	30
4.5.3	Schraubengruppe.....	30
4.5.4	Programmanwendung	31
4.6	Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung.....	33
4.6.1	Anwendungsvoraussetzung	33
4.6.2	Tragfähigkeit.....	33
4.6.3	Flanschwinkel.....	33
4.6.4	Programmanwendung	34
4.7	Träger- oder Stützenflansch und -steg mit Druckbeanspruchung	35
4.7.1	Anwendungsvoraussetzung	35
4.7.2	Tragfähigkeit.....	35
4.7.3	Programmanwendung	36
4.8	Trägersteg mit Zugbeanspruchung	37
4.8.1	Anwendungsvoraussetzung	37
4.8.2	Tragfähigkeit.....	37

4.8.3	Träger	37
4.8.4	Programmanwendung	37
4.9	Blech mit Zug-, Druck- oder Schubbeanspruchung	38
4.9.1	Anwendungsvoraussetzung	38
4.9.2	Tragfähigkeit	38
4.9.3	Programmanwendung	38
4.10	Schrauben mit Zugbeanspruchung	39
4.10.1	Anwendungsgrenzen	39
4.10.2	Programmanwendung	39
4.11	Schrauben mit Abscherbeanspruchung	40
4.11.1	Anwendungsgrenzen	40
4.11.2	Programmanwendung	40
4.12	Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung	41
4.12.1	Anwendungsgrenzen	41
4.12.2	Programmanwendung	41
4.13	Schweißnähte	42
4.13.1	Anwendungsgrenzen	42
4.13.2	Programmanwendung	42
4.14	Vouten	44
4.14.1	Anwendungsgrenzen	44
4.14.2	Tragfähigkeit	44
4.14.3	Verbindung Voute-Träger n. Grundkomponente 7	44
4.14.4	Verbindung Voute-Träger n. Grundkomponente 2	45
4.14.5	Programmanwendung	45
4.15	Stirnblech mit Trennschicht	46
4.15.1	Anwendungsvoraussetzung	46
4.15.2	Tragfähigkeit	46
4.15.3	Programmanwendung	48
5	Basisverbindungen	49
5.1	Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen	49
5.1.1	Schrauben und Niete	49
5.1.2	Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben und Niete	50
5.1.3	Bolzen	53
5.1.4	Berechnung der Tragfähigkeiten massiver Rundbolzen	54
5.1.5	Schrauben, Niete, Bolzen	54
5.1.5.1	Schrauben, Injektionsschrauben	55
5.1.5.2	Niete	56
5.1.5.3	Bolzen	56
5.2	Tragfähigkeit von Schweißverbindungen	57
5.2.1	Kehlnähte	57
5.2.2	Schlitznähte	58
5.2.3	Stumpfnähte	58
5.2.4	Lochschweißung	58
5.2.5	Anordnung von Futterblechen bei Kehl-, Schlitz- und Lochnähten	59
5.3	Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung	59
5.3.1	Berechnung der wirksamen Längen	61
5.3.2	Tragfähigkeit	63
5.4	T-Stummel mit vier Schrauben je Schraubenreihe	64
5.4.1	Berechnung der wirksamen Längen	65
5.4.2	Tragfähigkeit	67
6	Allgemeines	69
6.1	Stahlsorten	69
6.2	Ausdrucksteuerung	69
6.3	Nationale Anhänge zu den Eurocodes	70
7	Literaturverzeichnis	71

8	Index	74
---	-------------	----

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##-EC3GK* 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. 9 weiter.

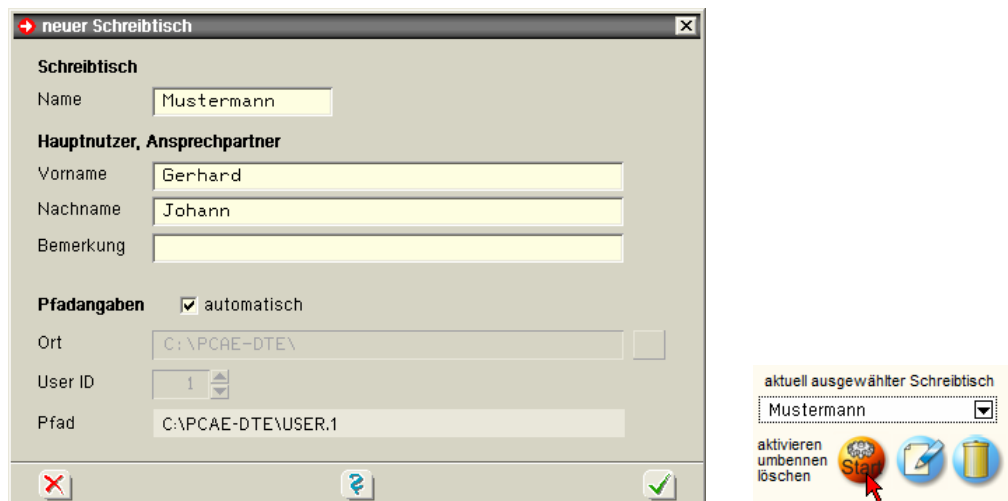


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelklick aus.

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.

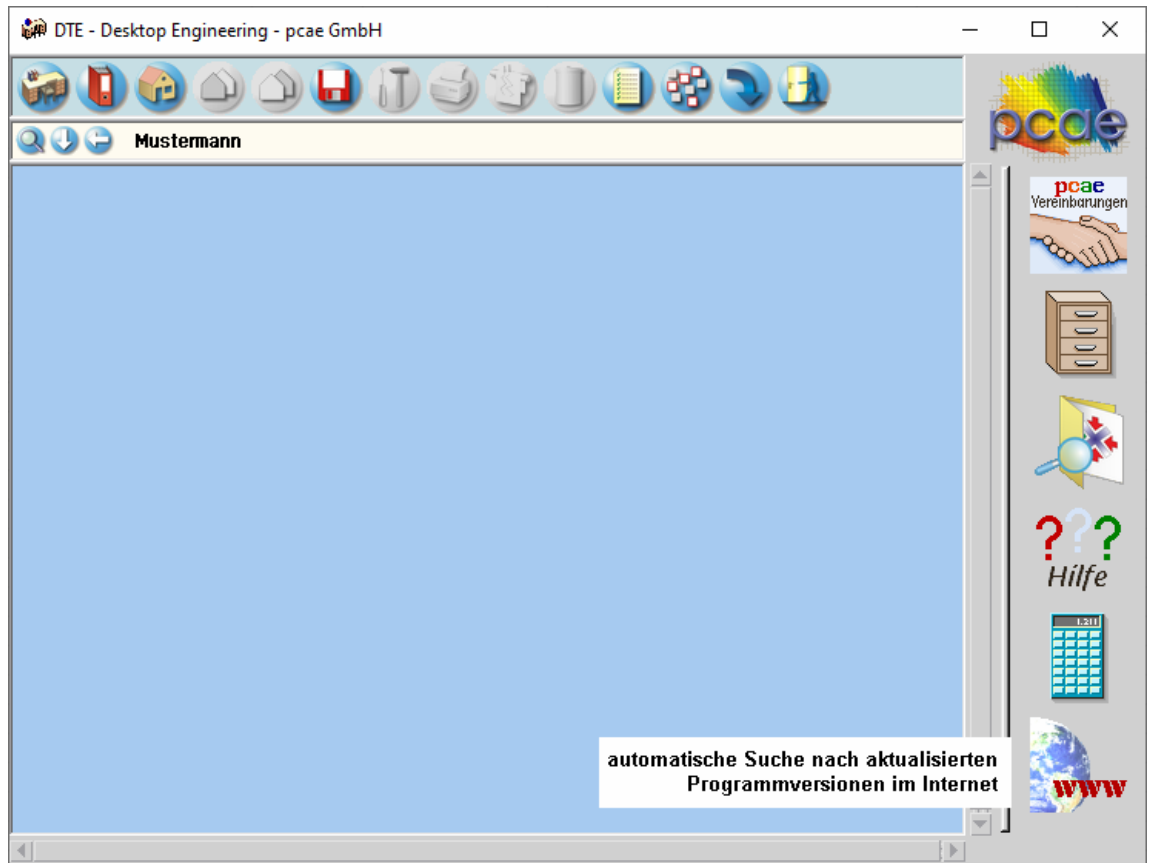


Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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.

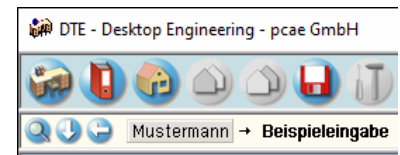
Auf Grund der **Kontextsensitivität** des DTE®-Systems sind manche Buttons solange abgedunkelt und nicht aktiv bis ein Bauteil aktiviert wird.

- | | |
|--|---|
| | 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 Planerstellungsm modul 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.



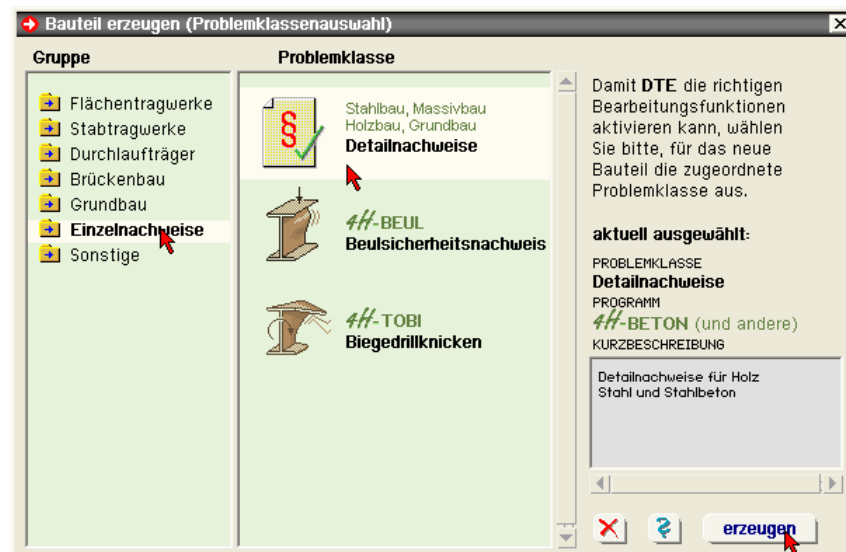
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



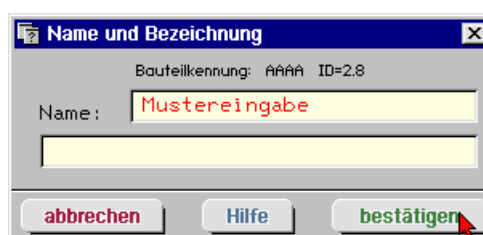
Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.



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.

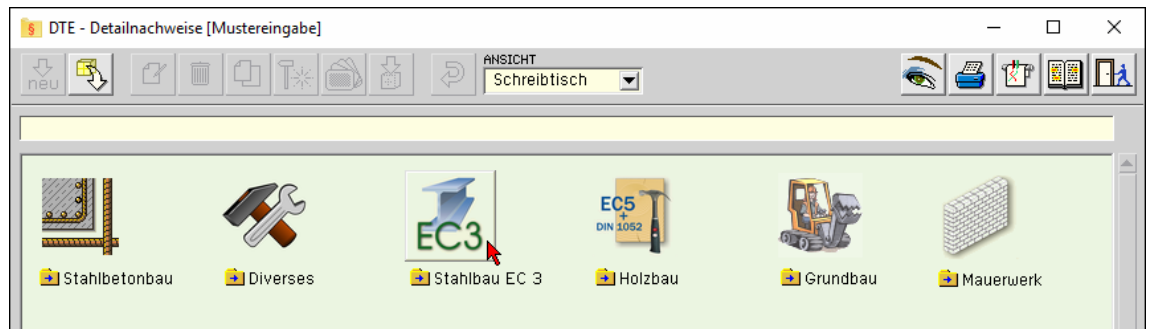


Nach Doppelklick auf das neue Bauteilicon erscheint die Übersicht der installierten Detailnachweisprogramme.

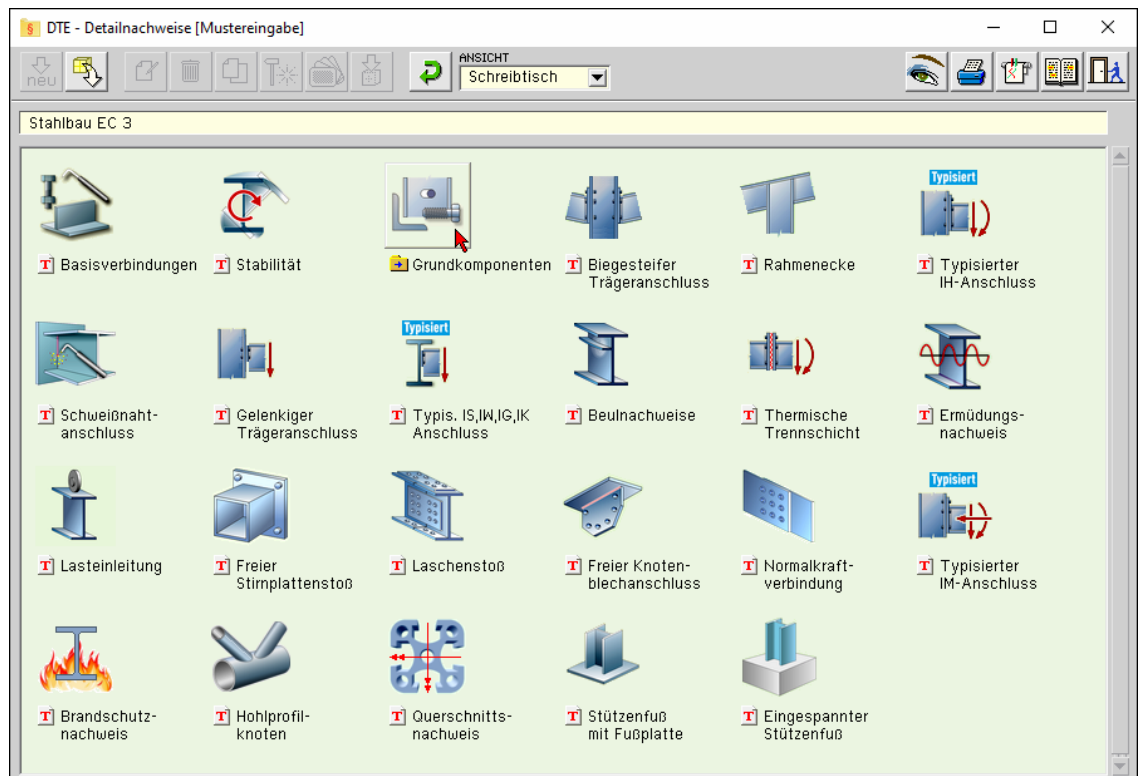


Überschreiben Sie den Begriff "Detailnachweise" zur Identifikation durch einen sinnvollen Text. Nach **Bestätigen** ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet. Durch Doppelklicken des neuen Symbols wird die Verwaltung der DTE®-Detailnachweise geöffnet.

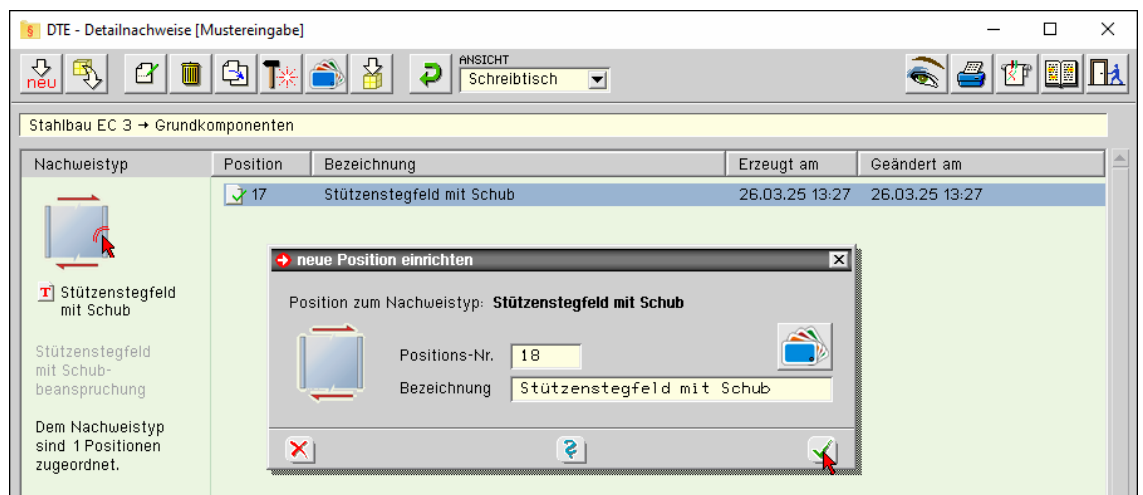
Übersicht Detailnachweise



Übersicht EC 3- Programme



z.B. Stützenstegfeld

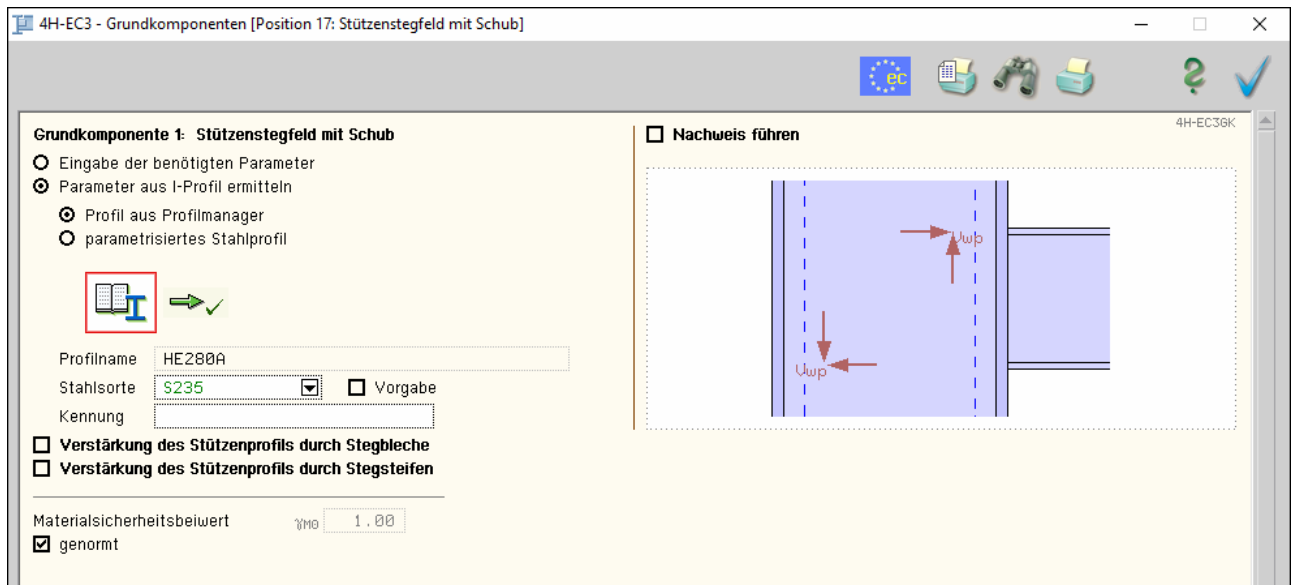


Nach Bestätigen des Eigenschaftsblatts *neue Position einrichten* erscheint die Eingabeoberfläche des Programms *Grundkomponenten*.

3

Eingabeoberfläche

Nachfolgend ist das Hauptfenster von #EC3GK dargestellt.



3.1

Grundkomponenten eines Anschlusses



EC 3-1-8, 6, Tab. 6.1

3.1.1

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.

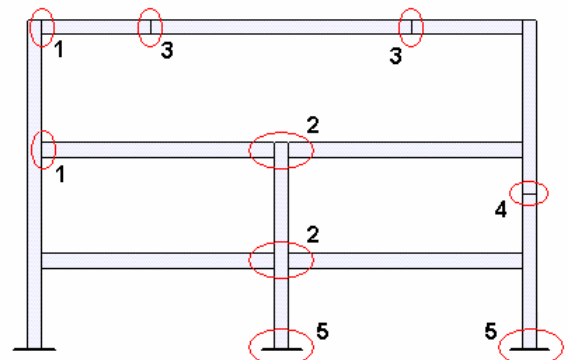
Das Programm #EC3GK beinhaltet 15 Grundkomponenten, um auch allgemeine Anschlussgeometrien abbilden zu können.

3.1.2

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

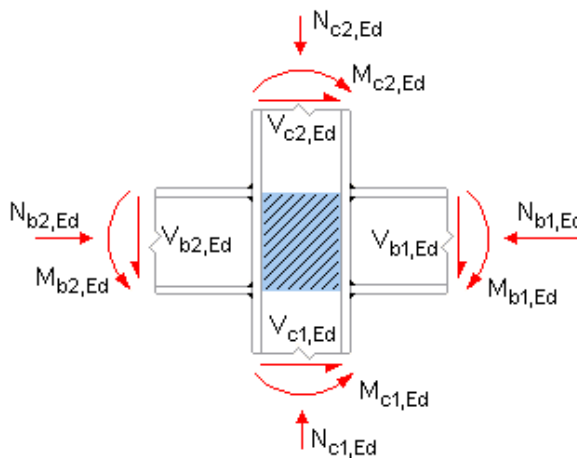
$$M_{b1,Ed} \approx M_{b2,Ed}$$

3.1.3

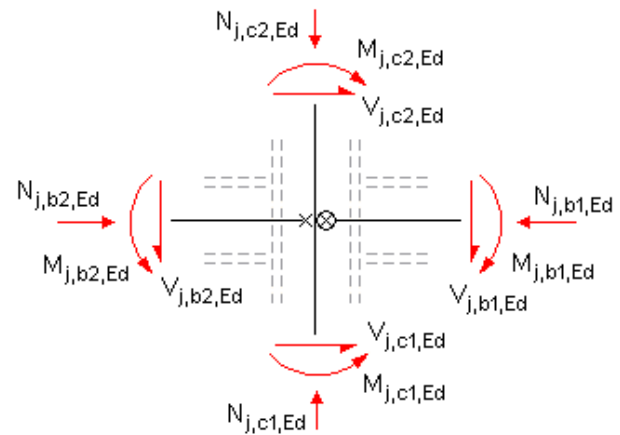
statisches Modell für Träger-Stützenanschlüsse

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

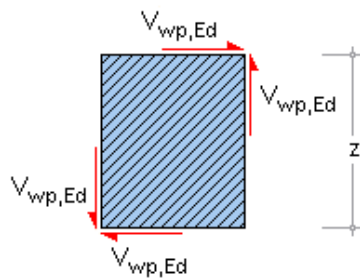
Die angegebenen Berechnungsverfahren sind allgemein gültig und können auf ähnliche Komponenten in anderen Anschlusskonfigurationen mit vergleichbarer Verteilung der inneren Kräfte und Momente übertragen werden.



Werte am Anschnitt des Stegfeldes



Werte am Knotenpunkt der Schwerachsen



Schubkräfte im Stützstegfeld

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

3.1.4

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

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

3.1.5

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.

3.1.6

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

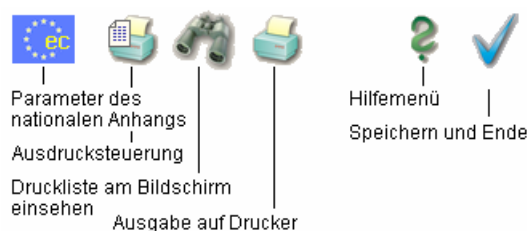
Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte können im nationalen Anhang zum Eurocode 3 eingesehen und ggf. verändert werden.

3.1.7

Allgemeines zur Programmeingabe

Die folgenden Hinweise betreffen alle Programme der Grundkomponentenbibliothek.

In der Kopfleiste sind Aktionsbuttons zur Programmsteuerung angeordnet:



zu den Eurocode-Dokumenten gehört ein nationaler Anhang, in dem einige Parameter unabhängig vom europäischen Hauptdokument national festgelegt werden. Die das Programm betreffenden Werte können an dieser Stelle verändert werden. Allgemeine Informationen zu dem Gebrauch der nationalen Anhänge finden Sie unter Abs. 6.3, S. 70.



der Umfang des Statikdokuments kann individuell angepasst werden. Allgemeine Informationen zur Ausdrucksteuerung finden Sie unter Abs. 6.2, S. 69.



die Ergebnisse können direkt am Bildschirm eingesehen werden.



über den **Drucker-Button** wird der Druckmanager aufgerufen.



der **Hilfe-Button** öffnet das Online-Hilfemenü.



das Programm kann mit oder ohne Sicherung der Eingabedaten verlassen werden.

In der Eingabeoberfläche werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Grundkomponente eingegeben. Je Grundkomponente werden nur die Werte angefordert, die für die Durchführung des Nachweises erforderlich sind.

Weitere Werte, die ggf. für die grafische Darstellung benötigt werden, sind im Eingabeblatt blau gekennzeichnet (s. z.B. Grundkomponente 1, 3, 4 etc.).

Grundkomponente 1: Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung
blau gekennzeichnete Angaben sind nicht nachweisrelevant (grafische Darstellung)

Steghöhe (ohne Ausrundung)	d_o	196.0	mm
Stegdicke	t_{w0}	8.0	mm
Flanschdicke	t_{fc}	13.0	mm
Flanschbreite	b_{fc}	280.0	mm
Schubfläche	A_{w0}	3174.00	mm ²
Stahlsorte	<input type="text" value="S 275"/>	<input type="checkbox"/> Vorgabe	

☒ keine Verstärkung
☐ Verstärkung des Profils durch Stegbleche
☐ Verstärkung des Profils durch Stegsteifen

Ist zur Berechnung der Tragfähigkeit die Kenntnis von Lasten oder Spannungen notwendig, werden sie braun dargestellt. (s. z.B. Grundkomponente 2, 7 etc.).

Längsdruckspannung im Stützensteg zur Berechnung des Abminderungsbeiwerts k_{w0}	$\sigma_{com,Ed}$	159.0	N/mm ²
Übertragungsparameter zur Berechnung des Abminderungsbeiwerts ϕ	β	1.00	

Es besteht die Möglichkeit, entweder nur die Tragfähigkeiten zu berechnen oder den entsprechenden Nachweis zu führen und die Ausnutzung zu ermitteln. Wenn ein Nachweis geführt werden soll, sind entsprechende Bemessungslasten vorzugeben.

Es können maximal 99 Schnittgrößen eingegeben werden, denen jeder eine Beschreibung zugeordnet werden kann.

☒ Nachweis führen: Beanspruchung

$V_{wp,Ed}$ kN	Bezeichnung	
100.0	Riegel 1A	<input type="button" value="Zeile löschen"/> <input type="button" value="Zeile duplizieren"/> <input type="button" value="neue Zeile anhängen"/>

I.A. muss in den Grundkomponenten mindestens eine Stahlgüte vorgegeben werden. Die Stahlgüte kann aus einer Liste, die mit den Stahlgüten nach EC 3-1-1, Tab. 3.1, bestückt ist, ausgewählt werden. Die Rechenparameter werden dann programmintern belegt.

Stahlsorte	<input type="text" value="S 275"/>	<input type="checkbox"/> Vorgabe
------------	------------------------------------	----------------------------------

☒ S 235
☒ S 275
☒ S 355
☒ S 450
☒ S 275 N/NL
☒ S 355 N/NL
☒ S 420 N/NL
 ...

Stahlsorte	<input type="text" value="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

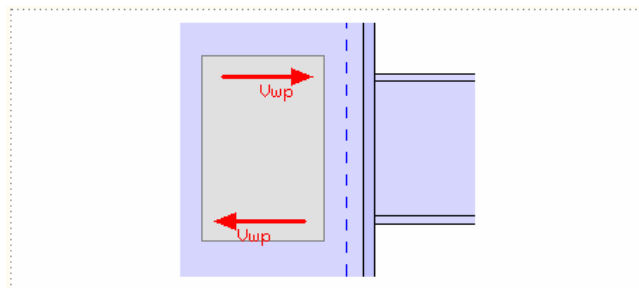
Alternativ können diese Parameter auch vom Anwender selbst festgelegt werden (s. Abs. 6.1, S. 69).

Ebenso werden für die Berechnung einiger Grundkomponenten Schraubenparameter verlangt. Auch diese können entweder über eine Auswahlliste normiert oder selbst vorgegeben werden.

Schrauben: Schraubengröße ☐ Vorgabe
 Festigkeitsklasse ☒ Vorgabe
 char. Streckgrenze f_{yb} N/mm²
 char. Zugfestigkeit f_{ub} N/mm²
☐ normale Schlüsselweite ☒ große Schlüsselweite
 $f_{ub} > 700$ N/mm²: HV-Schraube (vorgespannt)

Die Schlüsselweite muss stets angegeben werden; sie steuert bei Festigkeitsklasse 8.8 und 10.9, ob die Schraube vorgespannt wird. Nähere Hinweise hierzu finden Sie unter Abs. 5.1.5, S. 54.

In der Eingabeoberfläche wird die Grundkomponente maßstäblich als Träger- Stützenverbindung dargestellt. Die geometrischen Eingaben können optisch kontrolliert werden, die Anordnung der Schnittgrößen wird verdeutlicht.



Die Eingabedaten werden programmintern auf Plausibilität und nach Bemessungsvoraussetzungen (s. Vorschriften) überprüft. Treten Widersprüche auf, wird die Grundkomponente in der Eingabeoberfläche nicht dargestellt, es erfolgt eine Fehlermeldung.

**Fehler in den Eingabedaten
siehe Druckliste**

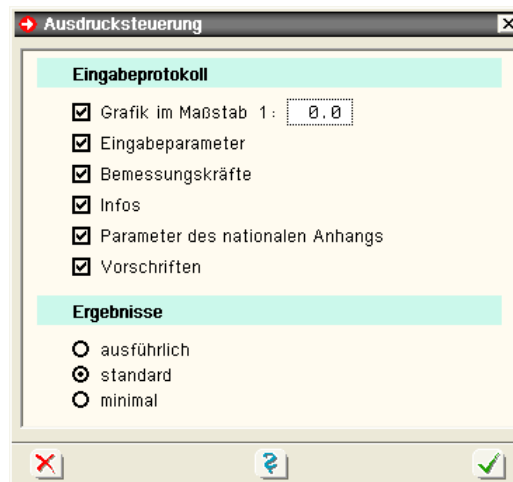
Die zur Ermittlung der Tragfähigkeiten benötigten Teilsicherheitsbeiwerte werden am Bildschirm protokolliert. Deren Zahlenwerte sind der Liste von NDPs (national festgelegte Parameter) des nationalen Anhangs entnommen.

☑ EN 1993-1-1 (Eurocode 3, Grundnorm)		
Kapitel	Parameter	Erläuterung
6.1		Allgemeines
(1)		Teilsicherheitsbeiwerte für Baustahl
	γ_{M0} <input type="text" value="1.00"/>	Querschnittsversagen
	γ_{M1} <input type="text" value="1.10"/>	Stabilitätsversagen
	γ_{M2} <input type="text" value="1.25"/>	Bruchversagen infolge Zug Beanspruchbarkeit von Schraube, Schweißnaht, Blech auf Lochleibung

3.1.8

Statikdokument

In Abhängigkeit der gewählten **Ausgabeoptionen** wird das Statikdokument zusammengestellt.



Zunächst wird die Grundkomponente in einer **Grafik** maßstäblich dargestellt.

Anschließend erfolgt das Protokoll der **Eingabeparameter**. Die Rechenparameter von Stahlgüte und Schraubentyp können zusätzlich (zusätzlich den **Info-Button** aktivieren) ausgegeben werden. Die verwendeten Teilsicherheitsbeiwerte aus der Eurocode-Liste sind angefügt.

Soll neben der Tragfähigkeit der Nachweis geführt und die maximale Ausnutzung ermittelt werden, sind die **Bemessungskräfte** eingetragen.

Jetzt werden die Ergebnisse berechnet und je nach gewähltem Ausgabeumfang **ausführlich** mit sämtlichen Zwischenergebnissen, **standard** oder **minimal** ausgegeben.

Den Abschluss bilden die Protokolle der verwendeten **Parameter des nationalen Anhangs** sowie der maßgebenden **Vorschriften**.

Der Statikausdruck ist auch in englischer Sprache verfügbar.

3.1.9

Formelzeichen

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
Rd	Bemessungswiderstand
Ed	Bemessungslast

4 Grundkomponenten

4.1 Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung



EC 3-1-8, 6.2.6.1, Grundkomponente 1, nur bei Träger-Stützenverbindungen

4.1.1 Anwendungsvoraussetzung

- geschweißte oder geschraubte Verbindungen können bemessen werden
- der Stützensteg kann mit Stegblechen oder Stegsteifen ausgesteift sein
- die Schlankheit des Stützenstegs ist begrenzt auf $d_c/t_w \leq 69 \cdot \epsilon$ mit ... $\epsilon = \sqrt{235/f_y}$ (EC 3-1-1, 5.6, Tab. 5.2)
- bei beidseitigen Träger-Stützenanschlüssen wird angenommen, dass beide Träger die gleiche Höhe besitzen

4.1.2 Tragfähigkeit

Die plastische Schubtragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegfeldes ergibt sich zu

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

A_{vc} s. *Berechnung allgemeiner Querschnittsgrößen*, Abs. 3.1.4, S. 12.

4.1.3 Verstärkungen des Stützenstegs

Stegsteifen

Werden zusätzliche Stegsteifen in der Druck- und Zugzone der Stütze eingesetzt, wird die plastische Schubtragfähigkeit des Stützenstegfeldes erhöht um

$$V_{wp,add,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,fc,Rd}}{d_s} \leq \frac{2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + 2 \cdot M_{pl,st,Rd}}{d_s}$$

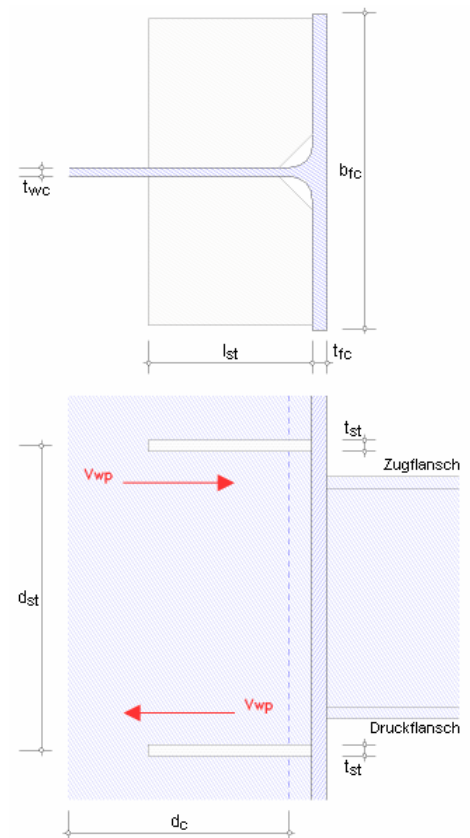
Die **plastischen Biegetragfähigkeiten** ergeben sich nach EC 3-1-1, 6.2.5, zu

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$\text{Stütze} \quad W_{pl,fc} = 0,25 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2$$

$$\text{Steife} \quad W_{pl,st} = 0,25 \cdot t_{st} \cdot l_{st}^2$$

Dabei wird bei zweiseitigen Träger- Stützenanschlüssen angenommen, dass beide Träger etwa die gleiche Höhe haben. Bei geschweißten Anschlüssen sollten die Stegsteifen der Stütze in den Achsen der Trägerflansche liegen.



Stegbleche

Wird der Stützensteg durch zusätzliche Stegbleche verstärkt, vergrößert sich die wirksame Schubfläche (s. *Berechnung allgemeiner Querschnittsgrößen*, Abs. 3.1.4, S. 12).

Voraussetzungen

- Stegbleche sollten die gleiche Stahlgüte haben wie die Stütze
- Abmessungen

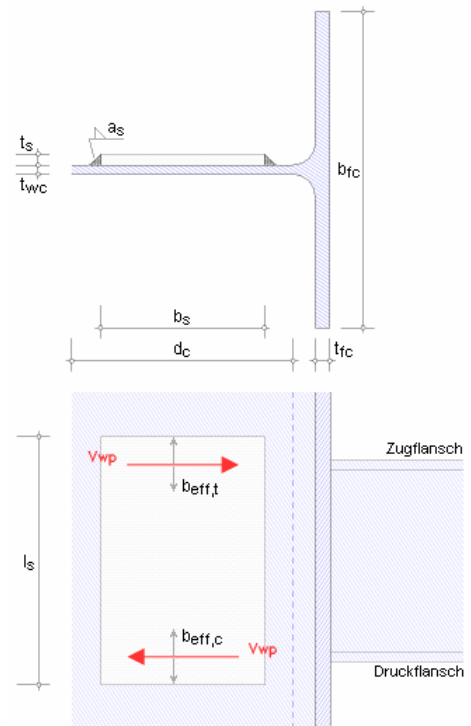
$$b_s + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_s \geq d_c$$

bei einer Kehlnaht mit $a_s \geq t_s / \sqrt{2}$ bzw. $b_s \geq d_c$
bei einer durchgeschweißten Stumpfnah

$$b_s < 40 \cdot \varepsilon \cdot t_s$$

$$t_s \geq t_{wc}$$

$$l_s > b_{eff,t} + b_{eff,c}$$



4.1.4

Programmanwendung

Grundkomponente 1: Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung

blau gekennzeichnete Angaben sind nicht nachweisrelevant (grafische Darstellung)

Steghöhe (ohne Ausrundung)	d_c	196.0	mm
Stegdick	t_{wc}	8.0	mm
Flanschdicke	t_{fc}	13.0	mm
Flanschbreite	b_{fc}	280.0	mm
Schubfläche	A_{wc}	3174.00	mm ²
Stahlsorte		S 275	<input checked="" type="checkbox"/> Vorgabe
<input checked="" type="radio"/> keine Verstärkung <input type="radio"/> Verstärkung des Profils durch Stegbleche <input type="radio"/> Verstärkung des Profils durch Stegsteifen			

Es werden die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 1 angefordert. Weitere Werte, die ggf. zur grafischen Darstellung benötigt werden, sind im Eingabeblatt blau gekennzeichnet und werden weder überprüft noch protokolliert.

Die Stahlsorte kann einer Liste der gängigen Typen entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

Die Tragfähigkeit des Stützenstegs kann entweder durch Stegbleche oder durch Stegsteifen erhöht werden.

Stegbleche

<input checked="" type="radio"/> Verstärkung des Profils durch Stegbleche			
<input checked="" type="radio"/> ein Stegblech <input type="radio"/> zwei Stegbleche			
Blechdicke	t_s	10.0	mm
Blechbreite	b_s	180.0	mm

Die Abmessungen des Stegblechs (grafische Erläuterung s.o.) werden abgefragt und vor der Ermittlung der Tragfähigkeit überprüft. Stegbleche können ein- oder beidseitig angeordnet werden, wobei nur die Steifigkeit eines Stegblechs in die Bemessung eingeht. Die Schweißnähte zwischen Stegblech und Profil sind für die Bemessungswerte der zu übertragenden Kräfte zu bemessen (wird hier nicht durchgeführt).

Stegsteifen

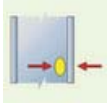
Stegsteifen (grafische Erläuterung s.o.) sind in der Druck- und Zugzone der Stütze einzusetzen.

Bei geschweißten Anschlüssen sollten sie in den Achsen der Trägerflansche liegen, d.h. der Achsabstand der Stegsteifen sollte der Trägerhöhe abzüglich der halben Trägerflanschdicken ($d_{st} = h_b - (t_{fb0} + t_{fbu})/2$) entsprechen.

<input checked="" type="radio"/> Verstärkung des Profils durch Stegsteifen			
Abstand der Steifen	d_{st}	270.0	mm
Blechdicke	t_{st}	10.0	mm
Blechlänge	l_{st}	145.0	mm
Stahlsorte		S 235	<input checked="" type="checkbox"/> Vorgabe

4.2

Träger- oder Stützensteg mit Querdruckbeanspruchung



EC 3-1-8, 6.2.6.2, Grundkomponente 2, nur bei Träger-Stützenverbindungen

4.2.1

Anwendungsvoraussetzung

- geschweißte oder geschraubte Verbindungen (mit Stirnblech oder Flanschwindeln) können bemessen werden
- der Stützensteg kann mit Stegblechen ausgesteift sein

4.2.2

Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegs ergibt sich zu

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} \leq \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M1}} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

- dem Abminderungsbeiwert ω (s. Tab.6.3), um mögliche Interaktionseffekte mit der Schubbeanspruchung im Stützenstegfeld zu erfassen.

Der Abminderungsbeiwert ist abhängig vom Übertragungsparameter β (s. 5.3 (7)) und der Schubfläche A_{vc} (s. *Berechnung allgemeiner Querschnittsgrößen*, Abs. 3.1.4, S. 12).

Dabei ist β abhängig von der Ausführung des Anschlusses (einseitig oder zweiseitig) und der Momentenbelastung. Der Beiwert kann entweder näherungsweise Tab. 5.4 entnommen oder mit den angreifenden Knotenmomenten berechnet werden zu

$$\text{rechts } \beta_1 = |1 - M_{j,b2,Ed} / M_{j,b1,Ed}| \leq 2$$

$$\text{links } \beta_2 = |1 - M_{j,b1,Ed} / M_{j,b2,Ed}| \leq 2$$

- der wirksamen Breite $b_{eff,c,wc}$ des Stützenstegs für Querdruck, die berechnet wird

$$b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_b + 5 \cdot (t_{fc} + s) \quad \dots \text{ für einen geschweißten Anschluss}$$

$$b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p \quad \text{für eine geschraubte Stirnblechverbindung}$$

$$b_{eff,c,wc} = 2 \cdot t_a + 0.6 \cdot r_a + 5 \cdot (t_{fc} + s) \quad \dots \text{ für eine geschraubte Verbindung mit Flanschwindeln}$$

Dabei sind

- s der Radius der Ausrundung bzw. die Länge des Schweißnahtschenkels am Steg,
- s_p das Ausbreitungsmaß der Druckkraft durch das Stirnblech (Ann.: 45° Lastausbreitung) mit $t_p < s_p < 2 \cdot t_p$
- Abminderungsbeiwert ρ für Plattenbeulen

$$\text{für } \bar{\lambda}_p \leq 0.72 \quad \dots \rho = 1.0$$

$$\text{für } \bar{\lambda}_p > 0.72 \quad \dots \rho = (\bar{\lambda}_p - 0.2) / \bar{\lambda}_p^2$$

$$\bar{\lambda}_p = 0.932 \cdot \sqrt{\frac{b_{eff,c,wc} \cdot d_{wc} \cdot f_{y,wc}}{E \cdot t_{wc}^2}} \quad \dots \text{ Plattenschlankheitsgrad}$$

- Abminderungsbeiwert k_{wc} in Abhängigkeit der maximalen Längsdruckspannung im Stützensteg

$$\text{falls } \sigma_{com,Ed} \leq 0.7 \cdot f_{y,wc} \quad \dots k_{wc} = 1$$

$$\text{falls } \sigma_{com,Ed} > 0.7 \cdot f_{y,wc} \quad \dots k_{wc} = 1.7 - \sigma_{com,Ed} / f_{y,wc}$$

4.2.3

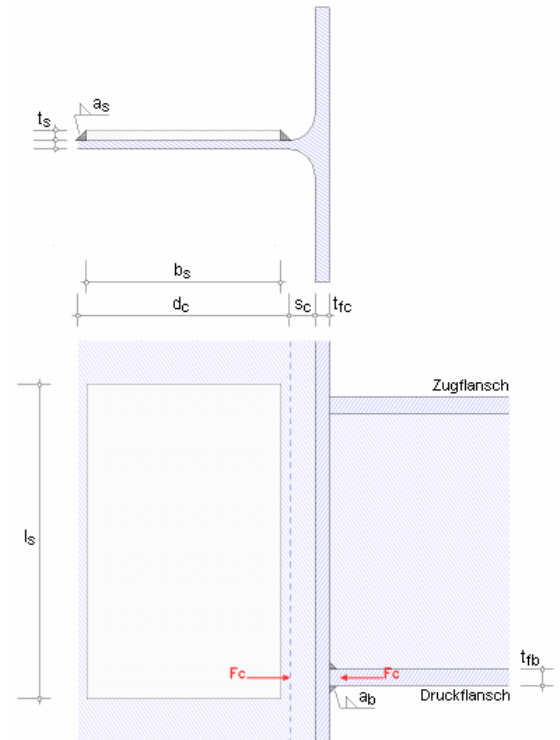
Verstärkungen des Stützenstegs

Wird der Stützensteg durch zusätzliche **Stegbleche** verstärkt, vergrößert sich die wirksame Stegdicke. Dann darf die effektive Dicke des Stützenstegs

bei einem einseitigen Stegblech zu $t_{w,eff} = 1.5 \cdot t_{wc}$

bei beidseitigen Stegblechen zu $t_{w,eff} = 2.0 \cdot t_{wc}$

angesetzt werden.



Voraussetzungen

- Stegbleche sollten die gleiche Stahlgüte haben wie die Stütze
- Abmessungen

$$b_s + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_s \geq d_c$$

bei einer Kehlnaht mit $a_s \geq t_s / \sqrt{2}$ bzw. $b_s \geq d_c$ bei einer durchgeschweißten Stumpfnah

$$b_s < 40 \cdot \varepsilon \cdot t_s$$

$$t_s \geq t_{wc}$$

$$l_s > b_{eff,t} + b_{eff,c} \quad (\text{diese Bedingung wird nicht überprüft})$$

Die Stützenstegverstärkung wirkt sich damit auch auf die Schubfläche der Stütze aus (s. *Berechnung allgemeiner Querschnittsgrößen*, Abs. 3.1.4, S. 12).

4.2.4

Programmanwendung

Grundkomponente 2: Stützensteg mit Querdrukbeanspruchung

Steghöhe (ohne Ausrundung)	d_c	<input type="text" value="196.0"/>	mm
Stegdicke	t_{wc}	<input type="text" value="8.0"/>	mm
Schubfläche der Stütze	A_{wz}	<input type="text" value="3174.00"/>	mm ²
Stahlsorte	<input type="text" value="S 275"/>	<input type="checkbox"/> Vorgabe	
<input checked="" type="radio"/> keine Verstärkung <input type="radio"/> Verstärkung des Profils durch Stegbleche			

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 2 angefordert. Dabei kann die Stahlsorte einer Liste der gängigen Typen entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

Ist zur Berechnung der Tragfähigkeit die Kenntnis von Lasten oder Spannungen notwendig, werden sie braun dargestellt (s.u.).

Die Tragfähigkeit des Stützenstegs kann durch Stegbleche verstärkt werden.

<input checked="" type="radio"/> Verstärkung des Profils durch Stegbleche			
<input checked="" type="radio"/> ein Stegblech		<input type="radio"/> zwei Stegbleche	
Blechdicke t_s	<input type="text" value="10.0"/>	mm	
Blechbreite b_s	<input type="text" value="180.0"/>	mm	

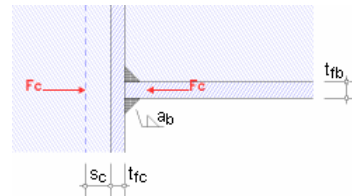
Die Abmessungen des Stegblechs (grafische Erläuterung s.o.) werden abgefragt und vor der Ermittlung der Tragfähigkeit überprüft. Stegbleche können ein- oder beidseitig angeordnet werden.

Die Schweißnähte zwischen Stegblech und Profil sind für die Bemessungswerte der zu übertragenden Kräfte zu bemessen (wird hier nicht durchgeführt).

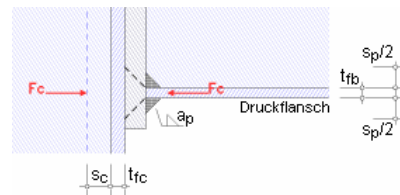
Die wirksame Breite des Stützenstegs für Querdruck wird in Abhängigkeit der Verbindungsart berechnet.

Flanschdicke der Stütze	t_{fc}	13.0	mm
Ausrundungsradius / Länge des Schweißnahtschenkels am Steg	s_c	24.0	mm
⊗ geschweißte Verbindung			
Flanschdicke des Trägers	t_{fb}	15.0	mm
Schweißnaht Träger - Stütze	a_b	7.0	mm
⊗ geschraubte Stirnblechverbindung			
Flanschdicke des Trägers	t_{fb}	15.0	mm
Schweißnaht Träger - Stirnblech	a_p	7.0	mm
Ausbreitungsmaß durch das Stirnblech $t_p \leq s_p \leq 2 t_p$, t_p = Dicke des Stirnblechs	s_p	40.0	mm
⊗ geschraubte Verbindung mit Flanschwinkeln			
Blechdicke des Winkels	t_a	10.0	mm
Ausrundungsradius des Winkels	r_a	15.0	mm

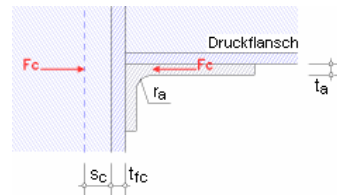
geschweißte Verbindung



geschraubte Stirnblechverb.



geschraubte Verb. mit Flanschwinkeln

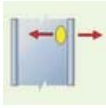


Druckspannungen in der Stütze wirken sich auf die Tragwirkung aus. Daher ist die maximale Längsdruckspannung im Steg (am Ende des Ausrundungsradius bei einem gewalzten Profil oder am Schweißnahtübergang bei einem geschweißten Profil) infolge Druckkraft und Biegemoment in der Stütze zur Berechnung des Abminderungsbeiwerts k_{wc} anzugeben.

Bei Vorbemessungen gilt $\sigma_{com,Ed} = 0$ (k_{wc} wird vernachlässigt).

Der Übertragungsparameter β erfasst den Einfluss des Stützenstegfeldes auf die Tragfähigkeit der Grundkomponente. Er geht in die Berechnung des Abminderungsbeiwerts ω ein. Bei einseitigem Anschluss gilt $\beta = 1$, bei zweiseitigem Anschluss mit gleich hohen Trägern und gleich großen Momenten ist $\beta = 0$.

4.3 Stützensteg mit Querkzugbeanspruchung



EC 3-1-8, 6.2.6.3, Grundkomponente 3, nur bei Träger-Stützenverbindungen

4.3.1 Anwendungsvoraussetzung

- geschweißte oder geschraubte Verbindungen können bemessen werden
- der Stützensteg kann mit Stegblechen ausgesteift sein

4.3.2 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegs ergibt sich zu

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

- dem Abminderungsbeiwert ω (s. Tab.6.3), um mögliche Interaktionseffekte mit der Schubbeanspruchung im Stützenstegfeld zu erfassen.

Der Abminderungsbeiwert ist abhängig vom Übertragungsparameter β (s. 5.3 (7)) und der wirksamen Schubfläche A_{vc} (s. *Berechnung allgemeiner Querschnittsgrößen*, Abs. 3.1.4, S. 12). Dabei ist β abhängig von der Ausführung des Anschlusses (einseitig oder zweiseitig) und der Momentenbelastung.

Der Beiwert kann entweder näherungsweise Tab. 5.4 entnommen oder mit den angreifenden Knotenmomenten berechnet werden zu

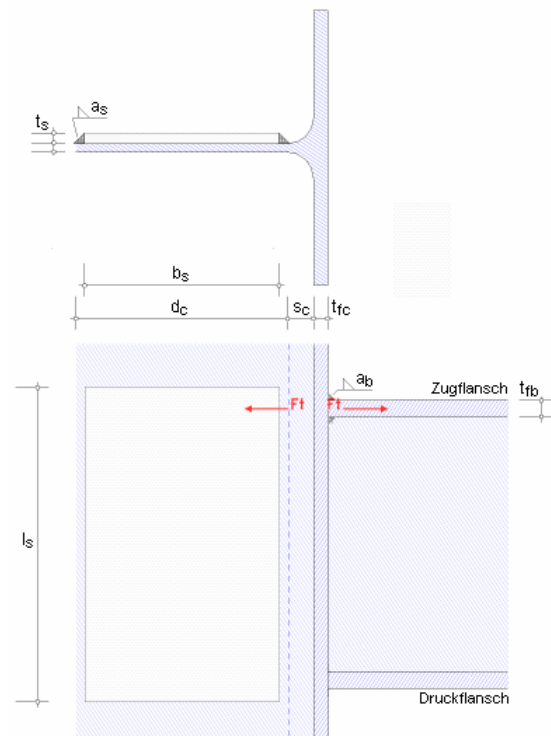
$$\text{rechts } \beta_1 = \left| 1 - M_{j,b2,Ed} / M_{j,b1,Ed} \right| \leq 2$$

$$\text{links } \beta_2 = \left| 1 - M_{j,b1,Ed} / M_{j,b2,Ed} \right| \leq 2$$

- der wirksamen Breite $b_{eff,t,wc}$ des Stützenstegs für Querkzug, die berechnet wird

- $b_{eff,t,wc} = t_{fb} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_b + 5 \cdot (t_{fc} + s)$ für einen geschweißten Anschluss mit
s als Radius der Ausrundung bzw. Länge des Schweißnahtschenkels am Steg
- für eine geschraubte Verbindung: wirksame Länge des äquivalenten T-Stummels für den Stützenflansch (s. Grundkomponente 4, Abs. 4.4, S. 26).

4.3.3 Verstärkungen des Stützenstegs Stegbleche



Wird der Stützensteg durch zusätzliche **Stegbleche** verstärkt, hängt die Tragfähigkeit für Querkzug von der Dicke der Längsnähte entlang der Stegbleche ab. Die effektive Dicke des Stützenstegs darf vergrößert werden bei Verwendung von

- durchgeschweißten Stumpfnähten der Nahtdicke $a_s \geq t_s$
bei einem einseitigen Stegblech auf $t_{w,eff} = 1.5 \cdot t_{wc}$
bei beidseitigen Stegblechen auf $t_{w,eff} = 2.0 \cdot t_{wc}$
- Kehlnähten der Nahtdicke $a_s \geq t_s / \sqrt{2}$
für Stahlgüten S 235, S 275, S 355 auf $t_{w,eff} = 1.4 \cdot t_{wc}$
für Stahlgüten S 420, S 460 auf $t_{w,eff} = 1.3 \cdot t_{wc}$

Voraussetzungen

- Stegbleche sollten die gleiche Stahlgüte haben wie die Stütze
- Abmessungen

$b_s + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_s \geq d_c$ bei einer Kehlnaht mit $a_s \leq t_s / \sqrt{2}$ bzw.
 $b_s \geq d_c$ bei einer durchgeschweißten Stumpfnäht
 $b_s < 40 \cdot \epsilon \cdot t_s$
 $t_s \geq t_{wc}$
 $l_s > b_{eff,t} + b_{eff,c}$

Die Stützenstegverstärkung wirkt sich damit auch auf die Schubfläche der Stütze aus (s. *Berechnung allgemeiner Querschnittsgrößen*, Abs. 3.1.4, S. 12).

4.3.4

Programmanwendung

Grundkomponente 3: Stützensteg mit Querkzugbeanspruchung

Steghöhe (ohne Ausrundung)	d_c	<input type="text" value="196.0"/>	mm
Stegdicke	t_{wc}	<input type="text" value="8.0"/>	mm
Schubfläche	A_{vc}	<input type="text" value="3174.00"/>	mm ²
Stahlsorte	<input type="text" value="S 275"/>	<input type="checkbox"/> Vorgabe	
<input checked="" type="radio"/> keine Verstärkung <input type="radio"/> Verstärkung des Profils durch Stegbleche			

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 3 angefordert. Weitere Werte, die ggf. zur grafischen Darstellung benötigt werden, sind im Eingabeblatt blau gekennzeichnet (s.u.); sie werden weder überprüft noch protokolliert.

Die Stahlsorte kann einer Liste der gängigen Typen entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

Die Tragfähigkeit des Stützenstegs kann durch Stegbleche verstärkt werden.

☒ Verstärkung des Profils durch Stegbleche

☒ ein Stegblech ☐ zwei Stegbleche

Blechdicke	t_s	<input type="text" value="10.0"/>	mm
Blechbreite	b_s	<input type="text" value="180.0"/>	mm
Schweißnaht:	<input checked="" type="radio"/> Kehlnaht <input type="radio"/> durchgeschweißte Stumpfnäht		

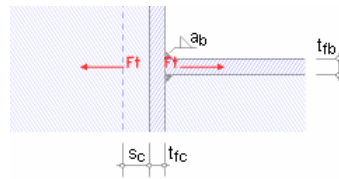
Die Abmessungen des Stegblechs (grafische Erläuterung s.o.) werden abgefragt und vor der Ermittlung der Tragfähigkeit überprüft. Stegbleche können ein- oder beidseitig angeordnet werden.

Die Schweißnähte um das Stegblech herum sind für die Bemessungswerte der zu übertragenden Kräfte zu bemessen (wird hier nicht durchgeführt).

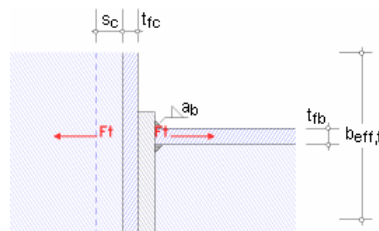
Die wirksame Breite des Stützenstegs für Querzug wird in Abhängigkeit der Verbindungsart berechnet oder vorgegeben.

⊕ geschweißte Verbindung			
Flanschdicke des Trägers	t_{fb}	<input type="text" value="15.0"/>	mm
Schweißnaht Träger - Stütze	a_b	<input type="text" value="7.0"/>	mm
Flanschdicke der Stütze	t_{fc}	<input type="text" value="13.0"/>	mm
Ausrundungsradius / Länge des Schweißnahtschenkels am Steg	s_c	<input type="text" value="24.0"/>	mm
⊕ geschraubte Verbindung			
Flanschdicke des Trägers	t_{fb}	<input type="text" value="15.0"/>	mm
Schweißnaht Träger - Stirnblech	a_b	<input type="text" value="7.0"/>	mm
Flanschdicke der Stütze	t_{fc}	<input type="text" value="13.0"/>	mm
Ausrundungsradius / Länge des Schweißnahtschenkels am Steg	s_c	<input type="text" value="24.0"/>	mm
effektive Breite des Stützenstegs (Zug)	$b_{eff,t}$	<input type="text" value="150.0"/>	mm
<small>i.A. Σl_{eff} aus Grundkomponente 4</small>			

geschweißte Verbindung



geschraubte Verbindung

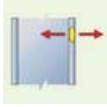


Übertragungsparameter zur Berechnung des Abminderungsbeiwerts ω	β	<input type="text" value="1.00"/>
---	---------	-----------------------------------

Der Übertragungsparameter β erfasst den Einfluss des Stützenstegfeldes auf die Tragfähigkeit der Grundkomponente und geht in die Berechnung des Abminderungsbeiwerts ω ein.

Bei einseitigem Anschluss gilt $\beta = 1$, bei zweiseitigem Anschluss mit gleich hohen Trägern und gleich großen Momenten ist $\beta = 0$.

4.4 Stützenflansch mit Biegebeanspruchung



EC 3-1-8, 6.2.6.4, Grundkomponente 4, nur bei Träger-Stützenverbindungen

4.4.1 Anwendungsvoraussetzung

- geschweißte oder geschraubte Verbindungen können bemessen werden
- bei geschraubten Verbindungen kann der Stützenflansch durch Quersteifen verstärkt sein

4.4.2 Tragfähigkeit einer geschweißten Verbindung

Die Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenflanschs ergibt sich zu

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

mit der wirksamen Breite b_{eff} des Stützenflanschs für Biegung, die berechnet wird mit (s. 4.10)

$$b_{eff} = t_w + 2 \cdot s + 7 \cdot k \cdot t_f \leq b_p \quad \text{... und ...} \quad k = (t_f / t_p) \cdot (f_{y,f} / f_{y,p}) \leq 1$$

s ist der Radius der Ausrundung bzw. die Länge des Schweißnahtschenkels am Steg

Voraussetzung

$b_{eff} \geq (f_{y,p} / f_{u,p}) \cdot b_p$, ansonsten ist der Anschluss auszusteifen

Schweißnähte sind zu bemessen für $F = b_p \cdot t_p \cdot f_{y,p} / \gamma_{M0}$

4.4.3 Tragfähigkeit einer geschraubten Verbindung

Die Tragfähigkeit eines ausgesteiften oder nicht ausgesteiften Stützenflansches wird mit Hilfe des äquivalenten **T-Stummelflansches** ermittelt.

Das Modell des T-Stummelflansches ist für eine beliebige Anzahl Schraubenreihen mit allerdings nur zwei Schrauben je Reihe entwickelt worden. Daher können mit dieser Grundkomponente nur Anschlusskonfigurationen mit zwei Schrauben je Reihe nachgewiesen werden.

Es kann sowohl jede einzelne Schraubenreihe als auch jede Gruppe von Schraubenreihen für die Übertragung der Zugkräfte maßgebend sein.

Eine allgemeine Beschreibung zur Berechnung des äquivalenten T-Stummels finden Sie in der *Beschreibung der Basisverbindungen*, Abs. 5.3, S. 59.

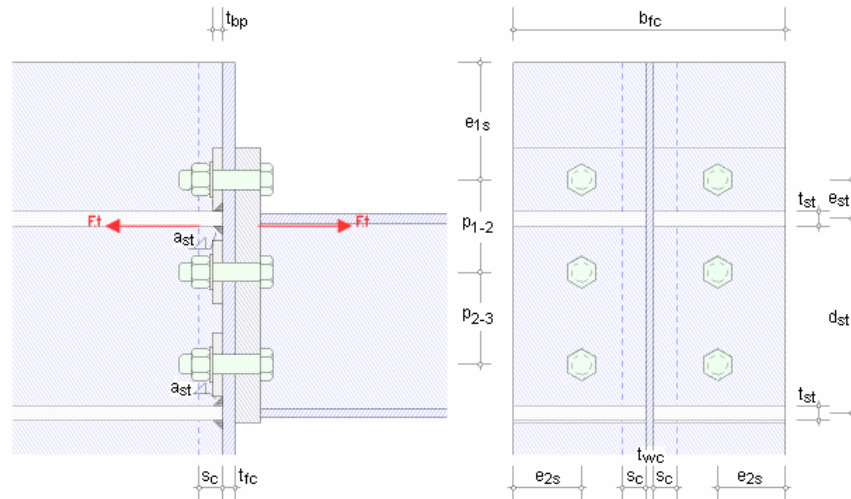
Um die Tragfähigkeit von Grundkomponente 4, *Stützenflansch mit Biegebeanspruchung*, zu ermitteln, muss zunächst die wirksame Länge des äquivalenten T-Stummels bestimmt werden. Dazu ist die genaue Anordnung der zugbelasteten Schrauben im Stützenflansch einzugeben.

Anschließend wird die Zugtragfähigkeit des T-Stummelflansches für jede einzelne Schraubenreihe sowie für eine Gruppe von Schraubenreihen bestimmt und die zugehörige wirksame Länge protokolliert. Die wirksame Länge aus Grundkomponente 4 kann auch in Grundkomponente 3, *Stützensteg mit Querkzugbeanspruchung* (Abs. 4.3, S. 23), eingehen.

Zur Bildung von Schraubengruppen s.u. *Verstärkungen des Stützenstegs*.

4.4.4

Verstärkungen des Stützenstegs



Quersteifen

Am Stützenflansch angeschweißte Quersteifen erhöhen die Biegetragfähigkeit der Verbindung. Bei geschweißten Anschlüssen sollten die Quersteifen der Stütze in den Achsen der Trägerflansche liegen. Es werden maximal zwei Quersteifen betrachtet.

4.4.5

Schraubengruppe

Ist der Stützenflansch nicht ausgesteift, werden alle zugbeanspruchten Schrauben Schraubengruppen zugewiesen. Werden jedoch Quersteifen angeordnet, ist die Lage der obersten Quersteife in Bezug auf die erste Schraubenreihe entscheidend.

Da nach EC 3-1-8 ein positives Moment oben Zug erzeugt, wird der Druckpunkt in der Mitte der unteren Quersteife angenommen. Es werden nur Schraubenreihen berücksichtigt, die oberhalb des Druckpunkts liegen.

Die Schraubenreihen werden beginnend mit der Reihe, die am weitesten vom Druckpunkt entfernt liegt, durchnummeriert.

Befindet sich die erste Schraubenreihe oberhalb der Steife ($e_{st} > 0$), wird diese Reihe einzeln betrachtet. Die Schraubenreihen zwischen den Quersteifen können dann in Schraubengruppen zusammenwirken. Befinden sich dagegen alle Schraubenreihen innerhalb der Quersteifen ($e_{st} < 0$), können alle Schrauben in den Schraubengruppen vertreten sein.

Zunächst wird die Tragfähigkeit jeder einzelnen Reihe ermittelt, anschließend werden Schraubengruppen untersucht. Eine beliebige Anzahl Reihen zwischen den Flanschen können zu einer Schraubengruppe zusammengefasst werden.

Eine Schraubengruppe besteht aus n beieinander liegenden Schraubenreihen, wobei davon ausgegangen wird, dass die erste Reihe unterhalb des oberen Flansches die erste Reihe der Gruppe ist.

Der Abstand der Reihen innerhalb einer Schraubengruppe sollte gleich groß sein. Ist die Differenz zweier Reihen größer als $1,5 \cdot \min p_i$, wird die Gruppe geschlossen. Die folgende Reihe ist nun die Anfangsreihe der weiteren Gruppen.

geschraubter Anschluss

Grundkomponente 4: Stützenflansch mit Biegung
 grün gekennzeichnete Angaben sind nicht nachweisrelevant (grafische Darstellung)

☒ geschraubter Anschluss
☐ geschweißter Anschluss

Stütze:

☒ Eingabe der benötigten Parameter
☐ Parameter aus I-Profil ermitteln

Stützenflansch:

Blechdicke t_{fc} mm
 Blechbreite b_{fc} mm
 Stahlsorte ☐ Vorgabe

Dicke des Stützenstegs t_{wc} mm
 Ausrundungsradius /
 Länge des Schweißnähtschenkels am Steg s_c mm

☐ Verstärkung des Stützenprofils durch Stegsteifen

Trägerflansch:

Blechdicke t_{fb} mm
 Blechbreite b_{fb} mm

Stirnblech oder Flanschwinkel:

Blechbreite b_{ep} mm
 Blechdicke t_{ep} mm

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 4 angefordert. Weitere Werte, die ggf. zur grafischen Darstellung benötigt werden, sind im Eingabeblatt gekennzeichnet und werden weder überprüft noch protokolliert.


Die Parameter des Stützenprofils können einem typisierten Profil entnommen werden. Dazu kann der Querschnitt entweder über den **pcae**-eigenen Profilmanager in das Programm importiert oder als parametrisiertes Stahlprofil eingegeben werden.

Um ein Profil aus dem Angebot des **Profilmanagers** zu wählen, ist der grün unterlegte Pfeil zu betätigen.

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

☒ Profil aus Profilmanager
☐ parametrisiertes Stahlprofil

I-Profil



Profilname

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 **parametrisierten Stahlprofils** sind Profilhöhe, Stegdicke, Flanschbreite und -dicke festzulegen.

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

Diese Schweißnähte werden **nicht** nachgewiesen.

☐ Profil aus Profilmanager
☒ typisiertes Stahlprofil

Profilklasse

Profilhöhe h mm
 Stegdicke t_w mm
 Flanschbreite b_f mm
 Flanschdicke t_f mm

☒ gewalztes Profil
 Ausrundungsradius r mm

☐ geschweißtes Profil

Die Stahlsorte ebenso wie die Schraubengüte und -größe können Listen der gängigen Typen entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

Schrauben:

Schraubengröße ☐ Vorgabe
 Festigkeitsklasse ☐ Vorgabe

☐ normale Schlüsselweite ☒ große Schlüsselweite
 FK 8.8 oder 10.9: HV-Schraube planmäßig vorgespannt

Futterbleche unter den Schraubenmuttern erhöhen die Tragfähigkeit.

☒ Flanschverstärkung (Futterblech)

Blechdicke t_{bp} mm
 Stahlsorte ☐ Vorgabe

Die Tragfähigkeit des Stützenflansches kann durch Quersteifen verstärkt werden.

Die Abmessungen und Lage der Stegsteifen (grafische Erläuterung s.o.) werden abgefragt und vor der Ermittlung der Tragfähigkeit überprüft.

☒ **Verstärkung des Stützenprofils durch Stegsteifen**

Blechdicke t_{st} mm

Stahlsorte ☐ Vorgabe

Abstand der obersten Quersteife von der ersten Schraubenreihe e_{st} mm
 $e_{st} < 0$: Schraubenreihe liegt unterhalb der Quersteife

Anzahl an Zwischensteifen $n_{st,z}$

Abstand der Quersteifen d_{st} mm

Schweißnaht Steife - Stützenflansch a_{st} mm

Wird eine Zwischensteife angeordnet, vergrößert sich die Tragfähigkeit der Komponente, da die Ausbreitung des Rissmusters begrenzt wird (s. äquivalenter T-Stummel Abs. 5.3, S. 59). Auch kann über Steifen hinweg keine Gruppenwirkung eintreten. Unterhalb von Zwischensteifen werden keine Schraubengruppen mehr gebildet.

In Abhängigkeit zur eingegebenen Anzahl an Schraubenreihen unter Zugbelastung müssen die Abstände der Schraubenreihen voneinander angegeben werden (d.h. Abstand zwischen den Schraubenreihen 1 und 2: p_{1-2} , zwischen Schraubenreihen 2 und 3: p_{2-3}).

☒ Schraubengruppen automatisch bilden

Berücks. ☐ der maßgebenden ☒ aller Gruppe(n)

Da die Bemessungsgrundlagen innerhalb einer Schraubengruppe einen gleichmäßigen Abstand der Schraubenreihen erfordern, wird der mittlere Abstand zwischen den Schraubenreihen einer Gruppe angesetzt.

Ist die Anzahl an Schraubenreihen zur Gruppenbildung größer als 1 (mind. zwei Reihen gehören einer Gruppe an), kann die Bildung der Gruppen vom Anwender vorgegeben oder vom Programm automatisch durchgeführt werden.

Der Anwender legt die Gruppe über die vorgegebene Anzahl an Mitgliedern fest.

Bei automatischer Gruppenbildung können entweder die maßgebende Gruppe oder alle Gruppen protokolliert bzw. nachgewiesen werden.

geschweißter Anschluss

Grundkomponente 4: Stützenflansch mit Biegung

☐ geschraubter Anschluss

☒ geschweißter Anschluss

Stützenflansch:

Blechdicke t_{fc} mm

Blecbreite b_{fc} mm

Stahlsorte ☐ Vorgabe

Dicke des Stützenstegs t_{wc} mm

Ausrundungsradius / Länge des Schweißnahtschenkels am Steg s_c mm

Trägerflansch:

Blechdicke t_{fb} mm

Blecbreite b_{fb} mm

Stahlsorte ☐ Vorgabe

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 4 angefordert. Die Stahlsorte kann einer Liste der gängigen Typen entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

4.5 Stirnblech mit Biegebeanspruchung



EC 3-1-8, 6.2.6.5, Grundkomponente 5, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

4.5.1 Anwendungsvoraussetzung

- geschraubte Verbindungen können bemessen werden

4.5.2 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit eines Stirnblechs wird mit Hilfe des äquivalenten **T-Stummelflansches** ermittelt. Das Modell des T-Stummelflansches ist für eine beliebige Anzahl Schraubenreihen mit zwei Schrauben je Reihe entwickelt worden. Eine Erweiterung auf vier Schrauben je Schraubenreihe wurde nach verschiedenen Verfahren umgesetzt.

Sind nur zwei Schrauben je Reihe vorhanden, kann sowohl jede einzelne Schraubenreihe als auch eine Gruppe von Schraubenreihen für die Übertragung der Zugkräfte maßgebend sein.

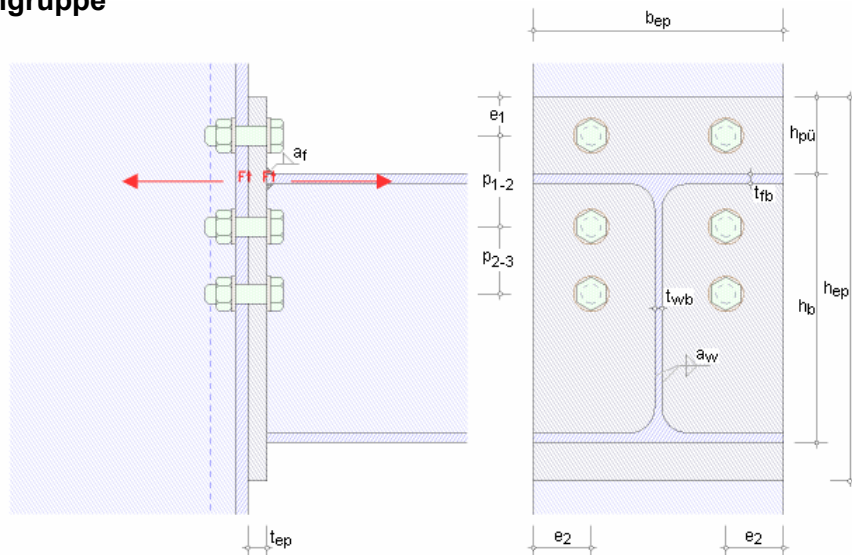
Bei Verbindungen mit vier Schrauben je Reihe werden Schraubengruppen nicht berücksichtigt.

Eine allgemeine Beschreibung zur Berechnung des äquivalenten T-Stummels finden Sie in der *Beschreibung der Basisverbindungen*, Abs. 5.3, S. 59.

Um die Tragfähigkeit von Grundkomponente 5, *Stirnblech mit Biegebeanspruchung*, zu ermitteln, muss zunächst die wirksame Länge des äquivalenten T-Stummels bestimmt werden. Dazu ist die genaue Anordnung der zugbelasteten Schrauben im Stützenflansch einzugeben.

Anschließend wird die Zugtragfähigkeit des T-Stummelflansches für jede einzelne Schraubenreihe sowie für Schraubengruppen bestimmt und die zugehörige wirksame Länge protokolliert. Die wirksame Länge aus Grundkomponente 5 kann auch in Grundkomponente 8, *Trägersteg mit Zugbeanspruchung* (Abs. 4.8, S. 37), eingehen.

4.5.3 Schraubengruppe



Da nach EC 3-1-8 ein positives Moment oben Zug erzeugt, wird der Druckpunkt in Mitte des unteren Trägerflanschs angenommen. Es werden nur Schraubenreihen berücksichtigt, die oberhalb des Druckpunkts liegen.

Die Schraubenreihen werden beginnend mit der Reihe, die am weitesten vom Druckpunkt entfernt liegt, durchnummeriert.

Die Trägerflansche wirken wie Quersteifen der Stirnblechverbindung.

Wird ein Überstand des Stirnblechs über dem Trägerzugflansch angegeben, kann sich die erste Schraubenreihe in dem Überstand befinden.

Zunächst wird die Tragfähigkeit jeder einzelnen Reihe ermittelt, anschließend werden Schraubengruppen untersucht.

Eine beliebige Anzahl Reihen zwischen den Flanschen können zu einer Schraubengruppe zusammengefasst werden. Eine Schraubengruppe besteht aus n beieinander liegenden Schraubenreihen, wobei davon ausgegangen wird, dass die erste Reihe unterhalb des oberen Flansches die erste Reihe der Gruppe ist.

Der Abstand der Reihen innerhalb einer Schraubengruppe sollte gleich groß sein. Ist die Differenz zweier Reihen größer als $1,5 \cdot \min p_i$, wird die Gruppe geschlossen. Die folgende Reihe ist nun die Anfangsreihe der weiteren Gruppen.

4.5.4

Programmanwendung

Grundkomponente 5: Stirnblech mit Biegung

Stirnblech:

Blechdicke	t_{ep}	20.0	mm
Blechlänge	l_{ep}	400.0	mm
Blechbreite	b_{ep}	260.0	mm

Stahlsorte: ☐ Vorgabe

Stützenflansch:

Blechbreite	b_{fc}	280.0	mm
Blechdicke	t_{fc}	13.0	mm

Anschlussprofil (Träger):

Höhe	h_b	240.0	mm
Flanschdicke	t_{fb}	17.0	mm
Stegdicke	t_{wb}	10.0	mm

Dicke der Schweißnaht zwischen Stirnblech und Trägerflansch: a_f 7.0 mm

Dicke der Schweißnaht zwischen Stirnblech und Trägersteg: a_w 4.0 mm

Schrauben:

Schraubengröße	20	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Festigkeitsklasse	8.8	<input type="checkbox"/> Vorgabe

☒ normale Schlüsselweite ☒ große Schlüsselweite
FK 8.8 oder 10.9: HV-Schraube

Es werden die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 5 angefordert.

Die Parameter des Trägerprofils können einem typisierten Profil entnommen werden. Dazu kann der Querschnitt entweder über den **pcae**-eigenen Profilmanager in das Programm importiert oder als parametrisiertes Stahlprofil eingegeben werden.

Um ein Profil aus dem Angebot des **Profilmanagers** zu wählen, ist der grün unterlegte Pfeil zu betätigen.

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

☒ Profil aus Profilmanager
☐ parametrisiertes Stahlprofil

I-Profil



Profilname: HE400A

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 **parametrisierten Stahlprofils** sind Profilhöhe, Stegdicke, Flanscbreite und -dicke festzulegen.

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

Diese Schweißnähte werden **nicht** nachgewiesen.

☐ Profil aus Profilmanager
☒ typisiertes Stahlprofil

Profilklasse:

Profilhöhe	h	390.0	mm
Stegdicke	t_w	11.0	mm
Flanscbreite	b_f	300.0	mm
Flanschdicke	t_f	19.0	mm

☒ gewalztes Profil
Ausrundungsradius r 27.0 mm

☐ geschweißtes Profil

Die Stahlsorte ebenso wie die Schraubengüte und -größe können Listen der gängigen Typen entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

Schrauben:

Schraubengröße	M20	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Festigkeitsklasse	8.8	<input type="checkbox"/> Vorgabe

☐ normale Schlüsselweite ☒ große Schlüsselweite
FK 8.8 oder 10.9: HV-Schraube planmäßig vorgespannt

Die Tragfähigkeit des T-Stummelflanschs kann durch die Schweißnähte zwischen Träger und Stirnblech begrenzt sein.

Optional kann die Berücksichtigung der Schweißnahttragfähigkeit unterdrückt werden.

Wird zwischen den Trägerflanschen eine Zwischensteife angeordnet, vergrößert sich die Tragfähigkeit der Komponente, da die Ausbreitung des Rissmusters begrenzt wird (s. äquivalenter T-Stummel Abs. 5.3, S. 59).

Auch kann über Steifen hinweg keine Gruppenwirkung eintreten. Unterhalb von Zwischensteifen werden keine Schraubengruppen mehr gebildet.

Schweißnähte:

Dicke der Schweißnaht zwischen Stirnblech und Trägerflansch	a_f	<input type="text" value="7.0"/>	mm
Dicke der Schweißnaht zwischen Stirnblech und Trägersteg	a_w	<input type="text" value="4.0"/>	mm

☒ Zwischensteife

Dicke der Steife	t_{st}	<input type="text" value="12.0"/>	mm
Abstand der Steife vom oberen Trägerflansch	p_{st}	<input type="text" value="80.0"/>	mm
Dicke der Schweißnaht	a_{st}	<input type="text" value="4.0"/>	mm

Es können beliebig viele Schraubenreihen angeordnet werden, von denen ggf. nur ein Teil Schraubengruppen bildet.

Sind vier Schrauben je Reihe vorhanden, werden Schraubengruppen nicht untersucht.

Der Überstand des Stirnblechs befindet sich auf der Zugseite, d.h. oben.

Für alle Schraubenreihen müssen die Abstände der Schraubenreihen voneinander angegeben werden (d.h. Abstand zwischen den Schraubenreihen 1 und 2: p_{1-2}).

Anzahl Schraubenreihen insgesamt	<input type="text" value="4"/>	
Anzahl Schraubenreihen zur Gruppenbildung gezählt vom Zugrand	<input type="text" value="3"/>	
Anzahl Schrauben je Schraubenreihe	n_{sr} <input type="text" value="2"/>	
Überstand des Stirnblechs	h_{pu} <input type="text" value="80.0"/>	mm
Abstand der Schrauben vom seitlichen Rand des Stirnblechs	e_2 <input type="text" value="60.0"/>	mm
Abstand der ersten Schraubenreihe vom Zugrand des Stirnblechs	e_1 <input type="text" value="40.0"/>	mm
Abstand der Schraubenreihen voneinander	p_{1-2} <input type="text" value="95.0"/>	mm
	p_{2-3} <input type="text" value="70.0"/>	mm
	p_{3-4} <input type="text" value="85.0"/>	mm

Da die Bemessungsgrundlagen innerhalb einer Schraubengruppe einen gleichmäßigen Abstand der Schraubenreihen erfordern, wird der mittlere Abstand zwischen den Schraubenreihen einer Gruppe angesetzt.

Ist die Anzahl an Schraubenreihen zur Gruppenbildung größer als 1 (mindestens zwei Reihen gehören einer Gruppe an), kann die Bildung der Gruppen vom Anwender vorgegeben oder vom Programm automatisch durchgeführt werden.

☒ Schraubengruppen automatisch bilden
 Berücks. ☐ der maßgebenden ☒ aller Gruppe(n)
☐ letzte Schraubenreihe liegt am freien Rand (z.B. T-Profil)

Der Anwender legt die Gruppe über die vorgegebene Anzahl an Mitgliedern fest.

Bei automatischer Gruppenbildung können entweder die maßgebende Gruppe oder alle Gruppen protokolliert bzw. nachgewiesen werden.

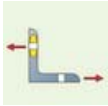
Werden vier Schrauben je Reihe angeordnet, sind zusätzlich die Angaben der Breite und Stahlgüte des Trägerflanschs sowie der Abstand der äußeren zur inneren Schraube erforderlich.

Anzahl Schrauben je Schraubenreihe	n_{sr}	<input type="text" value="4"/>	
Berechnungsmethode		<input checked="" type="radio"/> Wagenknecht <input type="radio"/> ALF-Bericht <input type="radio"/> B. Schmidt <input type="radio"/> Wagenknecht	
Überstand des Stirnblechs		<input type="text" value="80.0"/>	mm
Abstand der Schrauben vom seitlichen Rand des Stirnblechs		<input type="text" value="60.0"/>	mm
Schraubenabstand der Außenschraube von der Innenschraube	w_2	<input type="text" value="50.0"/>	mm
Abstand der ersten Schraubenreihe vom Zugrand des Stirnblechs	e_1	<input type="text" value="40.0"/>	mm
Abstand der Schraubenreihen voneinander	p_{1-2}	<input type="text" value="95.0"/>	mm
	p_{2-3}	<input type="text" value="70.0"/>	mm
	p_{3-4}	<input type="text" value="85.0"/>	mm

Die Berechnungsmethode kann aus verschiedenen Veröffentlichungen (s. äquivalenter T-Stummel Abs. 5.3, S. 59) gewählt werden.

Die Anzahl an Schrauben kann je Reihe variieren (4 - 4 Schrauben je Reihe, 2i - 2 Schrauben am Steg, 2a - 2 Schrauben am Stirnblechrand), jedoch wird die Ermittlung der Tragfähigkeit an die Erfordernisse der jeweiligen Berechnungsmethode angepasst.

4.6 Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung



EC 3-1-8, 6.2.6.6, Grundkomponente 6, bei Träger-Stützenverbindungen

4.6.1 Anwendungsvoraussetzung

- geschraubte Verbindungen können bemessen werden

4.6.2 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit einer Verbindung mit Flanschwinkeln wird mit Hilfe des äquivalenten T-Stummelflansches ermittelt. Das Modell des T-Stummelflansches ist für eine beliebige Anzahl Schraubenreihen mit allerdings nur zwei Schrauben je Reihe entwickelt worden. Daher können mit dieser Grundkomponente nur Anschlusskonfigurationen mit zwei Schrauben je Reihe nachgewiesen werden.

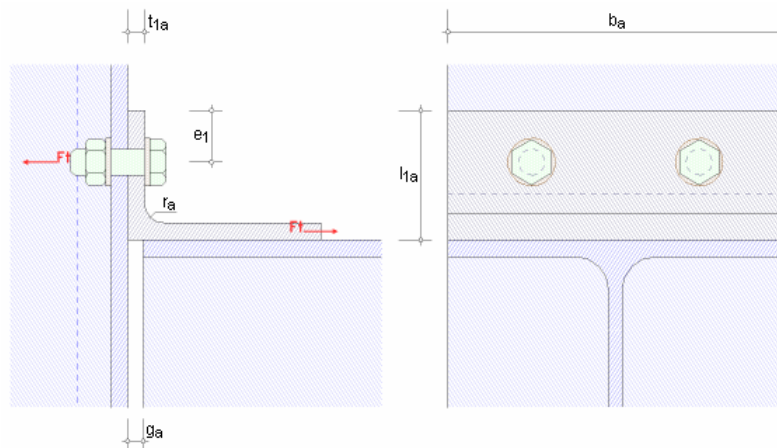
Bei Verbindungen mit Flanschwinkeln wird nur eine einzelne Schraubenreihe zwischen Winkel und Stützenflansch für die Übertragung der Zugkräfte angenommen.

Eine allgemeine Beschreibung zur Berechnung des äquivalenten T-Stummels finden Sie in der *Beschreibung der Basisverbindungen*, Abs. 5.3, S. 59.

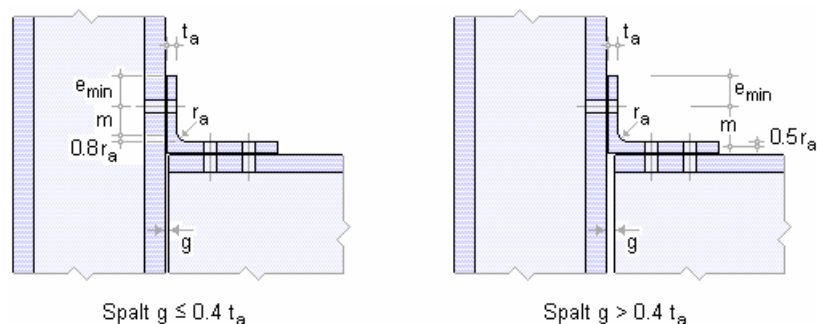
Zwischen Winkel und Trägerflansch können mehrere Schraubenreihen auftreten, die jedoch hier nicht bemessungsrelevant sind.

Die wirksame Länge des äquivalenten T-Stummelflansches einer Flanschwinkel-Verbindung ist mit $l_{\text{eff}} = 0.5 b_a$ anzusetzen, wobei die Länge des Winkels b_a nicht identisch mit der Breite des Träger- oder Stützenflansches zu sein braucht.

4.6.3 Flanschwinkel



Die Breite des offenen Spalts zwischen Träger und Stützenflansch beeinflusst die Größe des Abstands m zwischen Schraubenachse und T-Stummelsteg (Winkelschenkel 2).



Grundkomponente 6: Flanschwinkel mit Biegung

Flanschwinkel:

Dicke des Winkelschenkels t_a mm

Länge des Winkelschenkels der am Stützenflansch anliegt l_{1a} mm

Ausrundung zwischen den Winkelschenkeln r_a mm

Stahlsorte ☐ Vorgabe

Schrauben:

Schraubengröße ☐ Vorgabe

Festigkeitsklasse ☐ Vorgabe

☒ normale Schlüsselweite ☐ große Schlüsselweite
FK 8.8 oder 10.9: HV-Schraube (vorgespannt)

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 6 angefordert. Die Stahlsorte ebenso wie die Schraubengüte und -größe können Listen der gängigen Typen entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

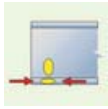
Abstand des Trägerkopfs vom Stützenflansch g_a mm

Abstand der ersten Schraubenreihe vom Rand des Flanschwinkels e_1 mm

Zwischen Träger und Stützenflansch kann ein Spalt entstehen, der das Tragverhalten der Verbindung beeinflusst. Die Spaltbreite sowie der Abstand der Schraubenachse vom Zugrand des Winkels sind anzugeben.

4.7

Träger- oder Stützenflansch und -steg mit Druckbeanspruchung



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

4.7.1

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

4.7.2

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. 3.1.4, S. 12).

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

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

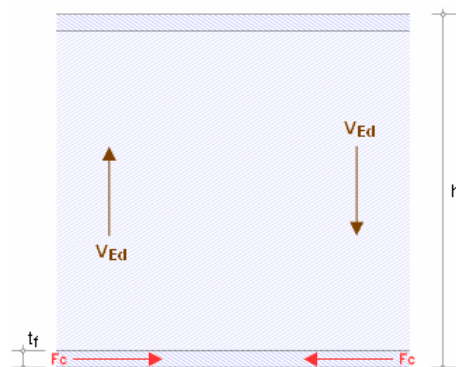
Die Biegetragfähigkeit ergibt sich zu

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

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

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

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



Grundkomponente 7: Flansch und Steg mit Druckbeanspruchung			
Profilhöhe	h	270.0	mm
Flanschdicke	t _f	13.0	mm
Stahlsorte	S 275	<input type="checkbox"/>	Vorgabe

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 7 angefordert. Die Stahlsorte kann einer Liste der gängigen Typen entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

Ist zur Berechnung der Tragfähigkeit die Kenntnis von Lasten oder Spannungen notwendig, werden sie braun dargestellt (s.u.).

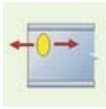
Querschnittsklasse	1	
plastische Momententragfähigkeit, plastische Rotationskapazität		
plastisches Widerstandsmoment	W _{pl}	1112.000 cm ³
elastisches Widerstandsmoment	W _{el,min}	1012.593 cm ³
bezogen auf die Querschnittsfaser mit der max. Normalspannung		
Querkraft	V _{Ed}	346.0 kN
zur Berücksichtigung der Momenten-Querkraft-Interaktion		
Schubfläche	A _v	3174.00 mm ²

Da die Eingabe zur Bemessung der Grundkomponenten nicht vom Profiltyp abhängig sein soll, müssen profilbezogene Daten 'per Hand' eingegeben werden.

Die Schubfläche A_v wird nur verlangt, wenn ein Bemessungswert der einwirkenden Querkraft V_{Ed} zur Berücksichtigung der Momenten-Querkraft-Interaktion definiert wird.

Bei gevouteten Trägern beziehen sich sämtliche profilbezogenen Daten auf die Gesamthöhe einschließlich Voute.

4.8 Trägersteg mit Zugbeanspruchung



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

4.8.1 Anwendungsvoraussetzung

- Tragfähigkeitsberechnung eines Trägerstegs mit Zugbelastung bei geschraubten Stirnblechverbindungen

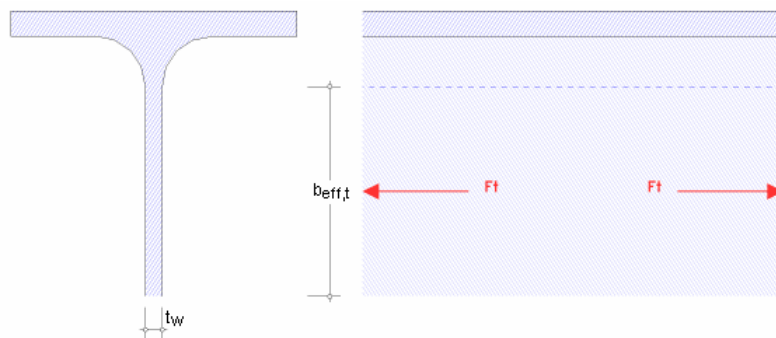
4.8.2 Tragfähigkeit

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. 4.4, S. 26) gleichzusetzen ist.

4.8.3 Träger



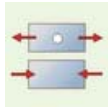
4.8.4 Programmanwendung

Grundkomponente 8: Trägersteg mit Zugbeanspruchung	
Stegdicke	t_w 12.0 mm
Stahlsorte	S 275 <input type="checkbox"/> Vorgabe
wirksame Breite des Trägerstegs (Zug)	$b_{eff,t}$ 150.0 mm
<small>i.A. Σ leff aus Grundkomponente 5</small>	

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 8 angefordert. Die Stahlsorte kann einer Liste der gängigen Typen entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

Die wirksame Breite des Trägerstegs für Zug muss vorgegeben werden.

4.9 Blech mit Zug-, Druck- oder Schubbeanspruchung



EC 3-1-1, 6.2, Grundkomponente 9, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

4.9.1 Anwendungsvoraussetzung

- wahlweise kann die Tragfähigkeit eines Blechs mit Zug- oder mit Druckbeanspruchung berechnet werden

4.9.2 Tragfähigkeit

Zugbelastung

Der Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit eines Querschnitts mit Löchern ergibt sich als der kleinere Wert von

- dem Bemessungswert der plastischen Beanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

- und dem Bemessungswert der **Zugbeanspruchbarkeit** des Nettoquerschnitts längs der kritischen Risslinie durch die Löcher

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

Druckbelastung

Der Bemessungswert der **Druckbeanspruchbarkeit** ist anzusetzen mit

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \dots \text{für Querschnitte der Klasse 1, 2 oder 3}$$

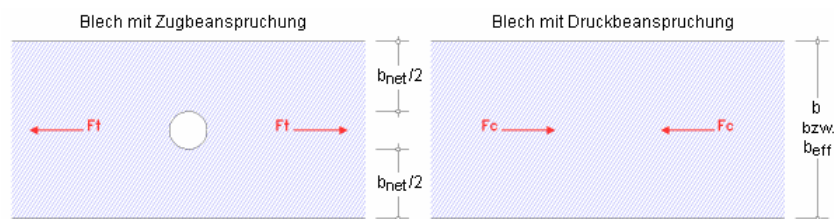
$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \dots \text{für Querschnitte der Klasse 4}$$

Schubbelastung

Der Bemessungswert der **Schubbeanspruchbarkeit** ist anzusetzen mit

$$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) \quad \dots \text{plastische Querkrafttragfähigkeit}$$

$$V_{u,Rd} = (A_{v,net} \cdot f_u) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}) \quad \text{Querkrafttragfähigkeit unter Lochabzug (n. EC 3 i.A. nicht erforderlich)}$$



4.9.3 Programmanwendung

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 9 angefordert. Die Stahlsorte kann einer Liste der gängigen Typen entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

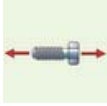
Grundkomponente 9: Blech mit Zug- oder Druckbeanspruchung

Stahlsorte	<input type="text" value="S 275"/>	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Blechedicke	t	<input type="text" value="8,0"/> mm
Blecbreite	b _{eff} bzw. b	<input type="text" value="280,0"/> mm
<input checked="" type="checkbox"/> Zug	Netto-Blecbreite	b _{net} <input type="text" value="220,0"/> mm
<input checked="" type="checkbox"/> Druck	Querschnittsklasse	<input type="text" value="2"/>
plastische Momentenragfähigkeit, begrenzte Rotationskapazität		

Bei Zugbeanspruchung ist neben Stahlgüte, Blechdicke und Blechbreite die Netto-Blechbreite, d.h. die Blechbreite unter Lochabzug, anzugeben. Die Netto-Querschnittsfläche ergibt sich dann zu $A_{\text{net}} = t \cdot b_{\text{net}}$.

Bei Druckbeanspruchung ist zusätzlich die Querschnittsklasse des Profils (s. *Klassifizierung von Querschnitten*, Abs. 3.1.5, S. 13) vorzugeben.

4.10 Schrauben mit Zugbeanspruchung



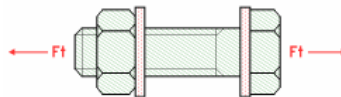
EC 3-1-8, 6.2.6.4 bis 6, Grundkomponente 10, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

4.10.1 Anwendungsgrenzen

Schrauben sind die Verbindungsmittel der Grundkomponenten 4 (*Stützenflansch mit Biegebeanspruchung*, Abs. 4.4, S. 26), 5 (*Stirnblech mit Biegebeanspruchung*, Abs. 4.5, S. 30) und 6 (*Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung*, Abs. 4.6, S. 33).

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

Nähere Informationen finden Sie in der Programmbeschreibung der *Basisverbindungen*, Abs. 5.1, S. 49, zur Berechnung der Zugtragfähigkeit von Schrauben.



4.10.2 Programmanwendung

Grundkomponente 10: Schraube mit Zugbeanspruchung

Schraubengröße	20	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Festigkeitsklasse	8.8	<input type="checkbox"/> Vorgabe
<input checked="" type="radio"/> normale Schlüsselweite <input checked="" type="radio"/> große Schlüsselweite <small>FK 8.8 oder 10.9: HV-Schraube (vorgespannt)</small>		

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 10 angefordert. Die Schraubenparameter können Listen der gängigen Typen und Güten entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

4.11 Schrauben mit Abscherbeanspruchung

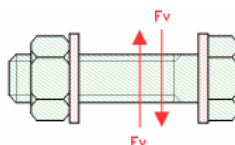


EC 3-1-8, 3.6, Grundkomponente 11, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

4.11.1 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. 5.1, S. 49, zur Berechnung der Abschertragfähigkeit von Schrauben.



4.11.2 Programmanwendung

Grundkomponente 11: Schraube mit Abscherbeanspruchung

Schraubengröße	20	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Festigkeitsklasse	8.8	<input type="checkbox"/> Vorgabe
<input type="radio"/> normale Schlüsselweite <input checked="" type="radio"/> große Schlüsselweite FK 8.8 oder 10.9: HU-Schraube (vorgespannt)		
<input checked="" type="checkbox"/> Flanschverstärkung (Futterblech) t_p	10.0	mm

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 11 angefordert. Die Schraubenparameter können Listen der gängigen Typen und Güten entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

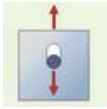
Ein Futterblech muss nur angegeben werden, wenn die Schraube die Scherkraft über das Futterblech überträgt.

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

Die Schertragfähigkeit ist von der Lage der Scherfuge zum Schraubenschaft abhängig. Sie ist geringer, wenn das Gewinde in der Scherfuge liegt.

4.12

Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung



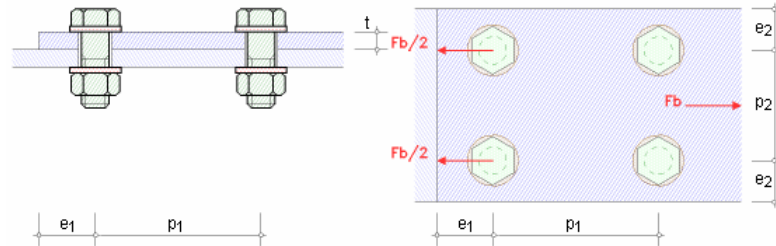
EC 3-1-8, 3.6, Grundkomponente 12, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

4.12.1

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. 5.1, S. 49, zur Berechnung der Lochleibungstragfähigkeit von Schrauben.



4.12.2

Programmanwendung

Grundkomponente 12: Schraube mit Lochleibungsbeanspruchung

Schrauben: Schraubengröße ☐ Vorgabe
 Festigkeitsklasse ☐ Vorgabe
☐ normale Schlüsselweite ☒ große Schlüsselweite
FK 8.8 oder 10.9: HV-Schraube (vorgespannt)

Blech: Blechdicke t mm
 Stahlsorte ☐ Vorgabe

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 12 angefordert. Die Stahlgüten und Schraubenparameter können Listen der gängigen Typen und Güten entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

In Kraftrichtung:

☐ am Rand liegende Schraube
☒ innen liegende Schraube

Randabstand e_1 mm
 Lochabstand p_1 mm

In Kraftrichtung:

☒ am Rand liegende Schraube
☐ innen liegende Schraube

Randabstand e_1 mm
 Lochabstand p_1 mm

Quer zur Kraftrichtung:

Randabstand e_2 mm
 Lochabstand p_2 mm

Die Lochleibungstragfähigkeit betrifft Schraube und Anschlussblech, da die Zugkraft die Kontaktflächen von Schraube und Blech belastet.

Das Blech kann, je nach Position der Schraube, einen größeren oder kleineren Widerstand bieten. Daher sind neben der Blechdicke (s.o.) auch die Randabstände e und die Abstände zu den Nachbarschrauben (Lochabstände) einzugeben.

In Kraftrichtung wird zwischen Rand- und Innenschrauben unterschieden; quer zur Kraftrichtung werden - wie bei allen Schraubenverbindungen der Grundkomponenten - stets nur zwei Randschrauben angenommen.

4.13 Schweißnähte

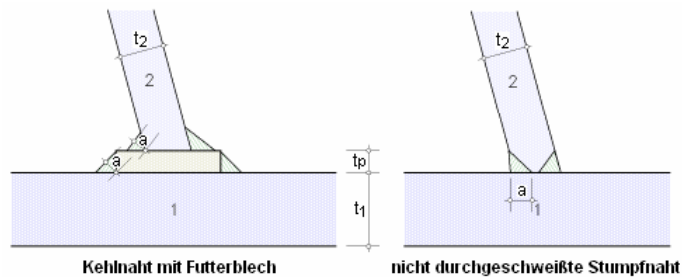


EC 3-1-8, 4, Grundkomponente 19, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

4.13.1 Anwendungsgrenzen

In dieser Grundkomponente wird die Tragfähigkeit einer doppelseitigen Schweißnaht ermittelt.

Nähere Informationen finden Sie in der Programmbeschreibung der *Basisverbindungen*, Abs. 5.2, S. 57, zur Berechnung der Schweißnähte.



4.13.2 Programmanwendung

Grundkomponente 19: Schweißnaht

Schweißnaht: ☒ Kehlnaht / Hohlkehlnaht
☐ Stumpfnah

Nahtlänge l_w mm
 wirksame Nahtdicke a mm
 Öffnungswinkel der Naht φ °

Blech 1: Blechdicke t_1 mm
 Stahlsorte ☐ Vorgabe

Blech 2: Blechdicke t_2 mm
 Stahlsorte ☐ Vorgabe

☒ Futterblech t_p mm

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 19 angefordert. Die Stahlgüten können Listen der gängigen Güten entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingegeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

Die Schweißnaht kann als Kehl- oder Stumpfnah ausgeführt sein.

Die wirksame Nahtlänge und der Öffnungswinkel der Naht sowie die Blechdicken der zu verschweißenden Bauteile müssen angegeben werden.

Bei der Ermittlung der Tragfähigkeit von Kehlnähten können Futterbleche berücksichtigt werden.

Grundkomponente 19: Schweißnaht

Schweißnaht: ☐ Kehlnaht / Hohlkehlnaht
☒ Stumpfnah

☐ durchgeschweißt **bzw.** ☒ durchgeschweißt
☒ nicht durchgeschweißt ☐ nicht durchgeschweißt

Nahtlänge l_w mm l_w mm
 wirksame Nahtdicke a mm $a = t_2$
 Öffnungswinkel der Naht φ ° φ °

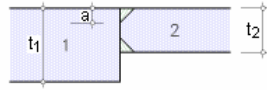
$\varphi = 0^\circ$: geschweißter Stoß

Blech 1: Blechdicke t_1 mm
 Stahlsorte ☐ Vorgabe

Blech 2: Blechdicke t_2 mm
 Stahlsorte ☐ Vorgabe

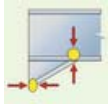
Ist die Stumpfnahht durchgeschweißt, braucht keine Nahtdicke vorgegeben zu werden, da sie der Blechdicke t_2 entspricht.

Wird der Öffnungswinkel einer Stumpfnahht mit $\varphi = 0^\circ$ angegeben, wird in den Darstellungen ein geschweißter Trägerstoß gezeichnet; die Berechnung ändert sich jedoch nicht.



4.14

Vouten



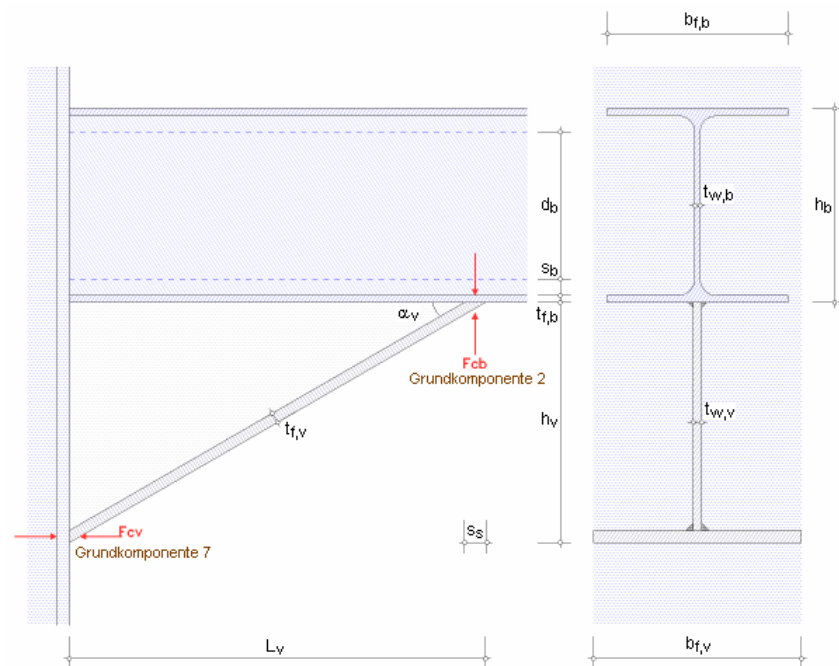
EC 3-1-8, 6.2.6.7, Grundkomponente 20, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

4.14.1

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. 4.7, S. 35) und für die Voute-Träger-Verbindung der Trägersteg mit Querdrukbeanspruchung (Grundkomponente 2, Abs. 4.2, S. 20) 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.



4.14.2

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.

4.14.3

Verbindung Voute-Träger n. Grundkomponente 7

... Voutenflansch u. -steg mit Druckbeanspruchung, Abs. 4.7, S. 35.

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. 4.7, S. 35.

4.14.4

Verbindung Voute-Träger n. Grundkomponente 2

... Trägersteg mit Querdruckbeanspruchung, Abs. 4.2, S. 20.

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.

Weitere Informationen zur Berechnung der Tragfähigkeit unter Abs. 4.2, S. 20.

4.14.5

Programmanwendung

Grundkomponente 20: Gevouter Träger mit Druckbeanspruchung

Voute:

Stegdickte der Voute	$t_{w,v}$	12.0	mm
Flanschdicke der Voute	$t_{f,v}$	15.0	mm
Flanscbreite der Voute	$b_{f,v}$	300.0	mm
Länge der Voute	L_v	600.0	mm
Neigungswinkel der Voute	α_v	30.0	°

Träger:

Höhe des Trägers	h_b	280.0	mm
Ausrundungsradius / Länge des Schweißnahtschenkels am Steg	s_b	24.0	mm
Stegdickte des Trägers	$t_{w,b}$	7.5	mm
Flanschdicke des Trägers	$t_{f,b}$	10.0	mm
Flanscbreite des Trägers	$b_{f,b}$	260.0	mm

☐ **Anschnitt Voute-Stütze:**

☐ **Anschnitt Voute-Träger:**

Stahlsorte ☐ Vorgabe

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 20 angefordert. Die Stahlgüten können Listen der gängigen Güten entnommen werden oder per Hand in das Eigenschaftsblatt eingeben werden (s. *Allgemeines zur Programmeingabe*, Abs. 3.1.7, S. 13).

Die Bedeutungen der geometrischen Parameter können der obigen Skizze entnommen werden. Die Tragfähigkeit einer Voute wird an zwei verschiedenen Stellen berechnet und nachgewiesen. Es ist dem Anwender freigestellt,

- beide Stellen oder
- nur den Anschnitt Voute-Stütze oder
- nur den Lagerbereich Voute-Träger

zu berechnen.

Zur Ermittlung der Tragfähigkeiten sind weitere Eingaben notwendig

☒ **Anschnitt Voute-Stütze:**

Querschnittsklasse

plastische Momententragsfähigkeit, begrenzte Rotationskapazität

plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,v}$	216.750	cm ³
elastisches Widerstandsmoment	$W_{el,min,v}$	144.500	cm ³

bezogen auf die Querschnittsfaser mit der max. Normalspannung

Am Anschnitt Voute-Stütze beziehen sich die Widerstandsmomente auf die Gesamthöhe (Träger mit Voute), wobei der untere Trägerflansch vernachlässigt werden darf.

☒ **Anschnitt Voute-Träger:**

Schubfläche des Trägers	$A_{v,b}$	3174.00	mm ²
-------------------------	-----------	---------	-----------------

Am Anschnitt Voute-Träger wird die Schubfläche auf die Trägerhöhe bezogen.

4.15

Stirnblech mit Trennschicht



Sonderkomponente 15, nur bei Trägerstößen

4.15.1

Anwendungsvoraussetzung

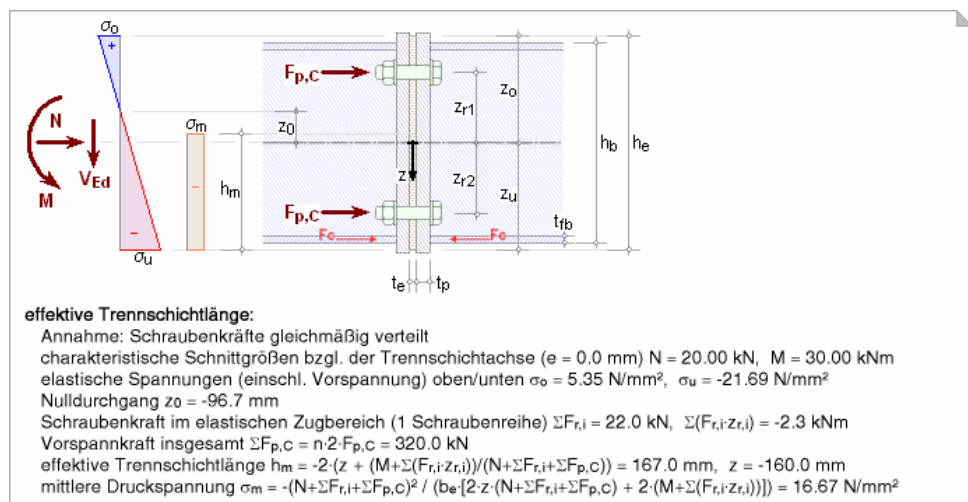
- geschraubte Stirnblechstöße mit zwischenliegender Trennschicht können bemessen werden
- die Trennschicht ist nach Art des Kerncompactlagers der *Fa. Calenberg Ingenieure GmbH* auszuführen

4.15.2

Tragfähigkeit

Der Nachweis der Trennschicht folgt *L. Nasdala*; die Tragfähigkeit wird nach *Y. Ciupack* ermittelt.

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 Schraubenkraft wird über Integration der Zugspannungen berechnet

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

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 (1 Schraubenreihe) $n_d = 2$
 Formfaktor $S = (h_m \cdot b_e \cdot n_d \cdot A_s) / (t_e \cdot (2 \cdot (h_m + b_e) + n_d \cdot U_s)) = 2.861$, $A_s = \pi \cdot (d + \Delta d)^2 / 4 = 380.1$ mm², $U_s = \pi \cdot (d + \Delta d) = 69.1$ mm

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.

Für das bisherige Material (Zulassung als Baulager bis 2016, wurde zurückgezogen) ergibt sich

zulässige mittlere Druckspannung $\sigma_{m,zul} = (S^2 + S + 1) / 0.7 = 17.21$ N/mm² < 30 N/mm²
 Auslastung der Trennschicht $\sigma_m / \sigma_{m,zul} = 0.969$ < 1 ok

Der Nachweis des aktuellen Materials (Zulassung bis 2029) basiert auf Bemessungsgrößen.

Für Schichtdicken bis 15 mm ergibt sich

zulässige mittlere Druckspannung $\sigma_{m,zul} = 16.2 \cdot S^{0.75} = 35.64$ N/mm² < 42 N/mm²
 Bemessungsspannung $\sigma_{md} = 23.34$ N/mm²
 Auslastung der Trennschicht $\sigma_{md} / \sigma_{m,zul} = 0.655$ < 1 ok

Eine Schichtdicke von 20 mm ergibt

zulässige mittlere Druckspannung $\sigma_{md,zul} = 34.2 \cdot S^{0.70} = 43.94 \text{ N/mm}^2 < 63 \text{ N/mm}^2$
 Bemessungsspannung $\sigma_{md} = 23.34 \text{ N/mm}^2$
 Auslastung der Trennschicht $\sigma_{md}/\sigma_{md,zul} = 0.531 < 1$ **ok**

Die Bemessungsspannung wird vereinfachend aus der (charakteristischen) mittleren Druckspannung berechnet mit

$$\sigma_{md} = \sigma_m \cdot 1.40.$$

Nachweis der Schrauben auf Biegung

Bei Querkraftbeanspruchung bietet die Trennschicht zwischen den Stirnplatten nur wenig Widerstand gegen Biegung. Daher sind die Schrauben mit dem Gewinde in der Scherfuge auf Abscheren und Biegung nachzuweisen.

Die Querkraft wird nur von den Druckschrauben übertragen.

Der Nachweis erfolgt analog zum Nachweis einer Bolzenverbindung (s. Abs. 5.1.3, S. 53) nach EC 3-1-8, 3.13, wobei im Unterschied zum Bolzen das Gewinde in der Scherfuge liegt, und daher die Querschnittswerte aus dem Spannungsquerschnitt der Schrauben gebildet werden.

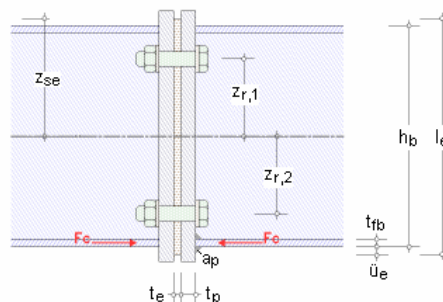
Nachweis der Schrauben:
 Die Vorspannkraft wird analog EC 3-1-8 beim Nachweis der Schrauben nicht berücksichtigt.
 Bemessungsgröße $V_{Ed} = 40.00 \text{ kN}$
 Abscherkraft: $F_{Ed} = V_{Ed} / n_d = 20.0 \text{ kN}$
 Biegemoment: $M_{Ed} = V_{Ed} \cdot t_e / n_d = 0.20 \text{ kNm}$, $t_e = 10.0 \text{ mm}$, $n_d = 2$
 Nachweis für Schrauben mit dem Gewinde in der Scherfuge:
 Durchmesser des Spannungsquerschnitts $d = 2 \cdot (A_s/\pi)^{1/2} = 17.66 \text{ mm}$
Abscheren
 Querschnittsfläche der Schraube: $A = \pi \cdot d^2/4 = 2.45 \text{ cm}^2$
 Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = (0.5 \cdot f_{up} \cdot A) / \gamma_{M2} = 98.00 \text{ kN}$, $f_{up} = 1000.0 \text{ N/mm}^2$
 $F_{v,Ed} = F_{Ed} = 20.0 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 98.00 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.204 < 1$ **ok**
Biegung
 Bei Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 (HV) wird der Biegezugwiderstand mit dem elastischen Widerstandsmoment berechnet.
 Widerstandsmoment der Schraube: $W_{el} = \pi \cdot d^3/32 = 0.54 \text{ cm}^3$
 Biegezugwiderstand: $M_{Rd} = (0.9 \cdot f_{yp} \cdot W_{el}) / \gamma_{M0} = 0.438 \text{ kNm}$, $f_{yp} = 900.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{Ed} = 0.20 \text{ kNm} < M_{Rd} = 0.438 \text{ kNm} \Rightarrow U = 0.456 < 1$ **ok**
Kombination von Abscheren und Biegung
 $(F_{v,Ed}/F_{v,Rd})^2 + (M_{Ed}/M_{Rd})^2 = 0.250 < 1$ **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 $b_{eff} = t_{fb} + 2^{1/2} \cdot a_p + 1.25 \cdot t_p + t_e/2 + \bar{u}_b = 56.4 \text{ mm}$, $\bar{u}_b = 10.0 \text{ mm}$, $a_p = 4.0 \text{ mm}$
 effektive Fläche der Trennschicht $A_{eff} = b_{eff} \cdot t_{fb} = 73.26 \text{ cm}^2$
 $F_{c,e,Rd} = A_{eff} \cdot f_e / \gamma_{Me} = 186.7 \text{ kN}$, $f_e = \sigma_{m,zul} = 25.48 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{Me} = 1.00$

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



Programmanwendung

Es werden nur die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Tragfähigkeit der Grundkomponente 15 angefordert.

Fa. Calenberg Ingenieure GmbH stellt das Material des Kerncompactlagers 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 sollte in Breiten- und Höhenrichtung sämtliche Schrauben mit ausreichendem Überstand einschließen.

Sonderkomponente 15: Stimblech mit Trennschicht

Trennschicht:

nach Art des Kerncompactlagers der Calenberg Ingenieure GmbH

☐ Zulassung bis 2016 zurückgezogen ☒ Zulassung bis 2029

Schichtdicke	t_e	<input type="text" value="10"/>	mm
Schichtlänge	l_e	<input type="text" value="320.0"/>	mm
Schichtbreite	b_e	<input type="text" value="130.0"/>	mm
Materialsicherheitsbeiwert	γ_{Me}	<input type="text" value="1.00"/>	

Stimblech:

Blechdicke	t_p	<input type="text" value="20.0"/>	mm
Überstand	\bar{u}_e	<input type="text" value="10.0"/>	mm

Träger:

Höhe	h_b	<input type="text" value="300.0"/>	mm
Flanschdicke	t_{fb}	<input type="text" value="10.7"/>	mm

Schweißnaht:

Dicke	a_p	<input type="text" value="4.0"/>	mm
-------	-------	----------------------------------	----

Schrauben:

Schraubengröße	<input type="text" value="M20"/>	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Festigkeitsklasse	<input type="text" value="10.9"/>	<input type="checkbox"/> Vorgabe

FK 8.8 oder 10.9: HU-Schraube planmäßig vorgespannt

Vorspannkraft	$F_{p,C}$	<input type="text" value="80.0"/>	kN
---------------	-----------	-----------------------------------	----

Materialsicherheitsbeiwerte	γ_{M0}	<input type="text" value="1.00"/>
-----------------------------	---------------	-----------------------------------

<input checked="" type="checkbox"/> genormt	γ_{M2}	<input type="text" value="1.25"/>
---	---------------	-----------------------------------

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

Für die Berechnung der Tragfähigkeit ist die Schweißnahtdicke (Kehlnaht, je Seite) am Druckflansch anzugeben. Die Schweißnähte werden **nicht** bemessen.

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

Schraubenreihen

Anzahl Schraubenreihen	<input type="text" value="2"/>
Anzahl Schrauben je Reihe	n_{sr} <input type="text" value="2"/>
Abstand der Systemachse von Oberkante Trennschicht	z_{se} <input type="text" value="160.0"/> mm
Abstand der Schraubenreihen von der Systemachse	$z_{r,1}$ <input type="text" value="-105.0"/> mm
	$z_{r,2}$ <input type="text" value="105.0"/> mm

Es kann eine beliebig große Anzahl an Schraubenreihen mit 2 oder 4 Schrauben je Reihe eingegeben werden.

Bezogen auf die Trennschichtoberkante wird die Systemachse des Trägers festgelegt. Auf diese beziehen sich die Abstände der Schraubenreihen.

Die Schrauben werden auf Zug sowie Abscheren, Lochleibung und Biegung bemessen.

Belastung

Biegemoment (charakteristisch)	M_k	<input type="text" value="30.0"/>	kNm	EC3-konform
Normalkraft (charakteristisch)	N_k	<input type="text" value="-20.0"/>	kN	EC3-konform
Querkraft (design)	V_{Ed}	<input type="text" value="60.0"/>	kN	EC3-konform

Zur Ermittlung der gedrückten Fläche der Trennschicht sind die einwirkenden Schnittgrößen (nur einachsig, belastet um die starke Achse) im EC3-Koordinatensystem anzugeben.

Die Anwendung des Verfahrens von L. Nasdala setzt voraus, dass Biegemoment und Normalkraft als charakteristische Größen in der Systemachse gegeben sind.

Die Schrauben werden mit der Bemessungsquerkraft in der Anschlussebene nachgewiesen.

Den Verfahren zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Stahlbauanschlüssen liegt Folgendes zugrunde

- Schrauben, Niete, Bolzen, Abs. 5.1, S. 49
- Schweißnähte, Abs. 5.2, S. 57
- T-Stummelflansch mit Zugbeanspruchung, Abs. 5.3, S. 59

Das Eurocode-Dokument enthält Parameter, die national veränderbar sind. Die im Programm verwendeten veränderbaren Parameter können im Nationalen Anhang (Abs. 6.3, S. 70) eingesehen und verändert werden.

Die verwendeten Vorschriften können der Literaturliste (Abs. 7, S. 71) entnommen werden.

Der Umfang des Statikausdrucks kann angepasst werden (Abs. 6.2, S. 69).

5.1

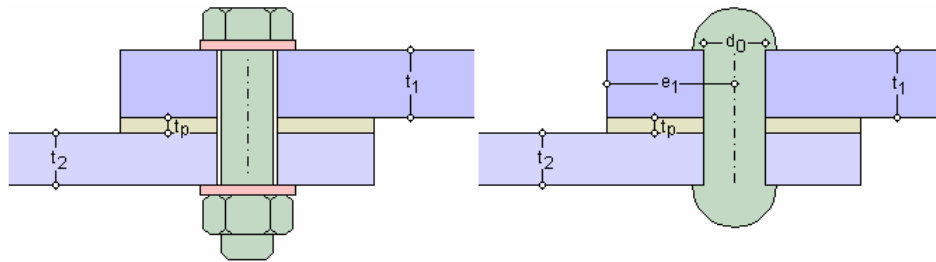
Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen



Schrauben (einschl. Injektionsschrauben) und Niete können auf Abscheren (EC 3-1-8, 3.6+3.7+3.9) und Zug (EC 3-1-8, 3.6) beansprucht werden, wohingegen Bolzenverbindungen auf Abscheren und Biegung (EC 3-1-8, 3.13.2) bemessen werden.

5.1.1

Schrauben und Niete



Zur Ermittlung der Tragfähigkeit sind Schraubenverbindungen in Kategorien einzuteilen (Niete sind nicht vorgespannt und können demnach nur nach Kategorie A und/oder D bemessen werden).

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
 - Injektionsschrauben: Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit des Injektionsharzes
- Kategorie C: Gleitfeste Verbindung (GZT) für hochfeste vorgespannte Schrauben
 - Bemessungswert des Gleitwiderstands im GZT
 - Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit
 - Injektionsschrauben: Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit des Injektionsharzes
 - 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

5.1.2

Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben und Niete

Beispielhaft ist hier das Eingabeblatt zur Berechnung der Tragfähigkeit einer Schraube dargestellt.

☒ einschnittiger Anschluss
☐ mehrschnittiger Anschluss

Kategorie der Scherverbindungen C

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

In Krafrichtung:

Randabstand e_1 50.0 mm

Lochabstand p_1 70.0 mm

☒ innen liegende Schraube
☐ am Rand liegende Schraube

Quer zur Krafrichtung:

Randabstand e_2 30.0 mm

Lochabstand p_2 55.0 mm

☐ innen liegende Schraube
☒ am Rand liegende Schraube

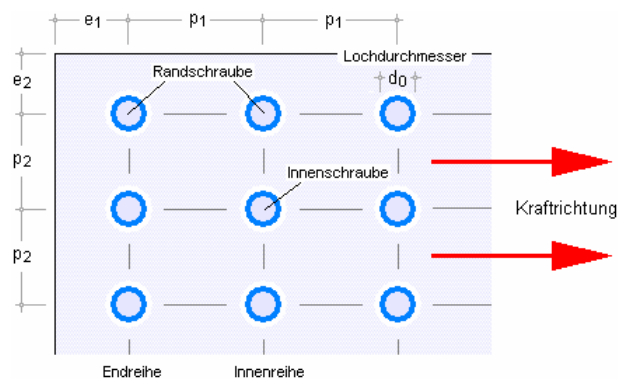
☒ einschnittiger Anschluss
☐ mehrschnittiger Anschluss

Gleitflächenklasse A

Nettoquerschnitt im kritischen Schnitt A_{net} 11.250 cm²

Kategorie der Zugverbindungen E

Die Abstände sind folgendermaßen definiert:



Rand- und Lochabstände werden nach EC 3-1-8, Tab.3.3, überprüft.

Ist der Lochabstand $p_1 = 0$, besteht der Anschluss nur aus einer Schraubenreihe (s. bes. Regel zur Lochleibungstragfähigkeit für einschnittige Schraubenverbindungen).

Ist auch $p_2 = 0$, besteht die Verbindung nur aus einer Schraube / einem Niet.



Verbindungen mit nur einem Niet sind nicht zu verwenden (EC 3-1-8, 3.6.1(10))!

Abscheren je Scherfuge

Schraube

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \bar{A}}{\gamma_{M2}} \quad \text{mit} \quad \begin{cases} \text{Gewinde in der Scherfuge} & \left\{ \begin{array}{l} \alpha_v = 0.6 \quad \text{für} \quad \text{FK 4.6, 5.6, 8.8} \\ \alpha_v = 0.5 \quad \text{für} \quad \text{FK 4.8, 5.8, 6.8, 10.9} \end{array} \right\} \quad \text{und} \quad \bar{A} = A_s \\ \text{Schaft in der Scherfuge} & \alpha_v = 0.6 \quad \text{und} \quad \bar{A} = A \end{cases}$$

Niet

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ur} \cdot A_0}{\gamma_{M2}}$$

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

Übertragen Schrauben oder Niete 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

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



Verbindungen mit nur einem Niet sollten nicht verwendet werden (EC 3-1-8, 3.6.1(10))!

Bei Injektionsschrauben ist die Lochleibungstragfähigkeit des Injektionsharzes zu ermitteln (EC 3-1-8, 3.6.2.2(5)):

$$F_{b,Rd,resin} = \frac{k_t \cdot k_s \cdot d \cdot t_{b,resin} \cdot \beta \cdot f_{b,resin}}{\gamma_{M4}} \quad \text{mit} \quad \dots$$

$$k_t = \begin{cases} 1.0 & \text{im GZG (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit)} \\ 1.2 & \text{im GZT (Grenzzustand der Tragfähigkeit)} \end{cases}$$

$$k_s = 1.0 - 0.1 \cdot m \quad \text{mit} \quad m = \Delta d_{\text{groß}} - \Delta d \quad (\text{s. Parameter einer Schraube})$$

$$\beta = 1.66 - 0.33 \cdot (t_1/t_2) \quad \begin{cases} \leq 1.33 \\ \geq 1.0 \end{cases}$$

$$t_{b,resin} = 2 \cdot t_2 \leq 1.5 \cdot d \quad \text{für} \quad t_1/t_2 \geq 2.0$$

$$t_{b,resin} = t_1 \leq 1.5 \cdot d \quad \text{für} \quad 1.0 < t_1/t_2 < 2.0$$

$$t_{b,resin} = t_1 \leq 1.5 \cdot d \quad \text{für} \quad t_1/t_2 < 1.0$$

Zug

Schraube

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

Niet

$$F_{t,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ur} \cdot A_0}{\gamma_{M2}}$$

Durchstanzen

Schraube (bei Niet nicht erforderlich)

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

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

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

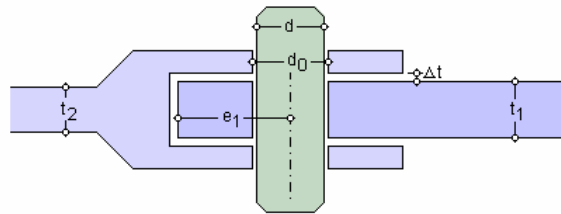
Querschnittsversagen bei Zugverbindungen

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

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

5.1.3

Bolzen

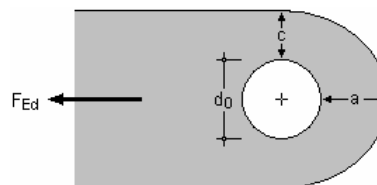


Die als Augenstäbe ausgeführten **Anschlussbleche** müssen zur sinnvollen Kraftübertragung geometrischen Anforderungen genügen, die bei Bedarf überprüft werden:

- ☒ 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

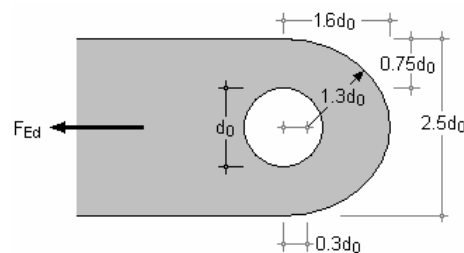


Die geometrischen Parameter a und c müssen dann folgenden Bedingungen genügen:

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

Möglichkeit B

Die Geometrie des Augenstabs in Abhängigkeit vom Bolzenlochdurchmesser ist vorgegeben.



Blechdicke t und Bolzenlochdurchmesser d_0 müssen dann folgenden Bedingungen genügen:

$$t \geq 0.7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}} \quad \dots \text{ und } \dots \quad d_0 \leq 2.5 \cdot t$$

5.1.4

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

$$F_{b,Rd,ser} = \frac{0.6 \cdot t \cdot d \cdot \bar{f}_y}{\gamma_{M6,ser}} \quad \dots \text{mit} \dots \bar{f}_y = \min(f_{yp}, f_y)$$

Ist der Bolzen austauschbar, muss außerdem gelten:

$$\sigma_{h,Ed} \leq f_{h,Rd} \quad \dots \text{mit} \dots \sigma_{h,Ed} = 0.591 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot F_{b,Ed,ser} \cdot (d_0 - d)}{d^2 - t}} \quad \dots \text{und} \dots f_{h,Rd} = \frac{2.5 \cdot f_y}{\gamma_{M6,ser}}$$

Biegung des Bolzens

$$M_{Rd} = \frac{1.5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M0}}$$

bei austauschbaren Bolzen zusätzlich

$$M_{Rd,ser} = \frac{0.8 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M6,ser}} \quad \dots \text{mit} \dots W_{el} = \pi \cdot d^3 / 32 \quad \dots \text{und} \dots M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (t_1 + 4 \cdot \Delta t + t_2)$$

Kombination von Abscheren und Biegung des Bolzens

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1.0$$

5.1.5

Schrauben, Nieten, Bolzen



Für geschraubte Verbindungen werden folgende Verbindungsmittel angeboten:

Schrauben-, Niet- oder Bolzenverbindung:

Verbindungsmittel

- Schrauben ☒
- Schrauben
- Niete
- Injektionsschrauben
- Bolzen

Die Berechnung der Tragfähigkeit erfolgt mit den Parametern der genormten Größen oder mit den vom Anwender eingegebenen Werten. Durch Betätigen des Buttons **Vorgabe** werden die im Programm verwendeten Parameter freigegeben und können verändert werden.

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.

Verbindungsmittel	Schrauben	
Schraubengröße	M20	<input checked="" type="checkbox"/> Vorgabe
Schaftdurchmesser	d	20.0 mm
Nennlochspiel	Δd	2.00 mm
Bruttofläche	A	3.142 cm ²
Spannungsfläche	A _s	2.450 cm ²
Schraubenkopf - Schlüsselweite	d _s	32.0 mm
Schraubenkopf - Eckenmaß	d _e	35.03 mm
Schraubenkopfhöhe	t _k	13.0 mm
Höhe der Mutter	t _m	16.0 mm
Durchmesser der Unterlegscheibe	d _p	37.0 mm
Blechdicke der Unterlegscheibe	t _p	4.0 mm
Festigkeitsklasse	8.8	<input type="checkbox"/> Vorgabe
<input type="radio"/> normales Lochspiel		<input type="radio"/> übergroßes Loch
<input type="radio"/> kurzes Langloch \perp Kraftrichtung		<input type="radio"/> kurzes Langloch \parallel Kraftrichtung
<input checked="" type="radio"/> großes Langloch \perp Kraftrichtung		<input type="radio"/> großes Langloch \parallel Kraftrichtung
großes Lochspiel	$\Delta d_{\text{groß}}$	5.0 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Senkschraube	Δs	3.0 mm

Es kann zwischen normaler und großer Schlüsselweite (Schraubenkopfgröße) 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, resin}	240.0 N/mm ²

Injektionsschrauben werden als Alternative zu normalen Schrauben oder Nieten insbesondere bei der Instandsetzung von Stahltragwerken verwendet.

In den Zwischenraum zwischen Schraubenschaft und Lochwandung wird ein Injektionsharz eingefüllt, um die Belastung infolge Schlupf zu vermeiden. Dadurch ist neben Abscheren, Gleiten und Zug die Lochleibungstragfähigkeit zwischen Injektionsharz und Anschlussblechen nachzuweisen.

5.1.5.2

Niete

Niete (Halbrundniete oder Senkniete) werden heutzutage kaum noch verwendet; die Kenntnis der Bemessung ist jedoch für die Nachrechnung bestehender Bauwerke unumgänglich.

Durch das Einschlagen der erwärmten Niete werden die Nietlöcher stets vollständig ausgefüllt, so dass neben der Festigkeit des Nietwerkstoffs nur der Durchmesser des Nietlochs eingegeben werden muss.

Nietverbindungen sind für die Übertragung von Scher-, Lochleibungs- und Zugkräften zu bemessen.

Verbindungsmittel	Niete	
Nietwerkstoff	USt 36	s. NA-DE
Nietlochdurchmesser	d ₀	20.0 mm

Derzeit sind im EC 3-1-8 keine Bezugsnormen für den Nietwerkstoff angegeben, weshalb die deutschen Nietwerkstoffe USt 36 und RSt 38 (s. Kindmann/Stracke) angeboten werden.

Zudem besteht die Möglichkeit, den Nietwerkstoff über eine Stahlsorte nach DIN EN 1993-1-1 vorzugeben, wobei bei Einsatz der Stahlsorte S235 nach EC 3-1-8, 6.3.1(15), die Zugfestigkeit mit $f_{ur} = 400 \text{ N/mm}^2$ angesetzt wird.

5.1.5.3

Bolzen

Bolzen (Kopf- oder Gewindebolzen) dienen zur reibungsfreien Übertragung großer Zugkräfte in den Anschlussblechen, wodurch sie auf Abscheren und Biegung beansprucht werden.

Soll der Bolzen austauschbar sein, ist auch im GZG die Schertragfähigkeit nachzuweisen.

Verbindungsmittel	Bolzen	
Bolzenwerkstoff	Festigkeitsklasse 4.8	s. NA-DE
Bolzendurchmesser	d	32.0 mm
Bolzenlochdurchmesser	d ₀	40.0 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Bolzen austauschbar		

Derzeit sind im EC 3-1-8 keine Bezugsnormen für den Bolzenwerkstoff angegeben, weshalb die deutschen Bolzenwerkstoffe Festigkeitsklasse 4.8 und S235J2 + C450 (s. NA-DE) angeboten werden. Zudem besteht die Möglichkeit, den Bolzenwerkstoff über eine Stahlsorte nach DIN EN 1993-1-1 vorzugeben.

Die Anschlussbleche werden als Augenstäbe ausgeführt und müssen vorgegebenen geometrischen Bedingungen genügen.

5.2

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.

5.2.1

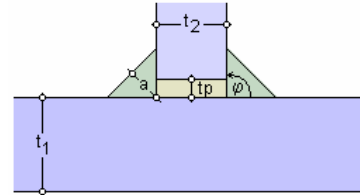
Kehlnähte

☉ Kehlnaht / Hohlkehlnaht

☑ einseitige Naht

wirksame Nahtdicke a 4.0 mm

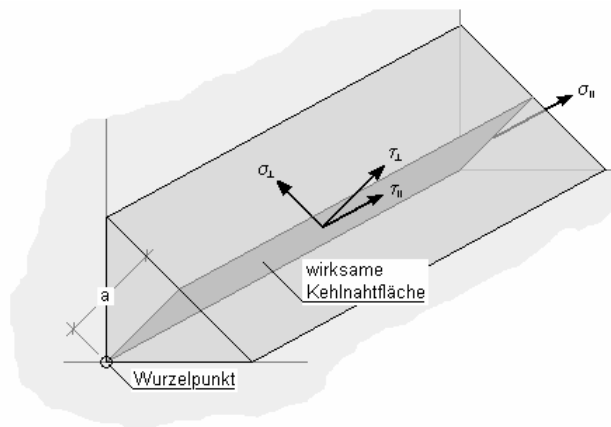
Öffnungswinkel der Naht φ 90°



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

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{Ed}(\sigma_{\perp})}{a} \quad \text{Normalspannung senkrecht zur Schweißnahtachse}$$

$$\sigma_{\parallel} = 0 \quad \text{Normalspannung parallel zur Schweißnahtachse}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed}(\tau_{\parallel})}{a} \quad \text{Schubspannung in der Ebene der Kehlnahtfläche senkrecht zur Schweißnahtachse}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{Ed}(\tau_{\perp})}{a} \quad \text{Schubspannung in der Ebene der Kehlnahtfläche parallel zur Schweißnahtachse}$$

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:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad \text{mit} \quad F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a \quad \text{und} \quad \text{Scherfestigkeit } f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{mit} \quad f_u \text{ s.o.}$$

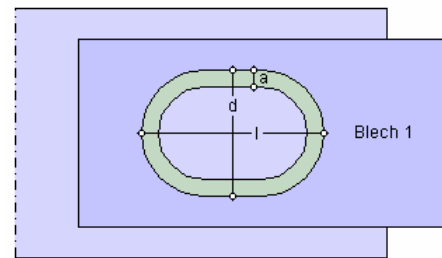
$$F_{w,Ed} = \sqrt{F_{Ed}^2(\sigma_{\perp}) + F_{Ed}^2(\tau_{\perp}) + F_{Ed}^2(\tau_{\parallel})}$$

5.2.2

Schlitznähte

⊗ Schlitznaht

Lochdurchmesser	d	48.0	mm
Lochlänge	l	70.0	mm
wirksame Nahtdicke	a	6.0	mm



Der Durchmesser d des Schlitzes darf nicht kleiner sein als die 4-fache Blechdicke (EC 3-1-8, 4.3.3(2)).

Die Tragfähigkeit einer Schlitznaht wird wie die Tragfähigkeit einer Kehlnaht berechnet (s.o.).

5.2.3

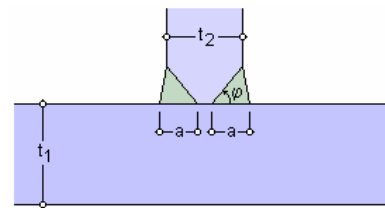
Stumpfnähte

⊗ Stumpfnäht

- durchgeschweißt
- ⊗ nicht durchgeschweißt

□ einseitige Naht

wirksame Nahtdicke	a	6.0	mm
Öffnungswinkel der Naht	φ	90	°



Stumpfnähte können durchgeschweißt oder nicht durchgeschweißt ausgeführt werden.

Eine durchgeschweißte Stumpfnäht ist eine Schweißnaht 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 Stumpfnäht ist die Durchschweißung daher kleiner als die volle Dicke des Grundmaterials (EC 3-1-8, 4.3.4(2)).

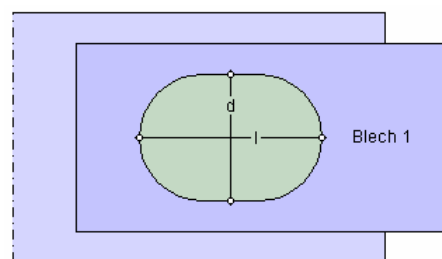
Die Tragfähigkeit von durchgeschweißten Stumpfnähten ist mit der Tragfähigkeit des schwächeren der verbundenen Bauteile gleichzusetzen, während die Tragfähigkeit von nicht durchgeschweißten Stumpfnähten wie für Kehlnähte zu ermitteln ist (EC 3-1-8, 4.7.1+2).

5.2.4

Lochschweißung

⊗ Lochschweißung

Lochdurchmesser	d	48.0	mm
Lochlänge	l	70.0	mm
Dicke der Lochschweißung	a	12.0	mm



Lochschweißungen können Schub übertragen; sie sollten jedoch nicht in zugbeanspruchten Verbindungen verwendet werden (EC 3-1-8, 4.3.5(1)).

Der Durchmesser des Lochs muss für eine Lochschweißung mindestens 8 mm größer sein als die Blechdicke (EC 3-1-8, 4.3.5(2)).

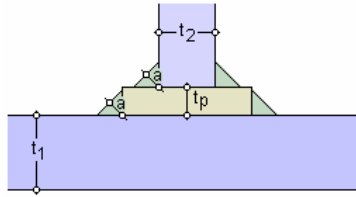
Die Dicke einer Lochschweißung muss folgenden Anforderungen genügen (EC 3-1-8, 4.3.5(4)):

$$a = t_1 \dots \text{für } t_1 \leq 16 \text{ mm}$$

$$a = \max\left(\frac{t_1}{2}, 16 \text{ mm}\right) \dots \text{für } t_1 > 16 \text{ mm}$$

Die Tragfähigkeit einer Lochschweißung ergibt sich zu

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot A_{vw} \dots \text{mit } A_{vw} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} + (l - d) \cdot d \quad (\text{Scherfestigkeit } f_{vw,d} \text{ s. Kehlnaht})$$



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

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

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

5.3

Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung



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

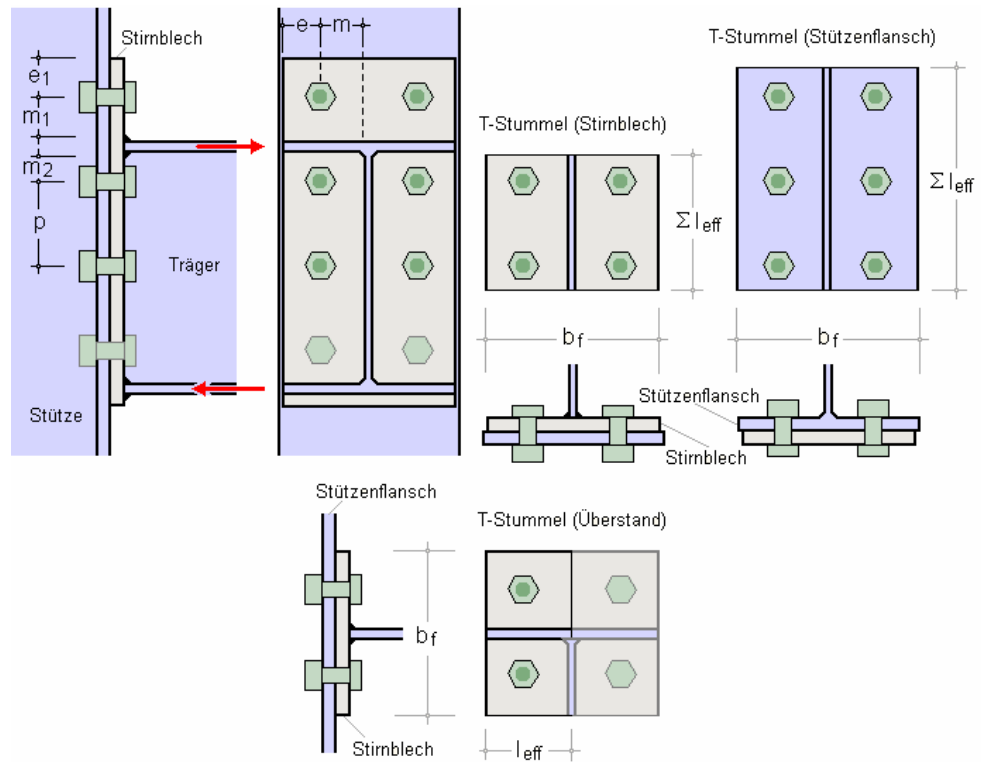
- Stützenflansch mit Biegebeanspruchung
- Stirnblech mit Biegebeanspruchung
- Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung
- Fußplatte mit Biegebeanspruchung infolge Zugbeanspruchung

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.

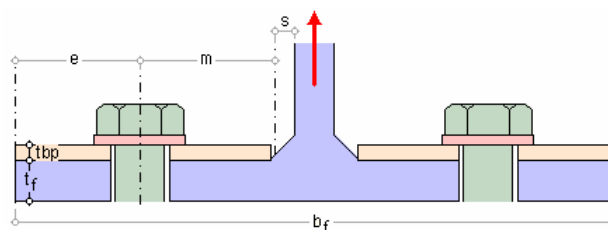
Der Stützenflansch wird abgebildet durch einen äquivalenten T-Stummel mit dem Stützenflansch als Stummelflansch und dem Stützensteg als Stummelsteg.

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.

5.3.1

Berechnung der wirksamen Längen

Es wird zwischen der Berechnung der wirksamen Längen für aussteifte oder nicht aussteifte Stützenflansche (EC3-1-8, Tab. 6.5 oder Tab. 6.4) und für Stirnbleche (EC3-1-8, 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 (2 Schrauben je Reihe) n_b = 1: einzeln betrachtet
☐ 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

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m$$

$$l_{eff,nc} = 4 \cdot m + 1.25 \cdot e$$

$$l_{eff,nc,s} = \alpha \cdot m \quad (\text{neben einer Steife})$$
- äußere Schraubenreihe

$$l_{eff,cp} = \min(2 \cdot \pi \cdot m, \pi \cdot m + 2 \cdot e_1)$$

$$l_{eff,nc} = \min(4 \cdot m + 1.25 \cdot e, 2 \cdot m + 0.625 \cdot e + e_1)$$

$$l_{eff,nc,s} = e_1 + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) \quad (\text{neben einer Steife})$$

▪ 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

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot p$$

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

$$l_{eff,nc,s} = \pi \cdot m + p \quad (\text{neben einer Steife})$$

$$l_{eff,nc,s} = 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) \quad (\text{neben einer Steife})$$
- 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 EC3-1-8, 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

$$l_{eff,cp} = \min(2 \cdot \pi \cdot m, \pi \cdot m_x + w, \pi \cdot m_x + 2 \cdot e)$$

$$l_{eff,nc} = \min(4 \cdot m_x + 1.25 \cdot e_x, e + 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x, 0.5 \cdot b_p, 0.5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x)$$

5.3.2

Tragfähigkeit

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

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

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

treten Abstützkräfte auf.

Wenn Abstützkräfte auftreten können, sind in EC3-1-8, 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.

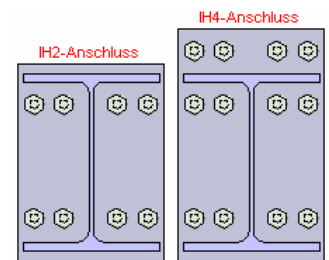


Achtung! Die Anwendung der Methode ist (gegenwärtig noch) nicht durch Norm eingeführt.

Das Verfahren wird anhand der Stirnblechverbindung erläutert.

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

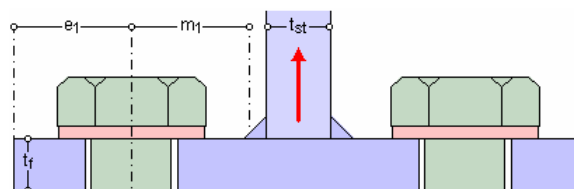
- **IH2-Anschluss**: Stirnblech ohne Überstand mit einer Schraubenreihe unter Zugbelastung
- **IH4-Anschluss**: Stirnblech mit Überstand mit zwei Schraubenreihen unter Zugbelastung (eine Reihe befindet sich im Überstand, die zweite Reihe unterhalb des Trägerflanschs)



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

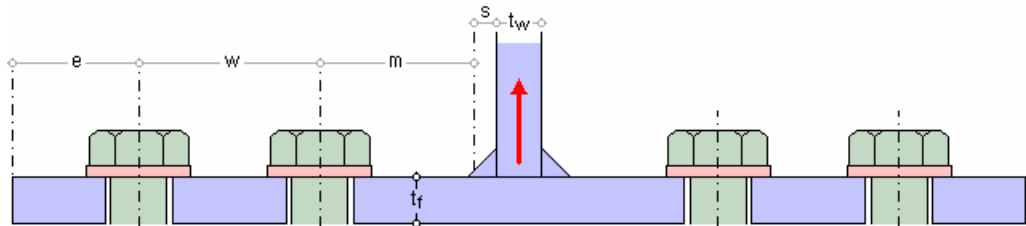
Für den **überstehenden Teil** des Stirnblechs ist das Stirnblech der Stummelflansch und der Trägerflansch der Stummelsteg des äquivalenten T-Stummels. Wesentliche Parameter zur Berechnung der Fließlinien bzw. der effektiven Länge des T-Stummels sind

- 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-Stummelflanschs 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.

5.4.1

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

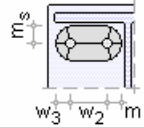
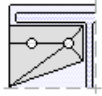
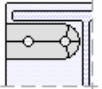
- Schraubenreihe einzeln betrachtet

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:*

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

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

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

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

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		$\pi \cdot m_x + w_2 + 2 \cdot e$			

5.4.2

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

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

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.

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

6 Allgemeines

6.1 Stahlsorten

In **pcae**-Programmen werden folgende typisierten Stahlsorten vorgehalten (s. EC3-1-1, 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 oder einer Lochschweißung relevant.

6.2 Ausdrucksteuerung

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

Eingabeprotokoll	
<input checked="" type="checkbox"/>	Grafik im Maßstab 1 : 2.5
<input checked="" type="checkbox"/>	Eingabeparameter
<input checked="" type="checkbox"/>	Materialsicherheitsbeiwerte
<input type="checkbox"/>	zusätzliche Infos
<input checked="" type="checkbox"/>	Parameter des nationalen Anhangs
<input checked="" type="checkbox"/>	Vorschriften

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 **Materialsicherheitsbeiwerte** ausgedruckt.

I.A. reicht die Ausgabe der Typbezeichnungen der Schrauben, Niete, Bolzen sowie der Stahlgüten aus; bei Aktivierung der **zusätzlichen Infos** 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.

Ergebnisse	
<input type="radio"/>	ausführlich
<input checked="" type="radio"/>	standard
<input type="radio"/>	minimal

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*.

6.3

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[®]-Schreibtisches 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

8 Index

Abkürzungen.....	2	Niet.....	56
Abscheren.....	40	Ordner.....	9
Anhang nationaler.....	70	Querkrafttragfähigkeit plastische.....	35
Anschlussblech.....	53	Querschnittsklassifizierung.....	13
Ausgabeoptionen.....	16	Quersteife.....	27
Basisverbindungen.....	49	Schlitznaht.....	58
Bauteil erzeugen.....	9	Schraube.....	39, 55
Biegetragfähigkeit plastische.....	18	Schraubenverbindungen.....	49
blank.....	2	Schreibtisch.....	8
Blech.....	38	Schreibtischauswahl.....	7
Bolzen.....	53, 56	Schubbeanspruchbarkeit.....	38
Buttons.....	2	Schubfläche wirksame.....	12
Cursor.....	2	Schweißnaht.....	42
Druckbeanspruchbarkeit.....	38	Schweißverbindung.....	57
Druckliste.....	69	Senkschraube.....	55
Einwirkung.....	2	Stahlsorte.....	69
e-Mail.....	8	Startsymbol.....	7
Englisch.....	70	Stegblech.....	19, 21, 24
Extremalbildungsvorschrift.....	2	Stegsteife.....	18
Festigkeitsklasse.....	55	Steuerbutton.....	8
Flanschwinkel.....	33	Stirnblech.....	30
Fließen.....	60	Stumpfnah.....	58
Fremdsprache.....	70	Stützenflansch.....	26, 35
Futterblech.....	59	Stützensteg.....	20, 23
IH2.....	64	Stützenstegfeld.....	18
IH4.....	64	Teilsicherheitsbeiwert.....	13
Injektionsschraube.....	55	Trägerflansch.....	35
Installation.....	7	Trägersteg.....	20, 37
Kehlnaht.....	57	Tragfähigkeit Bolzen.....	54
Kontextsensitivität.....	8	Tragfähigkeit Niet.....	50
Länge wirksame.....	61	Tragfähigkeit Schraube.....	50
Lastbild.....	2	T-Stummel Zug.....	59
Lastfall.....	2	T-Stummel Zug Tragfähigkeit.....	63
Lastkollektiv.....	2	T-Stummelflansch.....	26, 30
Lochleibung.....	41	Voute.....	44
Lochschweißung.....	58	Widerstandsmoment plastisches.....	12
Materialsicherheitsbeiwert.....	13	Zugbeanspruchbarkeit.....	38